



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «ФИЗИКИ»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

**На тему «Проблемы использования атомных электростанций на арктических
территориях РФ»**

**Исполнитель студент группы Ф-Б17-1
Лемешев Никита Александрович**

**Руководитель доц.каф. физики, к.ф.-м.н., доцент
Яковлева Татьяна Юрьевна**

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

к.ф.-м.н., доцент

Бобровский Анатолий Петрович

«10» июня 2021 г.

Санкт-Петербург

2021

Оглавление

Список принятых сокращений.....	4
Введение.....	5
1. Общая теория о радиации.....	7
1.1 Строение атомов и ядерные реакции.....	7
1.2 Дозы ионизирующего излучения	11
1.3 Влияние радиации на организм.....	12
1.4 Основные пределы доз.....	15
1.5 Основные источники радиационной опасности вблизи атомных станций...	16
1.6 Пути поступления радиоактивных веществ в окружающую среду.....	18
2. Билибинская атомная электростанция (БАЭС).....	19
2.1 Выбросы загрязняющих веществ.....	23
2.2 Сбросы радионуклидов.....	24
2.3 Образование отходов.....	25
2.4 Заключение по Билибинской АЭС.....	25
3. Кольская атомная электростанция (КАЭС).....	27
3.1 Загрязнение атмосферного воздуха.....	27
3.2 Микробиологический состав воздуха.....	29
3.3 Леса 30-км зоны вокруг КАЭС.....	31
3.4 Лесопатологическое состояние.....	32
3.5 Радиационная обстановка.....	34
3.6 Загрязнение растительного покрова.....	35
3.7 Содержание тяжёлых металлов в органах растений и талломах лишайников	36
3.8 Воздействие загрязнения на лишайники.....	39
3.9 Состояние водных систем.....	40
3.10 Строение КАЭС.....	43
3.11 Выбросы КАЭС веществ в окружающую среду.....	45

Заключение по КАЭС.....	47
4. Плавучие атомные теплоэлектростанции (ПАТЭС).....	51
4.1 Воздействие ПАТЭС на окружающую среду.....	53
4.2 Основные характеристики ПАТЭС.....	55
Заключение.....	57
Список использованной литературы.....	58

Список принятых сокращений

АО – аппаратное отделение

АПAB – анионные поверхностно-активные вещества

АЭС – Атомная электростанция

БАЭС – Билибинская атомная электростанция

БИ – Бабинская Имандра

Бк/кг – Беккерель на килограмм

БолИ – Большая Имандра

БЩУ – блочный щит управления

Гкал/ч – гигакалория в час

Гр – Грэй

Зв – Зиверт

ЙИ – Йокостровская Имандра

КАЭС – Кольская атомная электростанция

Кл/кг – кулон на килограмм

МАГАТЭ – международное агентство по атомной энергетике

МВт – МегаВатт

мкЗв/ч – микроЗиверт в час

МПа – МегаПаскали

ПАТЭС - Плавающая атомная теплоэлектростанция

СЭМ - Система экологического менеджмента

ТМ – тяжелые металлы

ХЖО – хранилище жидких радиоактивных отходов

ХСО – хранилище сухих радиоактивных отходов

Введение

Человек на протяжении всего своего существования делал невероятные открытия. Ионизирующее излучение было открыто в 1895 году Вильгельмом Конрадом Рентгеном в Германии, который зафиксировал неизвестные ранее лучи, проникающие сквозь тело человека. Рентген получил их в электронной лампе, разгоняя поток электронов от одного электрода к другому. Следующее открытие сделал французский физик Анри Беккерель, он изучал минеральный образец урана и обнаружил, что испускаются лучи того же самого типа, что и лучи Рентгена. Беккерель обнаружил явление естественной радиоактивности. Со временем человек изобрел атомные электростанции, вырабатывающие электроэнергию для потребностей человека. Атомные станции очень опасны, примером тому служит Чернобыльская АЭС.

Согласно данным, которые приводятся в поддерживаемой МАГАТЭ базе PRIS, в мире статус действующего имеют 443 блока, а статус строящегося — 52 блока. В 2020 году в мире осуществлён энергопуск пяти блоков (два в Китае, по одному в ОАЭ, России и Белоруссии), начато строительство трёх блоков (два в Китае и один в Турции) и окончательно остановлены пять блоков (во Франции и США по два, в России один).

Неправильное использование энергии, хранение и переработка ядерных отходов может привести к гибели всего живого на Земле, так как у многих радиоактивных веществ долгий период полураспада, и они могут на протяжении нескольких лет, а то и тысяч лет, загрязнять территории, отравляя все живое. На нашей планете много мест, отравленных радиацией из-за человеческой деятельности, в таких местах могут храниться ядерные отходы, а некоторые места до сих пор не пригодны для жизни.

Например, Арктический регион России из-за своих географических особенностей сильно и много подвергается радиоактивному загрязнению. Это связано с тем, что в регионе много военных объектов по испытанию ядерного оружия и атомных военно-морских баз. На территории Арктика затонуло

множество атомных подводных лодок и ледоколов, создано много пунктов захоронения радиоактивных отходов – все это повлияло на радиационную обстановку Арктического региона.

Актуальность проблемы радиационного загрязнения от различных источников состоит в том, что человеческая деятельность и сегодня не обходится без использования атомной энергии. А это значит, что риски радиационного загрязнения со временем не уменьшаются, следует говорить о возможности экологических катастроф, связанных с ионизирующим излучением и быть готовым к ним. По данным на 2020 год общее количество реакторо-лет эксплуатации атомных энергоблоков в мире составляет 18730.

Электроэнергия в Арктике вырабатывается Кольской АЭС, Билибинской АЭС, плавучими атомными теплоэлектростанциями (ПАТЭС). В цели работы входит оценка проблем использования атомных электростанций на арктических территориях РФ.

Были собраны различные данные для построения графиков и таблиц, проведена их сравнительная характеристика и сделаны выводы по таблицам.

Первая глава работы посвящена основным понятиям, объясняющим радиацию и ее влияние на живой организм.

Во второй главе описание Билибинской АЭС, количество ее выбросов и как она влияет на окружающую среду.

В третьей главе представлено описание Кольской АЭС, количество ее выбросов и как она влияет на окружающую среду.

Четвертая глава работы посвящена описанию и влиянию ПАТЭС на окружающую среду.

Результаты работы сформулированы в заключении.

Глава 1. Общая теория о радиации

Благодаря изобретенным человеком радиационным технологиям на природу стали поступать новые радионуклиды, из-за чего начала меняться экологическая картина мира. В наши дни нереально управление экологической обстановкой без объективной и многосторонней оценки радиационно-гигиенического состояния среды, в которой обитает человек и ее влияния на состояние здоровья человека. Такая оценка имеется для территорий, в которых происходит ионизирующее излучение от какого-либо объекта.

Выпадение продуктов ядерного взрыва, изменение pH в окружающей среде при изготовлении ядерного оружия, а также содержание и работа атомного флота, отслужившие длительное время и, возможно, не пригодные к работе объекты ядерной энергии – это все относится к числу основных факторов радиоактивного загрязнения [1]. Из-за стремительного развития ядерных технологий стоит быть готовыми к большому накоплению радиоактивных отходов в мире. Необходимо помнить о том, что массовое загрязнение окружающей среды может привести к катастрофическим последствиям, вплоть до появления мест, непригодных для жизни человека.

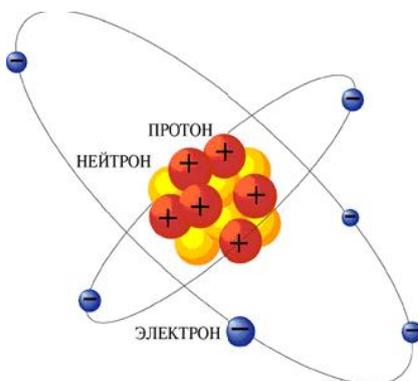
Благодаря органам чувств, человек может мгновенно реагировать на различные природные явления, такие как: мороз, магнитные бури, дожди, снегопады, перепады давления и т.д. Но есть и такое явление, на которое человек реагирует не сразу, из-за отсутствия таких органов восприятия – это радиоактивность. Человек на протяжении всей жизни получает определенное количество радионуклидов, даже сама Земля состоит из радиоактивных материалов.

1.1 Строение атомов и ядерные реакции

Каждая среда состоит из маленьких частиц – атомов. Ядро атома состоит протонов и нейтронов – элементарных частиц. Структура атома представлена на рисунке 1.1. Атомы, имеющие одинаковое количество протонов, но разное число

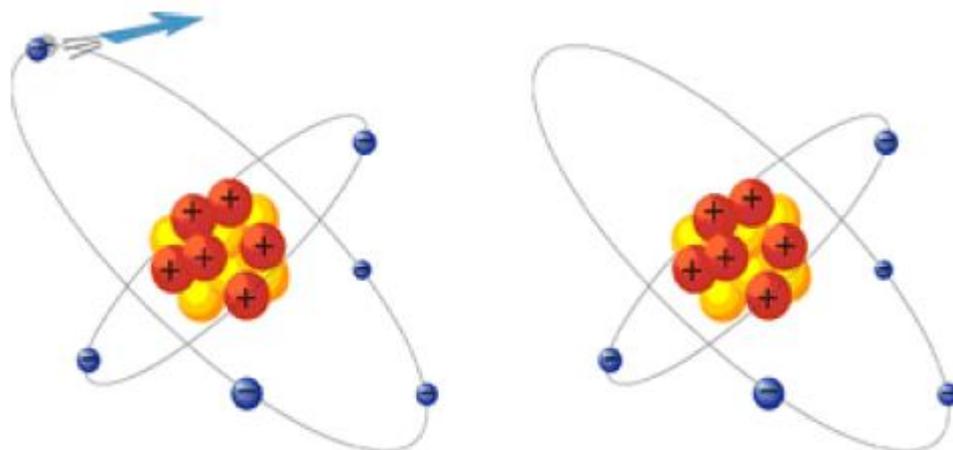
нейтронов называются изотопами. Все изотопы химического вещества образуют нуклиды – вид атомов, характеризующийся определённым массовым числом, атомным номером и энергетическим состоянием ядер и имеющий время жизни, достаточное для наблюдения [2].

Рисунок 1.1. Структура атома



Атомы электрически нейтральны. Но, если атом испускает или поглощает один, или большее количество электронов, тогда он перестает быть электрически нейтральным. Он превращается в положительно или отрицательно заряженный ион. При потере электрона, атом превращается в положительно заряженный ион. Процесс отрыва электрона от атома называется ионизацией. Ионизация – это образование положительных и отрицательных ионов, а также свободных электронов из электрически нейтральных атомов. Ионизация атома представлена на рисунке 1.2.

Рисунок 1.2. Пример ионизации атома



В виде примера возьмем атом урана-238, он имеет 92 протона и 146 нейтронов. С течением времени он испускает альфа-частицы — группу из двух нейтронов и двух протонов. Таким образом, он преобразуется в вещество, в ядре которого находится 90 протонов и 144 нейтрона — то есть, атом урана-238 преобразовался в атом тория-234.

Альфа-распад изотопа урана ^{238}U :



Торий-234 тоже не стабилен, но у него немного другая картина, в нем один из нейтронов превратился в протон и из-за такого превращения один электрон (бета-частица) и антинейтрино покидают атом:



В результате бета-распада изотоп тория ^{234}Th превращается в протактиний ^{234}Pa :



Отрезок времени, за который начальное количество радиоактивных ядер уменьшилось в два раза, называется периодом полураспада. Стабильный нуклид завершает всю эту цепочку превращений.

