



**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 «Анализ мониторинга радиационной обстановки
Санкт-Петербурга»

Исполнитель студент группы Ф-Б18-1
Вьюгина Екатерина Ильинична

Руководитель доцент 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 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

2

5

ВВЕДЕНИЕ7

9

1.1 Природный радиационный фон9

1.2 Искусственный радиационный фон11

1.3. Мониторинг13

19

19

20

21

22

23

24

26

28

28

30

42

44

44

45

47

48

49

4 АНАЛИЗ МОНИТОРИНГА52

4.1. Мониторинг радиационной обстановки на прилегающих территориях52

52

56

58

58

61

65

67

69

70

72

73

76

78

81

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

«СЗТО» ФГУП РосРАО - «Северо-западный территориальный округ» федерального государственного унитарного предприятия «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО»

АСКРО – автоматизированная система контроля радиационной обстановки

АЭС – атомная электростанция

$A_{эфф}$ ЕРН – удельная эффективная активность естественных радионуклидов

ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор

ВХВ – вредные химические вещества

ГУП – государственное унитарное предприятие

ДВ – допустимый выброс

ДОА – допустимая объемная активность

ДС – допустимый сброс

ЗН – зона наблюдения

ИИИ – источник ионизирующего излучения

ИРГ – инертный радиоактивный газ

КП – контрольный пункт

ЛАЭС – Ленинградская атомная электростанция

МЭД – мощность эквивалентной дозы

МЭД ГИ – мощность экспозиционной дозы гамма-излучения

НИТИ – научно-исследовательский технологический институт

НПО – научно-производственное объединение

НРБ – нормы радиационной безопасности

ОА – объемная активность

ПДВ – предельно допустимый выброс

ППР – планово-предупредительный ремонт

РБД ЕСКИД - Региональный банк данных Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации

РБМК – реактор большой мощности канальный

РЦП «Радон – Санкт-Петербург» - Региональная целевая программа «Радон-Санкт-Петербург»

СЕМТУ – Северо-Европейское межрегиональное территориальное управление

СЗЗ – санитарно-защитная зона

СИУР – старший инженер управления реактором

СП – санитарный пост

СПАС – санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций

УРЗ – участки радиоактивного загрязнения

ФГУП – федеральное государственное унитарное предприятие

ЧАЭС – Чернобыльская атомная электростанция

ЭРОА – эквивалентная равновесная объемная активность

ЯРБ – ядерная и радиационная безопасность

ЯРОО - ядерно- и радиационно-опасные объекты

ЯТЦ – ядерный топливный цикл

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из негативных сторон деятельности человека является изменение окружающей среды. Загрязнение радиоактивными веществами экосистем можно рассматривать как новый абиотический фактор среды обитания. В 50-е годы развитие радиоэкологических исследований привело к изменению естественного радиационного фона.

Радиационная обстановка находится в постоянной динамике, что связано как с физикой процесса радиоактивного распада и с физико-химическими процессами в окружающей среде, так и со случайным характером поступления радионуклидов за счет техногенных и искусственных источников.

Санкт-Петербург – один из крупнейших городов России. За счет целого ряда геологических и географических причин, а также существующего спектра научных учреждений и промышленных предприятий, город характеризуется повышенным уровнем природного и техногенных факторов радиационного риска. Через Санкт-Петербург осуществляется как санкционированный, так и несанкционированный транзит радиационно-опасных грузов. Опасность представляют расположенные в городах области (Сосновый Бор, Гатчина и др.) ядерные энергетические установки.

Различные общественные организации утверждают, что уровень радиоактивного загрязнения высок за счет как техногенных, так и естественных факторов. Однако, официальный мониторинг «ZIVERT» по Санкт-Петербургу говорит об обратном. Отслеживание радиационной обстановки в Санкт-Петербурге и Ленинградской области осуществляется постоянным мониторингом на 16 постах, расположенных в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Данное противоречие указывает на очевидную актуальность проблемы.

Целью дипломной работы входит изучение радиационного фона и его особенностей на территории Санкт-Петербурга, а именно:

- учет вклада в общий радиационный фон Санкт-Петербурга и Ленинградской области природной составляющей фона, техногенно-изменённой и искусственной составляющих радиационного фона;
- сбор информации об объёмах, качественном составе и источниках радиационного загрязнения;
- собрать информацию о влиянии крупномасштабных аварий на АЭС;
- подробно разобрать систему мониторинга радиационного фона на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области;
- провести анализ данных, полученных при сборе информации.