При любом распаде освобождается энергия, которая передается в виде излучения. Испускание частиц не приводит к абсолютному снятию возбуждения, так как нуклид почти всегда нестабилен в возбужденном состоянии, в этом случае он выбрасывает часть энергии в виде гамма-излучения. Весь этот процесс самопроизвольного распада называется радиоактивным распадом, а нестабильный нуклид становится радионуклидом. Радиоактивный распад — спонтанное изменение состава (зарядового числа Z , массового числа A) или внутреннего строения нестабильных атомных ядер путём испускания элементарных частиц, гамма-квантов и ядерных фрагментов. Процесс радиоактивного распада также называют радиоактивностью [3]. Радиоактивный распад приводит к непрерывному уменьшению числа ядер исходного

радионуклида. Уменьшение числа исходных ядер для всех радионуклидов происходит по экспоненциальному закону радиоактивного распада:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (1.4)$$

где: N_0 – число радиоактивных атомов в начальный момент времени $t = 0$;

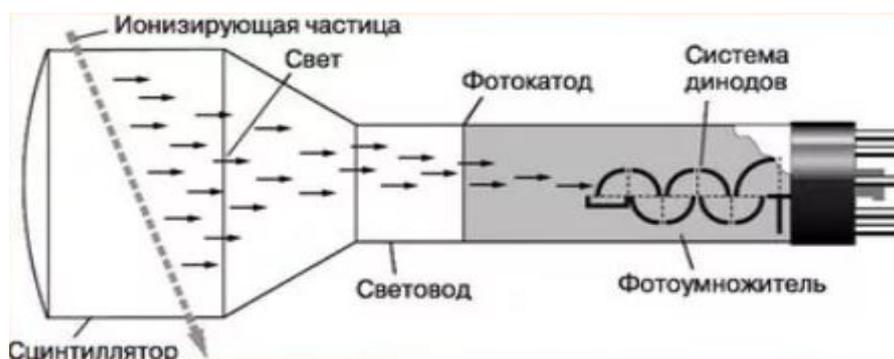
N – число нераспавшихся радиоактивных атомов в момент времени t ;

λ – коэффициент, называемый постоянной распада. Постоянная распада λ показывает долю ядер, распадающихся в единицу времени.

Различные виды излучений оказывают разное влияние на ткани живого организма, это связано с испусканием различного количества энергии и неодинаковой проникающей способностью. Например, у альфа-частиц маленькая проникающая способность, эти частички могут попасть в организм через открытую рану, с едой, водой и воздухом, но это альфа-излучение можно остановить, буквально, листом бумаги и оно почти не способно проникнуть через кожу. Если сравнивать альфа-, бета- и гамма-излучения, то у гамма-излучения самая сильная проникающая способность и такое излучение может остановить толстая плита свинца или бетона.

Для регистрации этих излучений был изобретен прибор – сцинтилляционный счетчик – детектор ядерных частиц, основными элементами которого являются сцинтиллятор (кристаллофосфор, излучающий вспышки света при попадании в него частиц) и фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), позволяющий преобразовать слабые световые вспышки в электрические импульсы, которые регистрируются электронной аппаратурой. Краткое описание прибора представлено на рисунке 1.3.

Рисунок 1.3. Сцинтилляционный счетчик



При попадании заряженной частицы в сцинтиллятор (кристалл) возникает слабая вспышка люминесценции, возникающая под действием ионизирующих излучений. Ее свет через световод поступает в фотоумножитель, вырабатывающий электрический импульс. Некоторая часть фотонов попадает на фотокатод и выбивает из него фотоэлектроны, которые фокусируются и направляются на первый электрод фотоумножителя. На выходе появляется импульс напряжения, который усиливается и регистрируется радиотехнической аппаратурой.

1.2 Дозы ионизирующего излучения

Виды доз:

- 1) Экспозиционная доза – это отношение суммарного электрического заряда ионов одного знака, образованных после полного торможения в воздухе электронов и позитронов, освобожденных или порожденных фотонами в элементарном объеме воздуха, к массе воздуха в этом объеме [4]. Измеряется экспозиционная доза в Кл/кг (кулон на килограмм) или, если пренебречь системой единиц, то можно измерять в рентгенах: $1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ рентген}$.
- 2) Поглощенная доза – величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу [5]. Поглощенная доза говорит о том, какое количество энергии излучения поглощено в единице массы облучаемого вещества. В системе единиц измеряется в грях (Гр), $1 \text{ Гр} = \text{Джоуль/кг}$.
- 3) Эквивалентная доза – эффект облучения организма радиацией, при одинаковом поглощении всеми органами оказывает разное биологическое воздействие. Измеряется в Зивертах (Зв).

4) Эффективная доза – это такая величина, которую применяют как меру риска облучения всего тела человека и отдельных органов, не стоит забывать, что еще учитывается радиочувствительность органов. Эффективная доза измеряется в Зивертах (Зв). Все органы и отдельные части тела в живом организме имеют различную чувствительность к радиации.

Единица измерения эффективной и эквивалентной доз ионизирующего излучения в Международной системе единиц – Зиверт (Зв) – используется в радиационной безопасности с 1979 года [6].

Максимально допустимой дозой облучения для человека считается 0,05 Зв, если человек получит больше максимально допустимой дозы, это может привести к серьёзным последствиям для здоровья (лучевой болезни).

1.3 Влияние радиации на организм

В биологической ткани происходят сложные химические, физические и биологические процессы при воздействии ионизирующего излучения на организм человека. Вследствие ионизации образуются свободные радикалы – высокоактивные в химическом отношении соединения. В связи с тем, что вода составляет примерно 75% организма человека, большое значение имеет косвенное воздействие радиации через ионизацию молекул воды и механизм последующих реакций. В результате ионизации молекул воды образуются пероксид водорода (перекись водорода) (H_2O_2) и гидратный окисел ($HO_2\bullet$), которые взаимодействуя с молекулами органического вещества, в первую очередь с белками, приводят к разрушению клеток живой ткани, к нарушению биохимических процессов.

Под влиянием радиации возникают также поражения основных жизненных элементов клеток – клеточных ядер. Серьезные поражения клеточных структур приводят к нарушению деятельности нервной системы и тем самым к нарушению регуляции деятельности тканей и органов. В результате этого могут прекратиться процессы физиологической регенерации, т.е. процессы постоянного обновления клеток [7].

Наиболее опасны для организма нарушения в системе кроветворных органов и прежде всего в костном мозге. При этом в крови резко уменьшается количество лейкоцитов и тромбоцитов, а также эритроцитов. Лейкоциты отвечают за защиту организма от каких-либо инфекций, тромбоциты отвечают за улучшение или ухудшение свертываемости крови, эритроциты отвечают за снабжение организма кислородом. Кроме этого, повреждаются стенки кровеносных сосудов, происходит кровоизлияние, потери крови и нарушения деятельности ряда органов и систем.

Организм человека очень сложен и индивидуален и может по-разному реагировать на те или иные воздействия, например, при облучении ионизирующим излучением происходящие в организме процессы могут быть обратимыми и необратимыми, это зависит от величины поглощенной дозы излучения и от особенностей организма. Если организм человека здоров, то при малых дозах облучения пораженная ткань восстанавливается. Если облучение действует фракционировано (многократными долями суммарной дозы), то поражающее действие ионизирующих излучений уменьшается, но если организм подвержен постоянному облучению, которое возрастает с увеличением дозы, то поражающее действие увеличивается.

Потенциально опасными дозами облучения являются разовые дозы свыше 200 мЗв, а также разовые поступления радиоактивных веществ внутрь организма сверх пятикратного предела годового поступления.

Эффекты излучения (радиационные поражения) подразделяются на детерминированные и стохастические:

Детерминированные эффекты излучения – клинически выявленные вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы.

Стохастические эффекты излучения – вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, не имеющие дозового порога

возникновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы.

При облучении дозой больше 1 Грэй возникают различные формы лучевой болезни. Если человек получит дозу 2 Грэй, то у него образуется непродолжительная, в лёгкой форме острая лучевая болезнь, она проявляется в виде снижения числа лейкоцитов, а это означает то, что защита организма человека снижается и он становится восприимчив к каким-либо другим болезням, вирусам и инфекциям. В первые сутки у человека, при облучении дозой, величина которой 2 Грэй, в 50% случаев может наблюдаться рвота. При облучении в 4 Грэй, происходит резкое снижение содержание лейкоцитов в организме и, в 30% случаев, спустя от 2 до 6 недель, человек умирает. После воздействия на живой организм дозой свыше 7 Грэй, лейкоциты полностью отмирают, появляются подкожные кровоизлияния и от такой большой дозы показатель смертности равен 100%, то есть живой организм полностью умирает, но зачастую причиной смерти являются инфекционные заболевания, так как отсутствуют лейкоциты и организм становится беззащитным.

При внешнем облучении в первую очередь необходимо учитывать гамма- и нейтронное излучение, которые проникают в ткань на большую глубину и разрушают ее, а также бета-частицы и электроны высоких энергий и сопровождающее их тормозное рентгеновское излучение. Во вторую очередь – альфа-излучение, так как пробег альфа-частиц в ткани невелик, и они не достигают кровеносных и других органов [8].

В природе существуют радиоактивные вещества, такие как: уран, радий, плутоний, стронций, цирконий и т. д., некоторые из них, попав в живой организм, оседают на отдельных органах, а другие распределяются, более или менее, равномерно по всему организму. Радиоактивные вещества с альфа-излучением – радий, уран, плутоний, концентрируются в костных тканях; с бета-излучением – стронций; с гамма-излучением – цирконий. Все эти радиоактивные элементы концентрируются в костной ткани и очень тяжело выводятся из организма.

Наиболее опасными из этих элементов являются стронций и плутоний, так как у них больший период полураспада, чем у остальных радиоактивных элементов, концентрирующихся в костной ткани.

1.4 Основные пределы доз

На основе норм радиационной безопасности вблизи атомных станций построена Таблица 1.1 о пределах доз облучения [8].

Таблица 1.1. Основные пределы доз облучения

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал (группы А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза в год: в хрусталике	150 мЗв	15 мЗв
Эквивалентная доза в год: в коже	500 мЗв	50 мЗв
Эквивалентная доза в год: в кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

Персонал делится на две группы: А и Б.

К группе А относятся сотрудники, взаимодействующие с источником излучения; на атомной станции таким источником является реактор.

К группе Б относятся люди, которые работают, непосредственно, вблизи или в самой зоне влияния радиации, но не у самого источника излучения. Также к категории Б относятся студенты и учащиеся старше 16 лет, которые проходят обучение с использованием источников излучения.

Для каждой категории облучаемых лиц значение допустимого уровня радиационного воздействия для данного пути облучения определено таким образом, чтобы при таком уровне воздействия только одного данного фактора облучения в течение года значение дозы равнялось величине соответствующего годового предела дозы (усредненного за пять лет) [9].

В таблице 1.2 приведены уровни загрязнения помещений и оборудования. К отдельным альфа-активным нуклидам относятся альфа-активные нуклиды, среднегодовая допустимая объемная активность которых в воздухе рабочих помещений 0,3 Бк/м³.

Таблица 1.2. Допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования.

Объекты загрязнения	Альфа-активные нуклиды		Бета-активные нуклиды
	Отдельные	Прочие	
Неповрежденная кожа, спецбелье, полотенца	2	2	200
Основная спецодежда, наружная поверхность спецобуви	5	20	2000
Поверхности помещений постоянного пребывания персонала и находящегося в них оборудования	5	20	2000
Поверхности помещений периодического пребывания персонала и находящегося в них оборудования	50	200	10000
Наружная поверхность дополнительных средств индивидуальной защиты, снимаемых в саншлюзах	50	200	10000

Таблица 1.2 построена на основе данных с АЭС [10,11].

1.5 Основные источники радиационной опасности вблизи атомных станций

1) Выработка электроэнергии на АЭС связана с использованием ядерного топлива, процесс деления которого в ядерном реакторе сопровождается испусканием ионизирующего излучения (нейтроны, фотоны и т.д.) и образованием новых радиоактивных веществ как в результате самой реакции

деления, так и в результате реакций активации теплоносителя, продуктов коррозии, газов и конструкционных материалов.

2) Основные факторы радиационного воздействия на АЭС:

А) потоки ионизирующих излучений, проникающие за биологическую защиту от реактора;

Б) радиоактивное загрязнение поверхности оборудования и помещений;

В) загрязнение помещений радиоактивными элементами в период проведения ремонтных работ.

3) Основные источники опасности на АЭС:

- отработавшее ядерное топливо;
- ядерный реактор;
- извлеченные внутрикорпусные реакторы;
- бассейны выдержки и перегрузки ядерного топлива;
- трубопроводы и циркуляционные насосы, компенсаторы объема, главные запорные задвижки, в общем все оборудование 1-го контура;
- теплоноситель, выводимый из 1-го контура при водообмене;
- трубопроводы и оборудование систем спецводоочистки и спецканализации;
- твердые и жидкие радиоактивные отходы с хранилищами отходов;
- воздухопроводы и оборудование вентиляционных систем и систем спецгазоочистки;
- детали, механизмы, датчики, загрязненные радиоактивными веществами;
- используемые на АЭС для целей дефектоскопии, поверки и градуировки аппаратуры закрытые источники ионизирующих излучений.

Основным источником ионизирующих излучений является работающий реактор. При работе реактора на мощности его активная зона является источником нейтронов и гамма-излучения. Процесс деления ядерного горючего сопровождается образованием новых радиоактивных веществ – осколков деления, которые сосредоточены в герметичных тепловыделяющих элементах (ТВЭЛ). Образующиеся при этом нейтроны деления производят активацию

теплоносителя, продуктов коррозии, примесей, газов и конструкционных материалов. Образовавшиеся радионуклиды являются источниками гамма- и бета-излучений.

1.6 Пути поступления от АЭС радиоактивных веществ в окружающую среду

В процессе эксплуатации АЭС образуются радиоактивные вещества, которые могут поступать в окружающую среду в установленных для нормальной эксплуатации пределах:

- с вентиляционным воздухом через вентиляционные трубы;
- с дебалансной технологической водой;
- с оборудованием и отходами производства, поступающими за пределы АЭС, а также на одежде и телах персонала.

Глава 2. Билибинская атомная электростанция (БАЭС)

Билибинская атомная электростанция расположена в Чукотском автономном округе, рядом с городом Билибино.

Билибино – второй из трех городов по численности в Чукотском автономном округе, помимо Анадыря и Певека (Рисунок 2.1), с населением чуть более 5 тысяч человек и из всего населения на АЭС работают около 700 человек. Несмотря на труднодоступность, город тем не менее активно живет, несмотря на туманное будущее. Есть аэропорт с рейсами в Анадырь и Магадан, летом город связан с Певеком по 600 километровой грунтовой дороге, а зимой более короткий путь – зимник через Бараниху, но доступен он только для грузовиков и внедорожников. Также в город зимой можно попасть по федеральному зимнику Арктика с трассы Колыма. Но есть и еще один непростой способ попасть в Билибино зимой с Магадана. Это 400 км дикого зимника Омсукчан-Омолон и далее 600 км зимника Омолон-Билибино.

Рисунок 2.1 Местоположение Билибинской АЭС в Чукотском АО



Климат района определяется как «очень холодный». Продолжительность зимнего периода 7 – 8 месяцев. Среднегодовая температура $-10,3$ °С. Средняя температура января -33 °С. Абсолютный минимум $-54,1$ °С. Продолжительность безморозного периода 62 дня. Средняя температура июля $+13,6$ °С. Абсолютный максимум $+33,4$ °С. Климат района размещения БАЭС имеет муссонный характер, по ветровому режиму близок к континентальному типу. Количество штилей за год составляет 59,2 %. Годовая скорость ветра составляет 2 – 3 м/с, а максимальная не превышает 20 м/с. Господствующие северные ветра в долине р. Большой Кепервеем не позволяют выносить массы воздуха со стороны БАЭС непосредственно на г. Билибино.

Билибинская АЭС (БАЭС) включает в себя четыре однотипных энергоблока мощностью по 12 МВт каждый (Рисунок 2.2). Стройка этой станции началась в 1966 году. Первый блок был введен в промышленную эксплуатацию 12 января 1974 г. Остальные три блока вводились последовательно с интервалом 1 год. Первый блок остановлен 23 марта 2018 года.

Рисунок 2.2 Билибинская АЭС



Билибинская АЭС снабжает теплом промышленные предприятия г. Билибино и всё население в целом, а также вырабатывает около 80% электроэнергии для снабжения потребителей Чаунского, Билибинского

промышленных районов. Она является единственным источником тепловой энергии в городе Билибино. БАЭС строилась с целью энергоснабжения золотодобывающей отрасли Магаданской области.

Жидкие радиоактивные отходы размещаются в хранилище жидких радиоактивных отходов. Средне- и высокоактивные сухие радиоактивные отходы размещаются в хранилище радиоактивных отходов, низкоактивные сухие радиоактивные отходы размещаются в приповерхностном хранилище траншейного типа.

С конца 2018 года идёт процесс вывода из эксплуатации 1-го блока Билибинской АЭС. 25 декабря 2019 года Ростехнадзор выдал лицензию на продление эксплуатации энергоблока № 2 до 31 декабря 2025 года. Также до 2025 года была продлена эксплуатация энергоблока № 3.

Суммарная установленная мощность АЭС, после вывода из эксплуатации энергоблока № 1 — 36 МВт. В 2018 году Билибинская АЭС выработала энергии в сумме 212,3 млн кВт·час.

Несмотря на предстоящее закрытие градообразующего предприятия, город живет и довольно оптимистично смотрит в будущее. По улицам мелькают многочисленные такси, кофейня, супермаркеты, салоны красоты, автомагазины, бассейн и многое другое. Говорят, что еще 5-7 лет назад, Билибино считался самым дорогим городом в России именно по причине трудностей с логистикой. Но в 2016 году по уровню цен он уже ничем почти не отличался от столичного Анадыря, так что одну из своих уникальных особенностей город потерял. С закрытием АЭС, когда без работы останутся 700 человек трудоспособного населения города, – потеряет и вторую уникальную особенность.

За всё время работы Билибинская АЭС получала звание лучшей АЭС среди российских станций. В 2006 году стала первой в России станцией, продлившей свой ресурс на 15 лет. Одним из существенных показателей БАЭС является то, что на ней не было аварий и инцидентов. Экспертная комиссия признавала Билибинскую АЭС лучшей в области культуры безопасности в 2007 и 2011 годах.

Целью экологической политики является устойчивое развитие атомной энергетики и поддержание уровня безопасности для окружающей среды и населения, сохранение жизнеобеспечивающих функций [12].

Система экологического менеджмента (СЭМ) – это часть системы административного управления со своими элементами, механизмами и процедурами. Эта система предназначена для управления экологической деятельностью.

Производственный экологический контроль на Билибинской АЭС состоит из:

1. Мониторинга природных и сточных вод, включает в себя химический контроль всех сточных вод от ливневой канализации до радиаторных охладителей.
2. Мониторинг радиационного контроля объектов окружающей среды, включает в себя радиационный контроль всех вод в округе, а также контроль почвы, воздуха, растительности.
3. Контроль мощности гамма-излучения, проводится методом маршрутной разведки.
4. Контроль вредных выбросов в атмосферу.

Виды экологического контроля на Билибинской АЭС:

1. Контроль объёма вредных выбросов в атмосферу.
2. Контроль вредных веществ в водах, находящийся вблизи АЭС.
3. Контроль радионуклидов в воздухе.
4. Контроль радиационной обстановки.

АЭС оказывает сильное воздействие на окружающую среду. Она образует отходы, например, ртутные лампы, лом черного металла. На Билибинской АЭС производится сброс веществ в воды (ливневая канализация, орошение радиаторных охладителей). Так же АЭС загрязняет атмосферный воздух, которым дышит всё население города Билибино. У каждой АЭС происходит забор воды из какого-либо водоема для охлаждения реактора и потом эту воды

сбрасывают в, так называемые, “отводные” каналы. В них хранится, помимо всяких вредных веществ, металлические предметы, такие как трубы, прутья и тому подобные предметы. Из-за того, что вода в таком канале теплая, в нем купается население и, как следствие, случаются летальные исходы.

Билибинская АЭС не имеет превышений по образованию отходов и лимитов на их размещение. В качестве хранилищ с радиоактивными веществами имеются две железобетонные подземные ёмкости, облицованные нержавеющей сталью.

Состояние на территории расположения АЭС, благодаря анализу окружающей среды, показывает, что экологическая обстановка стабильна. А также снижен объем выбросов вредных веществ в окружающую среду. В регионе, за последние несколько лет, не было техногенных аварий, связанных с загрязнением природы.

2.1 Выбросы загрязняющих веществ

Таблица 2.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу за 2019 год.

Наименование основных загрязняющих веществ	Класс опасности	Масса выбросов, т/год	Максимально допустимые выбросы, т/год
Оксиды азота	3	0,111	0,116
Оксид углерода	3	0,107	0,125
Диоксид серы	3	0,015	0,018
Формальдегид	2	0,001	0,001
Керосин	-	0,04	0,049
Неорганическая пыль	3	0	0

Выводы из таблицы: из данных по таблице 2.1 видно, что Билибинская АЭС в 2019 году не превышала максимально допустимые нормы по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу.

Таблица 2.2. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Отчетный период (год)	Масса выброса, т/год	Максимально допустимые выбросы, т/год
2015	4,021	9,061
2016	1,417	9,061
2017	0,496	9,061
2018	0,52	9,061
2019	0,284	0,319

Выводы по таблице: согласно таблице 2.2 в период с 2015 по 2019 годы Билибинская АЭС не превышала максимально допустимые выбросы. Резкое уменьшение фактических выбросов в 2019 году может быть связано с отсутствием каких-либо работ или выводом из эксплуатации ремонтно-строительного цеха. Изменение норматива (максимально допустимых выбросов) вызвано пересмотром в 2019 году расчета и обоснования выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников Билибинской АЭС в составе декларации о воздействии на окружающую среду.

2.2 Сбросы радионуклидов

Таблица 2.3. Сброс радионуклидов Билибинской атомной электростанции.

Радионуклид	Сброс за год, Бк	Норматив сброса, Бк/год
^3H	$5,71 \cdot 10^{10}$	$1,35 \cdot 10^{13}$
^{54}Mn	$1,07 \cdot 10^7$	$2,90 \cdot 10^9$
^{59}Fe	$9,71 \cdot 10^4$	$3,90 \cdot 10^{10}$
^{60}Co	$8,70 \cdot 10^7$	$1,67 \cdot 10^{10}$
^{65}Zn	$1,7 \cdot 10^4$	$2,37 \cdot 10^{10}$
^{103}Ru	$4,15 \cdot 10^3$	$3,72 \cdot 10^{10}$
^{134}Cs	$1,41 \cdot 10^4$	$6,47 \cdot 10^9$

^{137}Cs	$1,17 \cdot 10^4$	$9,92 \cdot 10^9$
^{141}Ce	$3,30 \cdot 10^4$	$7,17 \cdot 10^{10}$
^{144}Ce	$1,08 \cdot 10^5$	$9,81 \cdot 10^{10}$

Вывод: сбросы радионуклидов БАЭС не превышают нормативов.

2.3 Образование отходов

БАЭС образует промышленные и бытовые отходы:

- 1) отходы электрического цеха: отработавшие ртутьсодержащие – это отходы первого класса опасности;
- 2) эксплуатационные отходы: отработки трансформаторного и турбинного масел реакторно-турбинного и электрического цехов, отработанные аккумуляторы автотранспортного цеха, лом меди цеха централизованного ремонта и цеха тепловой автоматики и измерений – это отходы третьего класса опасности;
- 3) отходы вспомогательных производств Билибинской АЭС, например, покрышки, коммунальные отходы потребления вспомогательных производств и объектов социальной инфраструктуры – это отходы, относящиеся к 4 классу опасности;
- 4) отходы вспомогательных производств Билибинской АЭС – это отходы, относящиеся к 5 классу опасности.

К первому классу опасности относятся чрезвычайно опасные отходы, к второму – высокотоксичные, к третьему – умеренно опасные, к четвертому – малоопасные, к пятому – мусор, который при попадании в окружающую среду почти не нарушает равновесие экосистемы.

2.4 Заключение по Билибинской АЭС

В целом за последние годы экологическая обстановка на территории Чукотского автономного округа стабильна. За последние 4 года сократился выброс вредных веществ в атмосферу и сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты. Экологическая обстановка в регионе остается благоприятной. В последние годы на территории автономного округа не происходило случаев природных и техногенных аварий, связанных с загрязнением окружающей среды. За время строительства и промышленной эксплуатации Билибинской АЭС не осуществлялось изменений метеоусловий в регионе, представляющих собой угрозу населению и территории. В процессе

эксплуатации Билибинской АЭС происходит адаптация окружающей среды, прежде всего, экологической водной системы, к нормированному техногенному воздействию Билибинской АЭС. В регионе расположения Билибинской АЭС отсутствуют природные объекты, естественные свойства которых были бы изменены в такой мере, что эти объекты представили бы собой угрозу экологической безопасности самой АЭС.