Для выполнения работы был применен анализ всех полученных данных.

Первая глава работы посвящена таким основным понятиям, как радиационный фон и мониторинг.

Во Второй главе работы дан обзор литературы по изучению причин повышенного риска радиационной безопасности на территории Санкт-Петербурга.

Третья глава работы посвящена изучению вопросов о техногенном загрязнении в регионе, о его причинах, а также о влиянии ЛАЭС и других ядерно- и радиационно-опасных объектов на Санкт-Петербург и Ленинградскую область.

Четвертая глава посвящена подробному разбору радиационного мониторинга на территории Санкт-Петербурга, о радиационном фоне по всем районам города, а также о подробной информации о радиационной обстановке, взятой из радиационно-гигиенических паспортов за несколько последних лет.

Результаты работы сформулированы в Заключение.

1. РАДИАЦИОННЫЙ ФОН

В конце девятнадцатого столетия произошли два открытия, которые в корне изменили весь мир. В 1895 году Вильгельм Конрад Рентген открыл новый и неизвестный для того времени вид излучения – рентгеновские лучи, а через год Антуан Беккерель установил, что уран самостоятельно испускает невидимые лучи – явление, которому присвоили название «радиоактивность». Вскоре ученые узнали, что излучения способны не только ионизировать атомы и молекулы, а также приводить их в возбужденное состояние, а после данного процесса они приобретают новые свойства, то есть способны вступать в реакции и образовывать соединения, которые ранее не могли. Таким образом, было открыто ионизирующее излучение, которое существовало до момента сотворения жизни на земле [1].

За все развитие человечества радиационный фон повышался незначительно. Вскоре после начала использования атомной энергии, уровень излучения во внешней среде стал увеличиваться за счет выбросов радиоактивных отходов от ядерных электростанций и предприятий, а также после использования ядерного оружия.

В наше время при оценке радиационной обстановки следует разделять радиационный фон на природный и искусственный фон [2].

1.1 Природный радиационный фон

Как правило, под природным радиационным фоном понимают воздействие ионизирующего излучения на человека из-за естественных причин. Их классифицируют следующим образом:

- внешние источники внеземного происхождения, а именно – космическое излучение;
- источники земного происхождения, а именно - природные радионуклиды, которые находятся в атмосфере, гидросфере и литосфере.

1.2 Искусственный радиационный фон

Искусственным радиационным фоном, как правило, являются источники ионизирующих излучений, которые в наше время используются довольно часто, и, кроме того, созданы человеком. Речь идет о медицинском оборудовании и лечении с использованием радиоактивных изотопов, испытании ядерного оружия, атомной энергетике и других сферах деятельности человека. Но доза от искусственного радиационного излучения не велика, как правило, составляет примерно 1 мЗв в год. Но, тем не менее, это все также приводит к облучению не только отдельного человека, а в целом всего мира.

Особый вклад в техногенный радиационный фон вносят медицинские источники. В среднем, в мире за счет медицинских источников индивидуальная эффективная эквивалентная доза составляет 0.4 мЗв в год.

Также большое влияние на радиационный фон оказывают испытания ядерного оружия. К примеру, после взрыва на полигоне в Неваде в 1955 году радиоактивные осадки были обнаружены в Ленинграде. Но благодаря небольшой концентрации, или быстрому распаду радионуклидов, их эффективная эквивалентная доза мала.

Средняя эффективная эквивалентная доза облучения, вызванная ядерными испытаниями, составляет в настоящее время около 0,01 мЗв в год, хотя индивидуальные дозы для населения районов, расположенных вблизи мест испытаний ядерного оружия, могут превышать это значение в сотни и тысячи раз.

Также существенное влияние на фон оказывает атомная энергетика. Она включает в себя несколько стадий: добыча и обогащение урановой руды, производство и транспортировка ядерного топлива, производство энергии, вторичная обработка отработанного топлива и захоронение радиоактивных отходов. Каждая из этих стадий вносит определенный вклад в искусственный радиационный фон. По исследованиям стало известно, что при безаварийной

работе вклад атомной энергетики составляет примерно 0,02%, что соответствует коллективной эффективной эквивалентной дозе для всего человечества 1200 Зв в год.

Не стоит также забывать, что производство электроэнергии на АЭС существенно оказывает влияние на радиационную обстановку. К началу 21 века ядерная энергетика стала настолько неотъемлемой частью мирового баланса, что к 1999 году в 33 странах активно использовалось 437 реакторов для переработки электроэнергии с суммарно установленной мощностью в 350 ГВт. Несмотря на существенные конструктивные различия реакторов, все они объединены практически одним ядерным топливным циклом (ЯТЦ), который включает в себя:

- добычу и измельчение урановой руды;
- переработку руды в материал ядерного топлива;
- производство энергии в ядерных реакторах;
- хранение облученного топлива или регенерация делящихся материалов;
- складирование и захоронение радиоактивных отходов.

Как правило, для перевозки ядерного топлива между всеми стадиями ядерного топливного цикла используются железные дороги.

В облученном ядерном топливе представлены почти все искусственные радионуклиды, связанные с ЯТЦ. Кроме того, часть конструктивных материалов подвергается нейтронной активации и имеет высокую радиоактивность.

Отработавшие топливные элементы, как правило, постоянно накапливаются в хранилищах [3]. Высокоактивные жидкие отходы, содержащие делящиеся продукты и трансурановые элементы, хранят изолированно от окружающей среды до тех пор, пока они не будут сделаны твердыми (в настоящее время отсутствует национальная концепция обращения с радиоактивными отходами, поэтому, применительно к отходам наших АЭС, правильнее употреблять термин «хранение», а не «захоронение»).

Самыми опасными радионуклидами являются те, у кого имеется большой период полураспада, а также которые способны быстро распространяться в окружающей среде (таблица 1.2.1). В первую очередь наиболее опасными являются йод I-129 (период полураспада $1,6 \cdot 10^7$ лет), инертный газ радон, который выделяется из хвостов руд, содержащих Th-230 ($4,5 \cdot 10^4$ лет) и U-238 ($4,5 \cdot 10^9$ лет), C-14 с периодом полураспада 5700 лет.

Таблица 1.2.1 - классификация радионуклидов по степени биологического действия

Группа	Критерий классификации	Радионуклиды
А	С особо высокой токсичностью	Pb-210, Po-210, Ra-226, U-232, Pu-238 и др.
Б	С высокой токсичностью	Ru-106, I-131, Ce-144, Bi-210, Th-234
В	Со средней токсичностью	Na-22, P-32, S-35, Cs-137
Г	С наименьшей радиотоксичностью	Be-7, C-14, Cr-51, Cu-64
Д		Тритий и его химические соединения

1.3. Мониторинг

На территории Ленинградской области обеспечено функционирование автоматизированной системы контроля радиационной обстановки на территории региона (АСКРО) в целях анализа полученных данных, принятия управленческих решений и оперативного информирования населения региона.

АСКРО Ленинградской области была создана во исполнение постановления Правительства Российской Федерации от 20.08.1992 № 600 «О единой государственной автоматизированной системе контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации» в качестве региональной подсистемы.

Информационная сеть АСКРО Ленинградской области по сей день состоит из 16 стационарных постов контроля мощности эквивалентной дозы (МЭД), замкнутых на измерительно-управляющие центры. Все посты

контроля расположены в Ленинградской области как вблизи радиационно-опасных объектов, например, рядом с расположением Ленинградской АЭС, так и на территории, которая до сих пор находится под воздействием Чернобыльской аварии. Их расположение можно наблюдать на рис. 1.2 и 1.3.

В Западном направлении – в г. Сосновый Бор, в поселке Лебяжье;

В Юго-Западном направлении – в городах Кингисепп, Волосово, Гатчина;

В Южном направлении – в г. Луга;

В Юго-Восточном направлении – в г. Любань;

В Восточном направлении – в г. Волхов и г. Кировск;

В Юго-Восточном направлении – в г. Кириши;

В Северном направлении – в г. Приозерск, в поселке Кузьмолово;

В Северо-Западном направлении – в г. Выборг, г. Приморск, пос. Рощино, пос. Озерки [4].