К сожалению, это последние годы выработавшей ресурс АЭС, причем один из агрегатов уже выведен из эксплуатации и ПАТЭС «Академик Ломоносов» в Певеке построен для её замещения. От ПАТЭС строятся ЛЭП.

На пике развития в Билибино проживали 16 тысяч человек, а сейчас только 5 тысяч. Возможно, что с потерей работающей АЭС уедут 700 сотрудников станции вместе с членами семей и основное население Билибино сократится еще сильнее [13].

Относительно небольшая мощность Билибинской АЭС и ее удалённость от густонаселённых районов делают оценки ее потенциального риска аварии менее значимыми по сравнению с Кольской АЭС.

Глава 3. Кольская атомная электростанция (КАЭС)

Кольская атомная электростанция – самая северная атомная станция в Европейской части России. Кольская АЭС (рисунки 3.1 и 3.2) находится в 12 км севернее города Полярные Зори Мурманской области. Она является основным источником энергии для Мурманской области и Республики Карелия.

Рисунок 3.1. Кольская АЭС в г. Полярные Зори Мурманской области РФ



3.1 Загрязнение атмосферного воздуха

Одним из приоритетных направлений в обеспечении благополучия жителей Мурманской области является улучшение состояния атмосферного воздуха, предотвращение каких-либо воздействий на атмосферу вредными веществами.

Рисунок 3.2. Кольская АЭС



На всей территории Мурманской области преобладают низкие уровни радиации, особенно низки они над заболоченными местностями. Основной вклад в формирование дозы гамма-излучений вносят естественные радиоактивные элементы, содержащиеся в горных породах. Максимальные значения уровня радиации формируются в районе Хибинского и Ловозерского массивов, из-за повышенного содержания в породах урана и тория. Потенциальную опасность для населения может представлять радон, который накапливается в тектонически ослабленных зонах на поверхности. В наше время это может стать экологической проблемой для городов Кировска, Ревды, Ковдора.

По результатам мониторинга на территории города Полярные Зори, поселков Африканда и Зашеек, мощность дозы гамма-излучения в 2019 г. составила 0,08 - 0,11 мкЗв/ч, что не превышает средних значений по России. Радиационную обстановку на территории атомной станции и городов, находящихся вблизи, можно считать удовлетворительной. Влияние КАЭС на радиационную обстановку в районе её расположения незначительно.

3.2 Микробиологический состав воздуха

Между микробиологическим составом воздуха и здоровьем человека тесная взаимосвязь, особенно в больших городах. Микробиологический анализ воздуха проводят для изучения условий воздушной среды и разработки комплекса гигиенических мероприятий. Отбор проб воздуха проводят автоматическим прибором ПУ-1Б (рисунок 3.3).

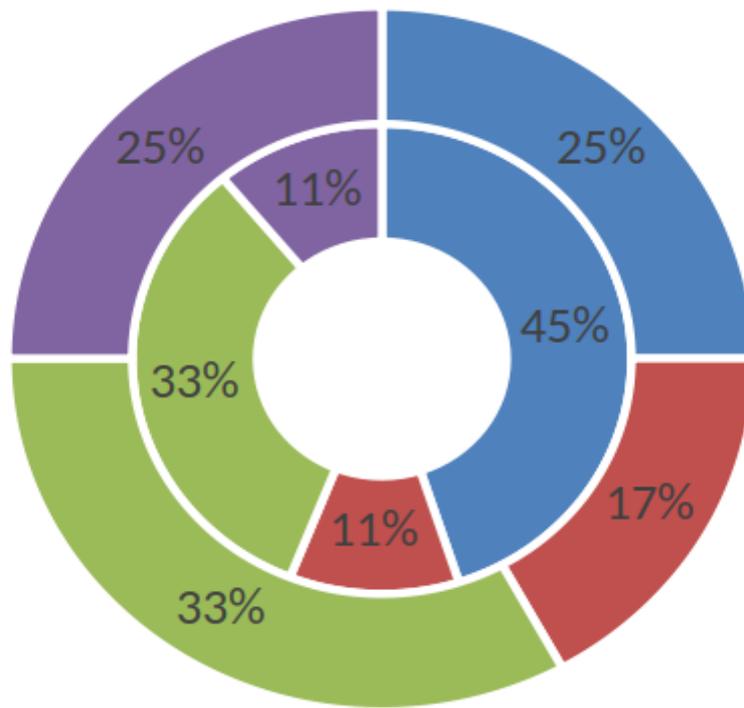
Рисунок 3.3. Прибор ПУ-1Б



Атмосферный воздух не является благоприятной средой для развития микроорганизмов из-за нехватки питательных веществ, сухости, повышенной температуры и ультрафиолетового облучения. Основными источниками микроорганизмов в воздухе является растительность. Состав микробиоты атмосферного воздуха зависит от климатических условий. Сосновый и еловый лес в радиусе 15-км вокруг КАЭС достаточно чистый [14]. По мере удаления от станции число бактериальных клеток в воздухе снижается, что свидетельствует о бактериологической чистоте воздуха в лесных экосистемах.

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 (рисунок 3.4).

Рисунок 3.4. Доля патогенных и аллергенных микромицетов-аэробиионтов в сосновом лесу в 15-км и 30-км радиусах вокруг КАЭС



■ Н/А ■ А ■ П ■ П/А

П – патогенные, А – аллергенные,

П/А – патогенные и аллергенные, Н/П – не патогенные.

Таким образом, воздух в 15-км вокруг КАЭС характеризуется относительной чистотой по бактериологическому компоненту, как и воздух на отдаленных участках. Некоторые особенности микробиоты воздуха соснового и елового лесов, расположенных в 15-км радиусе вокруг КАЭС, объясняются как естественными флуктуациями микроклиматических условий, так и значительной степенью освоения территории.

3.3 Леса 30-км зоны вокруг КАЭС

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

Леса вблизи КАЭС отличаются повышенной пожарной опасностью (3 балла пожарной опасности по пятибалльной шкале). Первый балл наиболее высокой горимости у более чем 20% лесных массивов, это хвойные молодняки лишайниковых, вересковых, брусничных и других сухих типов леса, где пожар может быстро распространяться и приносить наибольший вред. Лесные пожары играют значимую роль в формировании современного состава и структуры лесных и экосистем. По данным Зашейковского лесничества в 2011-2019 годах в 30-км зоне вокруг КАЭС возникало 32 лесных пожара на 105 га лесной и примерно 8 га нелесной площади. Основная причина возникновения пожаров – человеческий фактор (рыбаки, туристы, отдыхающие, местное население). Основную часть нелесных земель на исследуемой территории занимают озёра, входящие в квартальную сеть лесного фонда, а также небольшая доля болот.

3.4 Лесопатологическое состояние

С целью оценки состояния лесов, выявления площадей, где есть заражение вредителями и болезнями, и определения лесозащитных мероприятий проводят их лесопатологическое обследование, чаще всего в рамках лесоустроительных работ, как правило, через каждые 10 лет, а 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, ржавчина листьев березы. В результате повреждения хвои ржавчинными грибами в некоторых случаях происходит отмирания растущий почки, что приводит к сокращению роста отдельных ветвей и многовершинности. Болезнь ржавчина листьев берёзы приводит к преждевременному опадению листвы и ослаблению деревьев. Массовый характер проявления вышеперечисленных болезней связан, вероятно, с изменениями климата.

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

В результате шквалистого 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 упали деревья. В результате лесопатологического обследования древостоя были назначены в санитарно-выборочную рубку деревья с интенсивностью 54% от общего запаса на выделе. При лесопатологическом обследовании насаждений Зашейковского лесхоза (в настоящее время Зашейковского лесничества) специализированным лесоустроительным предприятием в кварталах в зоне действия КАЭС были обнаружены характерная для северной местности болезнь: рак-серянка.

В 15-км и 30-км зонах вокруг КАЭС, не выявлено никаких отклонений в общем состоянии лесов. Средние показатели древостоев по их современной оценке соответствуют среднеобластным показателям по параметрам: бонитет, полнота, средний запас древесины в насаждениях, общая продуктивность древесной массы. Влияние воздушного промышленного загрязнения по данным различных исследований проявляется в основном в северной части 30-км зоны. На территории Лапландского заповедника и в его охранной зоне лесопатологическим обследованием, проведенным специализированным лесоустроительным предприятием в 1990-1991 годах, выявлено 9,1 тыс. га, где преобладают насаждения категорий «сильно ослабленные» и «усыхающие», поврежденных промышленными выбросами комбината «Североникель».

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

3.5 Радиационная обстановка

Лес – одна из наиболее чувствительных к ионизирующей радиации природных экосистем. Особенно неустойчивы к ионизирующей радиации хвойные леса. Ранние признаки радиационного повреждения хвойных пород обнаруживаются уже при дозах 2 - 3 Гр. Лиственные леса более устойчивы к облучению, чем хвойные. Устойчивость к облучению повышается в ряду: деревья–кустарники–полукустарники–травы [15]. Известно, что небольшие дозы ионизирующих излучений оказывают стимулирующее действие на растения, более высокие дозы – мутагенное действие [16]. Самоочищение надземных частей деревьев от радиоактивных веществ происходит медленнее в хвойных лесах, так как «фильтр» из хвои действует круглогодично, чем в лиственных, где важное значение имеет листопад. Как правило, лиственные деревья накапливают существенно больше радионуклидов, чем хвойные. Повышенные концентрации радиоактивных веществ характерны для лесной подстилки, верхних горизонтов почвы, зеленых частей древесных и травянистых растений. Концентрация радионуклидов в древесине, как правило, незначительна [17]. С пищевыми продуктами из леса (грибы, ягоды и т. д.) радионуклиды могут поступать в организм человека.

В 15-км и 30-км зоне вокруг КАЭС наблюдали накопление величины удельных активностей цезия ^{137}Cs в различных частях черники (ветви, листья, ягоды), хвое сосны, лишайниках и в листьях березы, которые не превышали предельно допустимую концентрацию [18,19]. Удельная активность ^{137}Cs в хвое сосны обыкновенной в среднем находилась в пределах от 7 до 34 Бк/кг, а в листьях черники – от 13 до 165 Бк/кг. Установлено, что с увеличением площади листовой пластинки черники увеличивалось и содержание Cs в них.

Максимальные значения альфа- и бета-активности в хвое сосны были зарегистрированы в районе реки Пиренга, что связано со значительным содержанием в ней радионуклидов природного и техногенного происхождения, поступающих в хвою как из атмосферных выпадений, так и из почвы и

подстилающей породы. Отмечено, что содержание естественных радионуклидов в хвое ели и сосны незначительно, наибольшее количество их содержится в хвое ели сибирской, а наименьшее – в хвое сосны обыкновенной, техногенные радионуклиды в хвое практически отсутствуют.

Несмотря на значительную вариабельность, величины суммарной удельной радиоактивности не выходили за пределы природного фона [20]. Таким образом, в настоящее время не выявлено существенных изменений в радиационной и лесопатологической обстановке северотаежных лесов, экологическое состояние их в 30-км зоне вокруг КАЭС соответствует естественным природным процессам и близко к состоянию лесов, расположенных в других, относительно чистых районах Мурманской области.

3.6 Загрязнение растительного покрова

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

В 2018-2019 гг. на стационарных пробных площадках одновременно с почвенными образцами отобраны листья (хвоя) доминирующих видов растений и талломы лишайников. Объектами исследования послужили: сосна, ель, берёза, черника, брусника, голубика, вороника, луговик извилистый, зелёный мох плевроциум и напочвенный лишайник кладония звездчатая. Хвоею ели и сосны отбирали из верхней трети кроны в 5-кратной повторности. Образцы растений напочвенного покрова и лишайников собраны в межкрупных пространствах в

3-кратной повторности в конце вегетационного периода (августе). В лаборатории хвоя ели и сосны разбиралась на возрастные классы, листья брусники и вороники – на текущие и многолетние, зеленые мхи – на текущий прирост и многолетнюю часть.

Содержание радионуклидов в хвое ели и сосны, траве, лишайниках, дикорастущем пищевом сырье (ягоды, грибы) обобщены по данным ежегодных докладов о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области. Значения активности радионуклидов в исследуемых дикорастущих растениях, лишайниках существующими нормативными документами не регламентированы, поэтому ориентировочным уровнем являются фоновые значения. Содержание техногенных радионуклидов в хвое ели и сосны, траве, лишайниках в районе расположения КАЭС по данным многолетних исследований находились на фоновом уровне. Наибольшее значение удельной активности радионуклида цезия ^{137}Cs наблюдается в лишайниках, а самая высокая удельная активность стронция ^{90}Sr – в хвое ели [21-25].

В течение некоторого времени присутствуют колебания удельной активности радионуклидов в растениях и лишайниках, которые не превышают уровня средних многолетних величин природного радиационного фона. В пределах 15-км зоны расположения КАЭС удельная активность цезия ^{137}Cs составила в хвое сосны 23 Бк/кг, в листьях черники – 165 Бк/кг, в лишайнике – 72 Бк/кг, что не превышает нормативных показателей содержания радионуклида в лекарственных растениях – 400 Бк/кг.

3.7 Содержание тяжёлых металлов в органах растений и талломах лишайников

При техногенном воздействии загрязнение растений тяжёлыми металлами (ТМ) происходит за счет поверхностного загрязнения, а также листового и почвенного поглощения. Корневая система препятствует поступлению в растения избытка ТМ. Способность корневой системы растений задерживать избыточные ионы обусловлена совокупным действием морфологических

структур и химических реакций неспецифической природы, к которым относится пояска Каспари, обменная емкость корней, многочисленные органические соединения, формирующие с ТМ малоподвижные соединения, вакуолярные депо [26]. Они способствуют или механической задержке рассеянных элементов, или их адсорбции на стенках клеток, или уменьшению их подвижности, или изоляции. В условиях воздушного промышленного воздействия загрязняющие вещества оседают также на поверхности надземных частей. Полагают, что внешнее загрязнение менее опасно для растений, чем то, которое осуществляется через корни. Однако внешнее загрязнение может вызывать сокращение притока солнечной энергии к фотосинтезирующим клеткам, закупорку устьиц и другие нарушения.

Превышение фоновых концентраций ТМ в растениях и лишайниках фиксируются на значительной по площади территории, в том числе в 15-км зоне воздействия КАЭС.

Железо. Железо в растительном организме выполняет важную каталитическую функцию. Ферменты, содержащие железо, принимают участие в различных окислительно-восстановительных реакциях дыхания, фотосинтеза, азотфиксации и некоторых других. Но в условиях повышенного содержания железа в атмосферном воздухе и почве происходит накопление того элемента в растениях. На обследованной территории самые высокие концентрации Fe отмечены в талломах лишайников. Максимальное содержание Fe, которое является сопоставимым с фоновыми значениями, выявлено в лишайниках. В хвое ели и сосны, зеленых мхах наблюдается превышение фоновых концентраций Fe. Повышенное содержание Fe есть и в листьях березы. В листьях черники, брусники, голубики, луговика концентрации Fe не превышают фонового уровня.

Медь. Известно, что поступление меди в растение играет важную роль в процессах метаболизма. Медь является активатором отдельных ферментов и целых ферментных систем, связанных с окислительно-восстановительными

реакциями клетки. Медь имеет меньшую подвижность в растениях по сравнению с другими элементами. Высокие концентрации меди токсичны для растений и вызывают переокисление липидов в мембранах хлоропластов, ингибирование переноса электронов при фотосинтезе, изменение проницаемости клеточных мембран.

В лишайниках и зеленых мхах обнаружены самые высокие концентрации меди, в мхах она возрастает в 3-4 раза, в лишайниках – в 6-7 раз по сравнению с фоном. В листьях березы и кустарничковых концентрации меди остаются на фоновом уровне.

Никель. Никель у растений принимает участие в ряде ферментальных реакций: карбоксилирование, гидролиз пептидный и др. В избыточных концентрациях никель препятствует поступлению в растение других элементов питания, приводя к нарушению сбалансированности их элементарного состава.

Присутствует значительное накопление никеля во всех растениях и лишайниках по сравнению с фоновым уровнем. Концентрации никеля относительно фоновых значений возрастают в листьях брусники в 8-9 раз, в зелёных мхах и лишайниках – в 7-8 раз, в хвое сосны – в 4-5 раз, в листьях черники – в 4 раза, в листьях берёзы и вороники – в 3 раза. Высокое накопление никеля в ассимилирующих органах растений и талломах лишайников свидетельствует о загрязнении воздуха и почвы его соединениями.

Свинец. Свинец является одним из наиболее токсичных элементов для растений. Высокие концентрации элемента нарушают обмен веществ, оказывают негативное влияние на фотосинтез, деление клеток, ингибируют ряд ферментов, снижают доступность фосфора, калия, кальция, железа и марганца [27].

Кадмий. При поступлении в растительный организм приводит кадмий к нарушениям процессов фотосинтеза и транспирации, изменению активности ферментов, ингибированию синтеза белков, нуклеиновых кислот и др. [28]. Содержание кадмия в зеленых мхах превышает фоновые значения.

Концентрации кадмия в хвое ели и сосны, а также лишайниках сопоставимы с фоновым.

Кобальт. Кобальт является активатором многих ферментов [29]. Содержание кобальта во всех исследуемых растениях и лишайниках возрастает относительно фона: в листьях голубики в 40 раз, в зеленых мхах – в 4-29 раз, в листьях брусники – в 7-11 раз, в листьях черники и вороники – в 5 раз, в лишайниках – в 4 раза, в листьях березы и в хвое сосны – в 2,5 раза.

Динамика содержания тяжелых металлов в растениях в разные периоды исследований свидетельствуют о том, что содержание никеля в хвое сосны и ели возрастает, а в хвое ели – также возрастает содержание железа и кобальта. За определенный период исследований в лишайниках произошло снижение концентраций железа, меди, никеля, в зеленых мхах – железа. Не произошло за этот период никаких значимых изменений в содержании тяжелых металлов в листьях кустарничковых.

В 15-км зоне КАЭС концентрации тяжелых металлов в растениях и лишайниках возрастают. Наибольшей аккумулярующей способностью обладают зеленые мхи и лишайники. В лишайниках присутствует возрастание Cu, Ni, Co. В зеленых мхах существует превышение концентраций Fe, Cu, Ni, Pb, Cd, Co. Высокая аккумулярующая способность лишайников и мхов связана с тем, что на их поверхности происходит катионный обмен – это такой обмен, при котором основные катионы могут обмениваться на катионы тяжелых металлов. Таким образом, мхи и лишайники создают своеобразный экран, эффективно поглощающий и надолго задерживающий элементы-загрязнители. Также наблюдались колебания удельной активности радионуклидов в растениях и лишайниках, но они не превышают уровень средних многолетних величин природного радиационного фона.

3.8 Воздействие загрязнения на лишайники

Лишайники являются очень чувствительными к состоянию окружающей среды, так как необходимые для их роста вещества поглощаются всей поверхностью таллома из атмосферного воздуха и влаги. Кроме данной биологической особенности для лишайников также характерно взаимно уравновешенные симбиотические отношения двух партнеров – водоросли и гриба, неспособных развиваться друг без друга; отсутствие внешнего защитного слоя; повышенный уровень метаболизма во влажном состоянии; продолжение метаболизма при низких температурах и восприимчивость к повреждениям в зимний период; существенно медленный рост по сравнению с другими растениями; высокая продолжительность жизни лишайников, приводящая к тому, что загрязняющие вещества накапливаются в талломах в течение всего времени проживания лишайников. Поэтому любые изменения в химическом составе атмосферных осадков или воздуха приводят к ответной реакции этих организмов.

При повышении в воздухе концентрации загрязняющих веществ лишайники отмирают, популяции сокращаются, численность падает и большинство видов исчезает из загрязненных районов. Могут формироваться так называемые «лишайниковые пустыни» – районы, в которых почти полностью отсутствуют эпифитные лишайники. Уровень видового разнообразия эпифитных лишайников еловых лесов в окрестностях КАЭС в 2 раза выше по сравнению с ельниками в южной части Лапландского заповедника. Это говорит о незначительном загрязнении атмосферного воздуха выбросами.

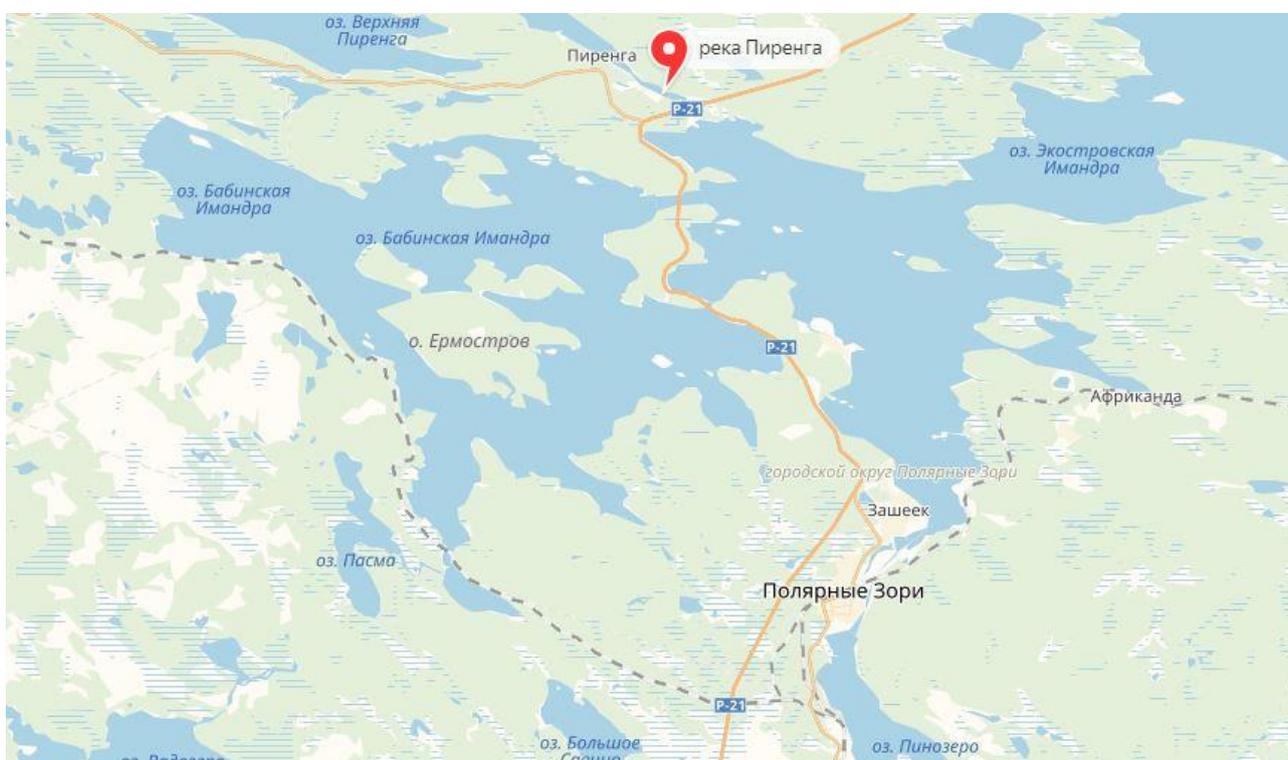
3.9 Состояние водных систем

Озеро Имандра является водоемом-охладителем КАЭС. Это самое большое озеро Мурманской области, которое состоит из трех плесов – Большая Имандра (БолИ), Йокостровская Имандра (ЙИ), Бабинская Имандра (БИ), соединенных проливами – Йокостровским и Широкой Салмы. Сток из озера

осуществляется в реку Ниву из Йокостровской Имандры и далее в Кандалакшский залив Белого моря (Рисунок 3.5).