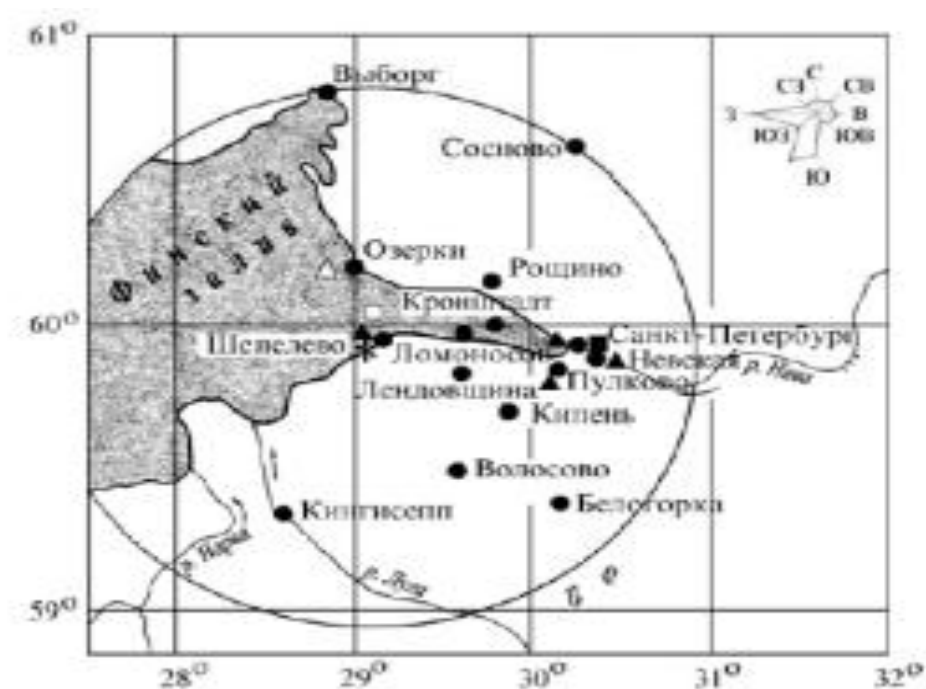


Рис.1.2 - Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг ЛАЭС: * – АЭС; ● – наблюдения за γ -фоном; ▲ – отбор проб атмосферных выпадений; ■ – отбор проб атмосферных аэрозолей; Δ □ – планируемые наблюдения

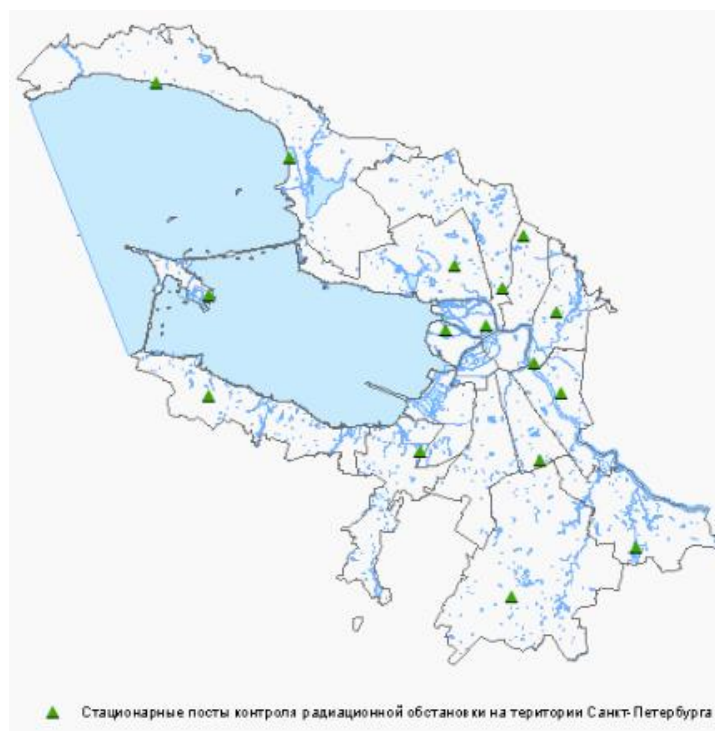


Рис. 1.3 - Стационарные посты контроля радиационной обстановки на территории Санкт-Петербурга [5]