Озеро Имандра десятилетиями подвергалось многофакторной антропогенной нагрузке, что привело к значительным отклонениям показателей качества вод от естественного-природного состояния, причем влияние КАЭС на экосистему озера не ограничивается тепловым загрязнением, а включает также последствия, связанные с перекачкой сравнительно более загрязненных вод из одного плеса в другой.

Рисунок 3.5 Озеро Имандра Мурманской области – водоем-охладитель КАЭС



В данный момент никель, медь, алюминий, стронций и марганец – основные вещества, загрязняющие озеро Имандра. Большая часть озера входит в состав Балтийского гидрогеологического массива. Основное снабжение подземных вод осуществляется за счет выпадающих атмосферных осадков.

Кольская атомная станция берет воду из озера Имандра, из глубокой губы Йокостровской Имандры, для охлаждения своих агрегатов. Подогретую на 10-15 градусов воду сбрасывают в Бабинскую Имандру через искусственно

образованный канал под названием «Отводной», такая вода влияет на высшую водную растительность. В этом канале вода всегда теплая, в него часто заплывают различные виды рыб, но, как правило, надолго не приживаются. Также на дне канала присутствует арматура, опасная для жизни человека и не раз приводившая к летальным последствиям. Хотя и стоят возле канала знаки «Купание запрещено», местное население это не останавливает и, люди все равно продолжают там купаться.

Центральная часть канала пустынна, так как отсутствуют подходящие для высшей водной растительности экотопы. Растительность у берегов канала более разнообразна, там, относительно недавно, появились водоросль Рдест Берхтольд и болотник. Биота канала КАЭС организована в динамическую систему, построенную на балансовых отношениях – микроводоросли, не соответствующие природно-климатическим условиям Мурманской области. Это несоответствие говорит о ее неустойчивости и высокую вероятность разрушения при изменении температуры, параметров сброса воды и др. В связи с этим, представляются необходимым комплексные мониторинговые наблюдения.

Влияние температурного фактора, изменение гидрологического режима и преобразование естественных проливов, служивших местами нереста некоторых видов рыб, например, ряпушки, подорвали их воспроизводство. Скопления ряпушки, привлекаемые кормами для других видов рыб, находятся как в толще воды, так и вблизи берегов в губе Молочная.

Изменение в видовой структуре сообщества рыб в значительной мере прослеживаются для губы Молочная, что обусловлено комплексом факторов: изменение температуры из-за функционирования КАЭС, наличие рыбоводного комплекса. Благоприятный температурный режим и обилие корма позволяют сохраниться свободно живущим радужной форели и обыкновенному карпу.

Вода озера Имандра является чистой по санитарно-эпидемиологическим нормам. Несмотря на то, что в воде присутствуют колиформные бактерии, они не превышают установленных норм. В губе Молочная, где ведется рыбное

хозяйство, имеется превышение допустимых показателей. В воде озера Имандра имеются единичные грибные propagулы. Численность бактерий и микроскопических грибов очень низкая. Видовой состав и структура сообществ микромицетов в воде стабилен и почти не отличается в чистой части озера Имандры и в месте сброса. Качество воды полностью отвечает санитарно-гигиеническим требованиям, патогенные группы микроорганизмов отсутствуют.

3.10 Стрoение КАЭС

Станция состоит из двух очередей, по два энергоблока на очередь. Каждая очередь включает аппаратное отделение (АО-1 и АО-2) и объединённый специальный корпус для переработки технологических сред и радиоактивных отходов (ОСК-1 и ОСК-2). В каждом специальном корпусе оборудовано хранилище сухих радиоактивных отходов (ХСО) и временное хранилище жидких радиоактивных отходов (ХЖО). Турбинное отделение является общим для обеих очередей. Расположение объектов Кольской АЭС представлено на рисунке 3.6 [30].

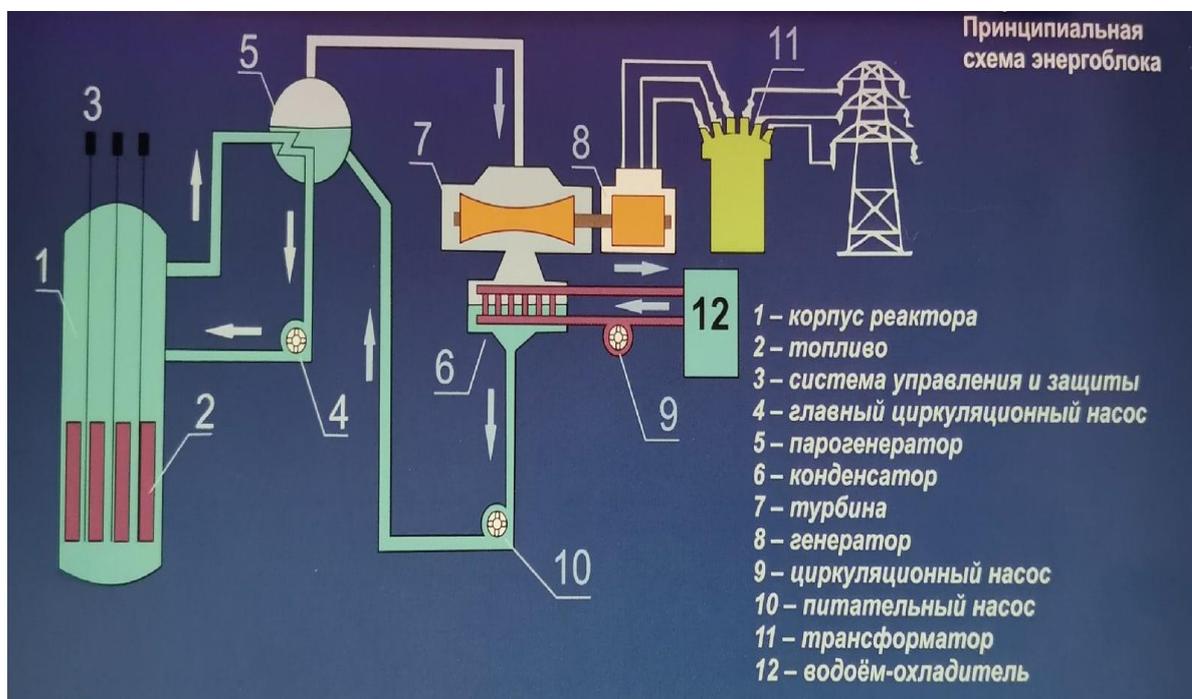
Технологическая схема каждого энергоблока Кольской АЭС двухконтурная. Принципиальная схема энергоблока представлена на рисунке 3.7.

Первый контур – радиоактивный. Он состоит из реактора ВВЭР-440 и шести циркуляционных петель. ВВЭР-440 – это водо-водяной энергетический реактор тепловой мощностью 1375 МВт, работающий на тепловых нейтронах. Топливом служит слабообогащенный уран. Теплоносителем, отводящим тепло от активной зоны реактора, и замедлителем нейтронов служит обессоленная

Рисунок 3.6 План Кольской АЭС



Рисунок 3.7. Принципиальная схема энергоблока



вода. Теплоноситель первого контура нагревается в активной зоне реактора, через которую ее прокачивают главные циркуляционные насосы. Вода первого контура при температуре около 300 °С не кипит, так как находится под давлением 12,5 МПа. Нагретая вода по трубопроводам подается в парогенераторы и через трубчатку парогенераторов передаёт тепло воде второго контура, не вступая с ней в непосредственный контакт. Второй контур – нерадиоактивный, включает паропроизводящую часть парогенераторов, 2 турбины, трубопроводы и вспомогательное оборудование. Парогенераторы вырабатывают насыщенный пар давлением 4,7 МПа. Образующийся пар направляется на турбину, где приводит в движение связанный с валом турбины генератор, вырабатывающий электроэнергию. Далее электроэнергия через трансформаторы передается в сеть. Отработанный пар превращается в воду в конденсаторах турбин, охлаждаемых водой озера Имандра. Контроль за параметрами энергоблока и управление технологическим процессом осуществляется с блочного щита управления – БЩУ.

3.11 Выбросы КАЭС веществ в окружающую среду

Кольская атомная электростанция сбрасывает вредные химические вещества в окружающую среду, какое количество и какие вещества представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Сбросы вредных химических веществ в окружающую среду.

№	Наименование основных загрязняющих веществ	Класс опасности	Норматив допустимого сброса, тонн/год	Фактический сброс, тонн/год
1	Взвешенные вещества	-	3,731	1,667
2	Нефтепродукты	3	0,435	0,074
3	Натрий	4	16,717	2,487
4	Аммоний ион	4	2,262	0,347
5	Нитрид-ион	4	0,155	0,015
6	Нитрат-ион	4	27,097	6,927
7	Хлориды	4	17,085	5,359
8	Сульфаты	-	11,887	1,667
9	Фосфаты	4	0,352	0,128
10	АПВ	4	0,066	0,038
11	Железо	4	0,143	0,092

Вывод по таблице: согласно максимально допустимому нормативу атомной электростанции разрешено сбрасывать 79,930 тон вредных химических веществ в год, одна Кольская АЭС не только укладывается в эти нормативы, но и имеет гораздо меньший показатель относительно годового норматива, и он составляет всего 18,801 тонн/год. Это соответствует 23% от максимально разрешенного сброса вредных химических веществ.

Сброс загрязняющих веществ в озеро Имандра с 2015 по 2019 годы представлен на рисунке 3.8.

Рисунок 3.8. Динамика сброса загрязняющих веществ в озеро Имандра



Вывод: по максимально допустимым нормам максимально разрешённый сброс составляет 223,214 тонн/год. Как видно на диаграмме в 2015 году был превышен максимально допустимый сброс, это может быть связано с утечкой загрязняющих веществ, повреждением какого-либо оборудования или его заменой. В целом озеро Имандра считается чистым и пресным водоемом из которого люди ловят рыбу и в дальнейшем употребляют ее в своем рационе, а в хорошую погоду даже купаются.

Выброс радиоактивных веществ в атмосферный воздух осуществлялся на основании Нормативов предельно допустимых выбросов.

Таблица 3.2. Выбросы радиоактивных веществ в окружающую среду

№	Радионуклид	Допустимый выброс, Бк	Фактический выброс в 2019 году, Бк
1	^3H	$6,40 * 10^{14}$	$2,33 * 10^{12}$
2	^{14}C	$1,12 * 10^{13}$	$1,51 * 10^8$
3	^{41}Ar	$6,90 * 10^{14}$	$3,51 * 10^{12}$
4	^{60}Co	$7,40 * 10^9$	$1,99 * 10^7$
5	$^{85\text{m}}\text{Kr}$	$6,90 * 10^{14}$	$8,58 * 10^{11}$
6	^{87}Kr	$6,90 * 10^{14}$	$3,12 * 10^{12}$
7	^{88}Kr	$6,90 * 10^{14}$	$2,84 * 10^{12}$
8	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$2,47 * 10^{11}$	$5,94 * 10^7$
9	^{131}I	$1,80 * 10^{10}$	$1,17 * 10^8$
10	^{134}Cs	$9,00 * 10^8$	$1,87 * 10^6$
11	^{135}Xe	$6,90 * 10^{14}$	$8,45 * 10^{11}$
12	^{137}Cs	$2,00 * 10^9$	$4,35 * 10^7$

Вывод: как видно из данных по таблице выброс ни одного из радионуклидов не превысил максимально допустимого за 2019 год. В связи с этим, нет превышения в естественном радиационном фоне в районе расположения КАЭС.

3.12 Заключение по КАЭС

КАЭС составляет основу энергосистемы Мурманской области и Республики Карелия, и обеспечивает надежную основу социально-экономического развития региона. Экологическое состояние лесов вокруг КАЭС соответствует естественным природным процессам и близко к состоянию лесов, расположенных в других, относительно чистых районах Мурманской области. Состав растительных сообществ характерен для преобладающего ландшафта приозерных равнин. Наибольшую площадь в районе занимают сосновые, менее распространены еловые и елово-мелколиственные леса.

В окрестностях КАЭС имеется 190 видов лишайников и систематически близких нелихенизированных грибов, 161 вид афиллофороидных грибов, 210 видов мохообразных, 430 видов сосудистых растений. Выявленное разнообразие растительного покрова и таксономическое богатство флоры соответствует ландшафтной структуре северо-таежной территории. Город Полярные Зори и заброшенные сельскохозяйственные земли вносят значительный вклад в повышение уровня фиторазнообразия района, в первую очередь. В 15-км зоне вокруг КАЭС присутствует 26 видов растений, грибов и лишайников из Красной книги Мурманской области; 7 из них внесены в Красную книгу Российской Федерации. Один из районов концентрации редких видов растений - гора Лысая. Фауна птиц разнообразна и насчитывает 124 вида, что связано с разнообразием биотопов, путями пролета арктических и субарктических популяций птиц, прохождением в районе исследований северной границы ареалов южных видов. Значительная часть орнитофауны (13%) появляется эпизодически или во время пролётов на места гнездовых или зимовок. Влияние деятельности КАЭС на орнитофауну проявляется в факте зимовки птиц на незамерзающих стоках электростанции. С деградацией земледелия в районе исследования, как и в Мурманской области в целом, связан спад численности птиц и исчезновение четырех синантропных видов. Из 44 видов, занесенных в Красную книгу Мурманской области, в зоне радиусом 30 км вокруг наблюдались 26 видов, из них 9 видов включены в Красную книгу России. В районе КАЭС обитает 33 вида млекопитающих, из которых 7 видов внесены в Красную книгу Мурманской области и 1 в Перечень объектов животного мира Красной книги Российской Федерации. Состояние популяций насекомоядных млекопитающих - биоиндикаторов нарушения природной среды - указывает на удовлетворительную современную экологическую обстановку в окрестностях КАЭС. Основные количественные характеристики микробных сообществ в почвах в 15-км радиусе вокруг КАЭС (численность и биомасса бактерий и микроскопических грибов, показатель биогенности почв) сопоставимы с

таковыми в естественных почвах Мурманской области. Различия в структуре почвенной фауны связаны с природными особенностями верхнего (органогенного) горизонта и не свидетельствуют о негативном влиянии КАЭС на почвенные экосистемы. Воздействие КАЭС на водные экосистемы определяется работой прямоточной системы охлаждения, что сказывается на экосистеме озера Имандра. Влияние подогретых вод ограничивается расстоянием 2 км от устья отводящего канала в пределах губы Молочная, что способствует более длительному вегетационному сезону и жизнедеятельности гидробионтов в течение всего сезона. Остальная часть акватории характеризуется температурным режимом, близким к естественному. Перекачка вод из более загрязненного плеса в ходе эксплуатации КАЭС привела к изменению гидрохимических характеристик: отмечен рост минерализации, концентрации загрязнителей и биогенных элементов. Тепловодная среда сбросного канала стимулирует активную биоаккумуляцию химических элементов, в том числе и токсичных, высшей водной растительностью. Установившийся в настоящее время баланс экосистемы губы Молочной не соответствует природно-климатическим условиям региона, что ведет к ее неустойчивости и высокой вероятности катастрофического разрушения при изменении любого параметра. В районе исследования водится 14 видов рыб. Динамика ихтиофауны всей акватории оз. Имандра в последние годы идет по пути снижения численности сиговых и лососевых видов и доминирования корюшки, окуневых и карповых видов. Наиболее глубокие преобразования природной лимносистемы наблюдаются в губе Молочной, где функционирование рыбоводного комплекса и тепловое загрязнение значительно изменили условия обитания гидробионтов и привели к нарушению естественной цикличности ряда физиологических процессов у рыб [31].

Радиационная обстановка на территории городского округа г. Полярные Зори и в районе размещения КАЭС удовлетворительная и в целом отвечает требованиям санитарного законодательства, микробиологический состав воды в

местах водозаборов питьевого водоснабжения показал, что численность бактерий и микроскопических грибов очень высокая.

В снеговых и дождевых водах в районе КАЭС обнаружено значительное увеличение концентрации тяжелых металлов и анионов минеральных кислот.

Для Кольской АЭС оценки потенциального риска аварии очень актуальны и были выполнены российскими и зарубежными экспертами. Частота возможных аварий обычно оценивается с использованием вероятностного анализа безопасности [32]. В качестве максимального аварийного события было принято плавление активной зоны. Сумма вероятностей цепочек событий, приводящих к этому событию, была принята за частоту плавления ядра. Считается, что для современных энергетических реакторов это значение должно лежать между 10^{-4} и 10^{-5} в год. Предварительная оценка МАГАТЭ блока Кольской АЭС дала значение $5,5 \cdot 10^{-3}$ в год. Далее оценивается содержание накопленных радионуклидов в активной зоне и доля их выброса в окружающую среду. Затем моделируются пути их возможного переноса и осаждения, после чего приступают к моделированию внешнего облучения и переноса по пищевым цепям людям [33].

За все время существования КАЭС накоплен положительный опыт ее эксплуатации. Персонал станции имеет высокую квалификацию. Так как Кольская АЭС важна для энергосистем Мурманской области и Республики Карелия, то ради повышения общей безопасности и эффективности станции, как потенциально опасного ядерного объекта и как базового источника электроэнергии в энергосистеме персонал станции совершенствует методы производства и эксплуатационного оборудования [34].

Глава 4. Плавучие атомные теплоэлектростанции (ПАТЭС)

Самая первая плавучая атомная электростанция «Академик Ломоносов» (ПЭБ проекта 20870 "Академик Ломоносов") (рисунок 4.1) способна обеспечивать город электричеством и тепловой энергией. Этот корабль строился более 10 лет и потрачено на него было более 260,4 млрд рублей. Разработку начали в 2007 году, а в эксплуатацию он был выпущен в 2019 году. Цель данной станции заключается в том, чтобы поддерживать электричеством и тепловой энергией самые отдаленные населенные пункты планеты. Также ПАТЭС может со временем заменить Билибинскую АЭС, она уже отняла у нее звание самая северная станция в мире [35]. ПАТЭС может быть использована для опреснения морской воды.

Рисунок 4.1. ПАТЭС «Академик Ломоносов»

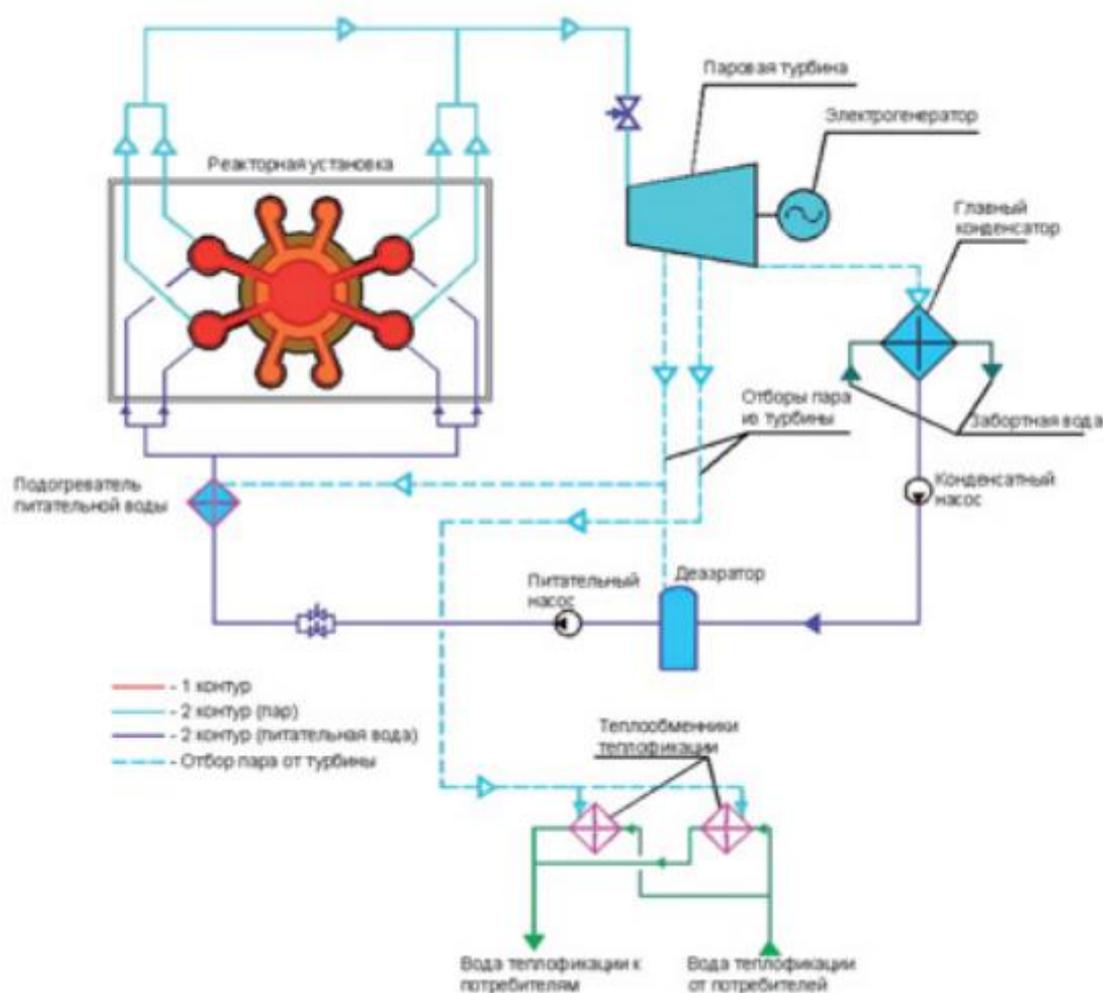


Плавающий энергетический блок предназначен для работы в составе атомной теплоэлектростанции малой мощности и обеспечивает в номинальном режиме выдачу в береговые сети 60 МВт электроэнергии и до 50 Гкал/ч тепловой энергии для нагрева теплофикационной воды. Электрическая мощность, выдаваемая в береговую сеть без потребления берегом тепловой энергии, составляет около 70 МВт. В режиме выдачи максимальной тепловой мощности около 145 Гкал/ч электрическая мощность, выдаваемая в береговую сеть, составляет порядка 30 МВт. Плавающий энергетический блок сможет обеспечивать электроэнергией населенный пункт с численностью населения около 100 000 человек [36].

Плавающий энергоблок представляет собой самоходное судно стоечного типа с двойным дном и двойными бортами, с развитой надстройкой, предназначенной в носовой и средней частях для размещения энергетического оборудования, а в кормовой части — жилого блока (рисунок 4.2).

В состав ядерного блока входят две реакторные установки тепловой мощностью 150 МВт каждая и две паротурбинные установки с турбогенераторами электрической мощностью 35 МВт. Итого мощность ПАТЭС составляет 70 МВт электрической и 300 МВт тепловой мощности. Реакторные и паротурбинные установки размещены побортно и работают автономно. Пар, полученный в парогенераторах реакторной установки, поступает на паровую турбину, которая вращает электрогенератор. Электрогенератор вырабатывает электрическую энергию, подаваемую потребителям. Пар, отработавший в ступенях турбины, отбирается на подогрев питательной воды в специальном теплообменнике (подогревателе), а также на нагрев воды в теплообменниках теплофикации. Отработавший в турбине пар конденсируется в главном конденсаторе с помощью забортной (морской) воды. Образовавшийся конденсат с помощью конденсатного насоса подается в деаэрактор, где происходит удаление растворенных газов, главным образом кислорода. Затем с помощью насоса питательная вода поступает в парогенератор реакторной установки, и цикл повторяется [37].

Рисунок 4.2. Схема плавучего ядерного энергоблока



4.1 Воздействие ПАТЭС на окружающую среду

Первое, на что обращают внимание экологи – это возможное радиационное воздействие, которое может оказывать ПАТЭС на окружающую среду при нормальной эксплуатации, а также при проектных и запроектных авариях. Создатели утверждают, что ПАТЭС соответствует всем нормам и требованиям экологической безопасности. В соответствии с требованиями СП АТЭС-2003 [38], проектные значения мощностивнешнего гамма-излучения на наружной поверхности плавучего энергоблока при номинальной мощности реакторной установки не будут превышать: на участках открытых палуб в зоне контролируемого доступа – 0,2 мкЗв/ч; на участках открытых палуб в зоне свободного режима – 0,1 мкЗв/ч; на борту выше ватерлинии – 0,2 мкЗв/ч; на борту

ниже ватерлинии и наднище – 2 мкЗв/ч. По предварительным оценкам, максимальный суточный выброс активности системы спецвентиляции ПЭБ при нормальной эксплуатации реакторной установки составит 0,01 мКи/сутки по аргону-41. Результаты расчета среднегодовых концентраций аргона-41 в приземном слое воздуха на различных удалениях от ПЭБ за счет проектных выбросов при нормальной эксплуатации показывает, что максимум концентраций будет достигаться на расстоянии 200-300 м от источника и составит около $1,2 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³.