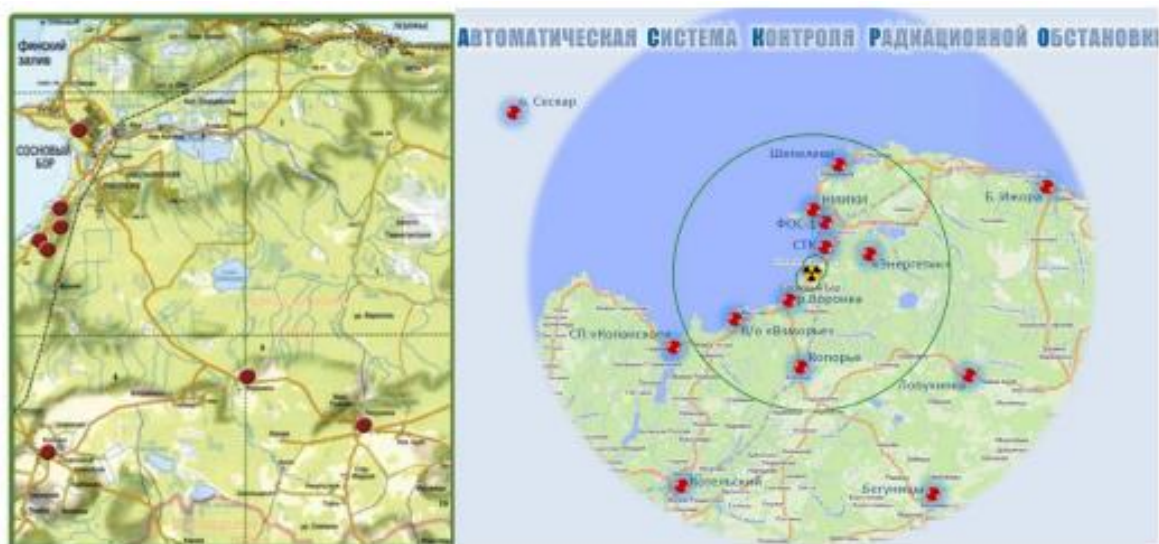


Рисунок 1.4 – Схема расположения точек регулярного контроля за уровнем содержания техногенных веществ в объектах окружающей среды службами НИТИ (слева) и ЛАЭС (справа)

Для контроля за грунтовыми (подземными) водами на промышленной площадке ЛАЭС расположено 40 наблюдательных скважин, на комплексе переработки радиоактивных отходов – 88 наблюдательных скважин.

Также территории в пределах 30-километровой зоны ЛАЭС с населением примерно 100 тыс. человек находятся под радиационным и химическим контролем таких служб как: ЛАЭС, НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», ФГУП «Научно-исследовательский технологический институт имени А.П. Александрова» (НИТИ), Ленинградского отделения филиала «СЗТО» ФГУП РосРАО («Северо-западный территориальный округ» федерального государственного унитарного предприятия «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО»).

Службами ЛАЭС в помещениях станции, на территории промплощадки и в пределах 30-км зоны проводятся следующие виды радиационного контроля:

- контроль выхода радиоактивных веществ, таких как газы, аэрозоли и йод-131 в атмосферу через вентиляционные трубы ЛАЭС, которая осуществляется без перебоя с помощью стационарной аппаратуры и оборудования;

- контроль содержания радиоактивных веществ в воздухе производственных помещений главных корпусов ЛАЭС с помощью стационарной и переносной аппаратуры, которая дает наглядно увидеть и контролировать уровни газо-аэрозольной активности и мощность экспозиционной дозы фотонов;

- контроль мощности экспозиционной дозы фотонов, а также содержание радионуклидов в воздухе, почве, растительности и воде на территории промплощадки, СЗЗ и ЗН в период нормальной эксплуатации;

- методом отбора проб и с помощью стационарной аппаратуры проводить контроль выброса радионуклидов со сбросными водами ЛАЭС;

Службами «Северо-Западного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Северо-Западное УГМС») в 100-

км зоне вокруг ЛАЭС проводятся следующие виды радиационного мониторинга:

- тщательный мониторинг за радионуклидами, выброшенными в атмосферу, с помощью планшетов с суточной и недельной экспозициями;
- мониторинг за радиоактивным загрязнением воздуха с помощью фильтрующей установки, расположенной в Санкт-Петербурге;
- мониторинг за мощностью экспозиционной дозы фотонного излучения.

Такие отделы, как отдел радиационной безопасности и отдел химико-технологических исследований НИТИ на территории Института (СЗЗ) проводят экологический контроль по радиационным факторам (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Схема размещения постов автоматического радиационного контроля на площадке НИТИ

Производственный контроль и мониторинг окружающей среды осуществляются с использованием современных технических средств (Рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 - Виды производственного экологического контроля на Ленинградской АЭС

На рисунке 1.7 мы можем увидеть оборудование, которое применяют на постах контроля за радиационной обстановкой, интегрированное в составе автоматических станций мониторинга атмосферного воздуха.



Рисунок 1.7 – Оборудование на постах контроля

Наблюдательная сеть по контролю расположена в каждом районе на территории Санкт-Петербурга.