Предварительные оценки доз γ -излучения от облака выброса на открытой местности, обусловленных присутствием в приземном слое радиоактивных продуктов, выброшенных в атмосферу, показали, что на расстоянии 200-500 м от источника значение дозы не будет превышать 20 мЗв в год и будет убывать более чем в 10 раз на расстоянии 2-3 км. Отмечается, что таким образом возможные дозовые нагрузки на население в результате воздействия газоаэрозольных выбросов составят около 0,002% от дозы естественного радиационного фона, характерного для района размещения.

В общем случае радиационное воздействие при проектной аварии с наихудшими радиационными последствиями определяется [39]: внешним гамма-облучением тела за счет присутствия радиоактивных продуктов в приземном слое воздуха; внешним гамма-облучением за счет воздействия радионуклидов, накопившихся в поверхностном слое почвы; внутренним облучением органов и тканей за счет ингаляционного поступления радионуклидов в организм человека с вдыхаемым воздухом; внутренним облучением органов и тканей за счет перорального поступления радионуклидов в организм человека с загрязненными пищевыми продуктами местного производства.

Основным фактором, оказывающим влияние на облучение организма, является гамма-излучение радионуклидов, содержащихся в облаке выброса (48-55 %). На втором месте оказывается облучение организма за счет выпавших на местность радионуклидов (от 23 до 28 %). На третьем и четвертом месте

оказывается вклад дозы от ингаляции радиоактивных веществ (6-16 %) и от поступления радионуклидов с местными продуктами питания (8-12 %). Доза облучения отпроникающего гамма-излучения за бортом плавучего энергоблока не будет превышать 0,5 мЗв для наихудшего вариантазапроектной аварии, что значительно ниже предельно допустимой дозы облучения. Эффективная доза облучения критической группы населения отвыброса активности окружающую среду на всех расстояниях от ПЭБ не превысит 0,15 мЗв.

Радиационное воздействие на население и окружающую среду при нормальной эксплуатации илюбых аварийных ситуациях, включая запроектные, непревышает уровень естественного радиационного фона.

В тоже время есть исследования [40-41], которые говорят, что строительство плавучих АЭС экономически нецелесообразно, экологически опасно и с точки зрения российских и международных законов нелегитимно.

4.2 Основные характеристики ПАТЭС

Таблица 4.1. Основные характеристики плавучего энергоблока.

Тип судна	Несамородное стоечное
Длина	140м
Ширина	30м
Высота борта	10м
Экипаж	70 человек
Срок службы	35-40 лет
Безвозвратный водозабор	3650 м ³ /год
Количество воды для питья	18 м ³ /сут
Объем канализационных сбросов	25 м ³ /сут
Автономность по ядерному топливу	2-3 года

Вывод по таблице: в целом ПАТЭС может находиться в длительном плавании, если не учитывать человеческую потребность в питье и еде, если

учитывать это, то по подсчетам, 70 человек могут находиться 20 суток на борту не пополняя запасы пресной воды, 60 суток, не пополняя провизию.

Заключение

В ходе работы были проанализированы данные о выбросах вредных веществ в атмосферу атомными станциями на Арктической территории России. Хотя атомные станции и загрязняют окружающую среду, влияют на живность вокруг нее, но все-таки они не превышают максимально допустимые нормы, которые могли бы привести к катастрофическим последствиям. Атомные станции обладают большой разрушительностью, пример тому Чернобыль, но они являются наиболее эффективными предприятиями по производству электроэнергии. В целом атомные электростанции, находящиеся на территории Арктики, не загрязняют окружающую среду больше разрешенного. Намного сильнее загрязняют ядерные отходы.

АЭС таят в себе большую разрушительную силу: крупная авария способна вывести из хозяйственного использования тысячи квадратных километров территории, такое место будет очень долго заражено и не пригодно для жизни. Даже малые дозы негативно влияют на живой организм и природу.

Несмотря на свою опасность, атомные станции продолжают функционировать и вырабатывать электроэнергию и, возможно, еще не скоро будут выведены из эксплуатации, так как замена им еще не придумана.

Целью экологической политики атомных электростанций является созданием таких условий, при которых наиболее эффективно обеспечивается сохранение природоохранных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций для устойчивого развития общества, повышение качества жизни, улучшение здоровья населения и обеспечение экологической безопасности.

На основании литературных данных, взятых из интернета и, предоставленных мне одним из работников АЭС, можно сделать вывод, что атомные станции являются стратегически важными объектами и не являются экологически безопасными. Хотя и на их территории проводятся множественные профилактические работы, чтобы не допустить экологическую катастрофу.

Список использованной литературы

1. Матушкина Е.В., Сажин В.Б., Козляков В.В. и др. Особенности воздействия на окружающую среду различных стадий ядерного топливного цикла и проблемы безопасности АЭС / Матушкина Е.В., Сажин В.Б., Козляков В.В., Хайри А.Х, Терещук В.С., Панфилов А.С., Попов И.А., Селдинас И. // Успехи в химии и химической технологии. - 2011. - Т. 15 №7 (123).- С.104-121.
2. Физическая энциклопедия в 5 томах / Гл. ред. А.М. Прохоров — М.: Большая Российская энциклопедия. 1990—1992.
3. Манолов К., Тютюнник В. Биография атома. Атом - от Кембриджа до Хиросимы. / Переработанный пер. с болг. — М.: Мир, 1984. - 246 с.
4. В.П. Машкович, А.В. Кудрявцева. Защита от ионизирующих излучений.// Москва: Энергоатомиздат, 1995. — 496 с.
5. Л. А. Сена, Единицы физических величин и их размерности, М.: 1988-336 с.
6. Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений: Учеб. пособие для студентов высш. учеб. Заведений /Под ред. Е. Л. Столяровой. 4-е изд. // Москва: Энергоатомиздат, 1986. - 464 с.
7. Кассимерис Л., Лингаппа В. Р., Плоппер Д. Клетки по Льюину. // М.: Лаборатория знаний, 2016. - 1056 с.
8. Пределы поступления радионуклидов для работающих с ионизирующим излучением: Публикация 30 МКРЗ. ч.1: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1982. - 136 с.
9. Кузин А. М. Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы // М.:Атомиздат, 1977. - 133 с.
10. Амиров Я. С. Безопасность жизнедеятельности. // 1998. Кн.2. 42, - 270 с.
11. Пределы поступления радионуклидов для работающих с ионизирующим излучением: Публикация 30 МКРЗ. ч.2: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1983. - 102 с.
12. Станции и проекты (rosenergoatom.ru).
13. Билибино - уникальный атомный город в Арктике. Появится ли еще один город — призрак? // 18.11.2018 <https://zen.yandex.ru/media/d1als/bilibino->

14. Влодавец В. В. Микрофлора атмосферного воздуха // Роль микроорганизмов в круговороте газов в природе. // М.: Наука, 1979. - С. 50-65.
15. Алексахин Р.М., Нарышкин М.А. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах. // М.: Наука, 1977. 114 с.
16. Тихомиров Ф.А. Действие ионизирующего излучения на экологические системы. // М.: Атомиздат, 1972. - 176 с.
17. Алексахин Р.М. Радиоактивное загрязнение почвы и растений. // М.: АН СССР, 1963. 132 с.
18. 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 // журнал «Наука и бизнес: пути развития», издательство МОО ФРНК (Тамбов), 2018 - № 4, С. 199-205.
19. Кизеев А.Е., Ушамова С.Ф., Константинова Л.И., Тимофеева М.Г., Манахов Д.В., Попова М.Б. Состояние черники обыкновенной в зоне влияния кольской атомной электростанции // Глобальный научный потенциал. 2017. - № 4(73). - С. 40-47.
20. Никанов А.Н., Жиров В.К., Кизеев А.Н., Карначев И.П. Радиационно-экологический мониторинг древесной растительности в индустриально развитых регионах Арктической зоны РФ // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017. Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Ю. А. Омельчук, Н. В. Ляминой, Г. В. Кучерик. 2017. С. 962-966.
21. Кизеев А.Н. Содержание ^{137}Cs и ^{40}K в почвенно-растительном покрове в районе расположения Кольской атомной электростанции // Глобальный научный потенциал. 2016. - № 5 (62). - С. 56-59.

22. Кизеев А.Н., Константинова Л.И., Тимофеева М.Г., Орлов П.С. Состояние ассимиляционных органов березы в зоне влияния Кольской атомной электростанции // Наука и бизнес: пути развития. 2016. № 8 (62). С. 68-75.
23. Кизеев А.Н., Манахов Д.В., Силкин К.Ю., Ушамова С.Ф., Попова М.Б. Состояние почвенно-растительного покрова в 30-км зоне Кольской атомной электростанции. // Наука и бизнес: пути развития. 2018. - № 4. - С. 199-205.
24. Кизеев А.Н., Силкин К.Ю. Оценка состояния лесных фитоценозов в 30-км зоне Кольской АЭС по наземным и спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. / 2017. - Т. 14. № 1. - С. 125-135.
25. Кизеев А.Н., Ушамова С.Ф. Исследования растительного покрова в районе расположения Кольской АЭС // Современные проблемы контроля качества природной и техногенной сред: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. / Тамбов: издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2009. с. 130-133.
26. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растения. // 1991. - 151 с.
27. Кабата-Пендиас, Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. // Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 439 с.
28. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. // Издательство: СО РАН, 2001 г. - 231 с.
29. Ильин В. Б. Элементарный химический состав растений. // Издательство: Наука, 1985. - 130 с.
30. Отчет об экологической безопасности за 2019 год (Росэнергоатом КАЭС) . www.kolanpp.rosenergoatom.ru.
31. Волкова Л. А. Высшая водная растительность озер Кольского полуострова / Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. / Ч. 2. Гидрохимия и гидробиология. // Л.: Наука, 1974. С. 78-119.
32. Музалевский А.А., Карлин Л.Н. Экологические риски: теория и практика.- СПб: РГГМУ, ВВМ, 2011. - 524 с.

33. Кузнецов В.М., Москаленко В.А., Шрамченко АД., Чепенко Б.А. Руководство по обеспечению радиационной безопасности при локализации и ликвидации радиационных аварий и катастроф на объектах России». // МЧС РФ. М., 1997.
34. Фуртаев А.И., Минин В.А., Якимов М.Ю. Кольская АЭС, ее роль в энергетике Кольско-Карельского региона, перспективы развития // Вестник Кольского научного центра РАН 2 / 2017. - Т. 9. - С.95 - 105.
35. Никитин, А. Плавающие атомные станции: Доклад объединения Bellona. 2011/ А. Никитин, Л. Андреев. — Bellona Foundation, 2011. — 48 с.
36. Развитие и инновации ОА «Концерн Росэнергоатом» // rosenergoatom.ru.
37. Декларация о намерениях строительства АСММ на базе плавучего энергоблока с реакторными установками типа КЛТ-40С в районе закрытого административно-территориального образования город Вилючинск Камчатской области, 1999.
38. Санитарные правила СП 2.6.1.45-03. Обеспечение радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации атомных теплоэлектростанций малой мощности на базе плавучего энергетического блока. СП-АТЭС- 2003. Москва, 2003.
39. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СанПиН 2.6.1.2523. // М.: МинздравРоссии, 2009. 115 с.
40. Кузнецов В.М., Яблоков А.В., Десятов В.М. и др. Плавающие АЭС: угроза Арктике, Мировому океану и режиму нераспространения. // Рязань: Сервис. 2000. - 65 с.
41. Хвостова М.С. Экологические проблемы эксплуатации плавучей атомной теплоэлектростанции в Арктическом регионе // Журнал «Российская Арктика». 2018.- С. 10-27.