2. ПРИЧИНЫ ПОВЫШЕННОГО УРОВНЯ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ РАДИАЦИОННОГО РИСКА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

За счет целого ряда геологических и географических особенностей город Санкт-Петербург известен повышенным уровнем природных факторов радиационного риска. При этом особого рассмотрения заслуживают космические лучи, естественная радиация в почве и в строительных материалах, радон Rn-222, содержащийся в воздухе, воде, продуктах питания.

2.1. Геологические и географические причины повышенного радиационного фона в Санкт-Петербурге.

Санкт-Петербург расположен на стыке двух геологических структур, а именно – Балтийского щита и Русской платформы, которые в свою очередь имеют горные породы с высоким содержанием естественных радионуклидов. К таким относятся граниты (Балтийский щит), гнейс, кристаллические сланцы (Русская платформа) и другие плотные породы архейского и протерозойского возрастов. С ними связаны месторождения железных и медно-никелевых руд, апатитов, слюды, пегматита, строительного и отделочного камня [6]

Наиболее высокая концентрация урана свойственны изверженным(магматическим) породам, например, гранит. Высокие концентрации урана также могут быть приурочены к темноцветным сланцам, осадочным породам, содержащим фосфаты, а также метаморфическим породам, образовавшимся из этих отложений. Естественно, что и почвы, и обломочные отложения, образовавшиеся в результате переработки вышеназванных пород, также будут обогащены ураном.

К примеру, набережные река Нева, колонны дворцов и храмов, памятники из гранита или облицованные им создают около себя повышенный радиационный фон. Кроме того, люди, которые в летний период времени любят загорать у стен Петропавловской крепости, подвергаются суммарному воздействию радиации – из космоса и от гранита. И не стоит забывать, что

песок пляжей, в местах, предназначенных как для купания, так и нет, содержит радиоактивный торий.

Одним из самых результативных водоносных горизонтов является нижнекотлинский горизонт, широко общеизвестный под названием «гдовский». На его базе организовано водоснабжение курортной зоны Петербурга, населенных пунктов Карельского перешейка и побережья Финского залива. В центральной и западной частях Ленинградской области интенсивно эксплуатируется сильный ордовикский водоносный комплекс. Используемые минерализованные пластовые воды содержат высочайшие концентрации изотопов радия, стронция и бария. По данным радиохимических определений в артезианской воде гдовского горизонта находилось $(2 \pm 0,2)$ Бк/л Ra-226 и $(3,2 \pm 0,3)$ Бк/л Ra-228, а в водах межморенного горизонта концентрация Ra-226 была значительно ниже: от 0,04 до 0,13 Бк/л [18]. Повсеместно, при использовании вод гдовского водоносного горизонта, наблюдается загрязнение водопроводных коммуникаций продуктами распада радия. Опасность проявления указанного фактора возрастает с севера на юг – так, если в районе Сестрорецка – Репино на водозаборных сооружениях отмечается повышение фона до 40 – 50 мкрад/ч, то в районе п. Лебяжьего и г. Ломоносова – до 2000 мкрад/ч [6].

2.2. Космическое излучение

Нам известно, что космическое излучение на уровне моря в среднем практически постоянно для каждой широты, так как радиационный фон будет зависеть от концентрации естественных радионуклидов (к которым, в основном, относятся калий-40, и радиоактивные ряды, образуемые ураном-238 и торием-232) в пограничном слое подстилающей поверхности. На большей части Северо-Западного региона природный радиационный фон характеризуется низкими значениями мощности экспозиционной дозы гамма-излучения (МЭД ГИ) и незначительным содержанием радиоактивных элементов. На большей части Ленинградской области и других областей

региона (в основном над озерами, болотами, лесами и полями) значения МЭД ГИ колеблются от 5 – 7 мкР/ч до 10 – 12 мкР/ч [6]. Превышение значений МЭД ГИ – более 40 мкР/ч наблюдаются только в нескольких местах региона (Карельский перешеек, в южной части Ленинградской области - г. Тихвин, Бокситогорск (до 100 – 500 мкР/ч)).

Внешнее облучение, с учетом космического излучения, на большей части территории Санкт-Петербурга обуславливает дозу населения на уровне от 0,6 до 1,0 мЗв/год [7].

2.2. Радон

Природные источники ионизирующего излучения (ИИИ) за счет внешнего и внутреннего облучения создают более 2/3 суммарной дозы облучения населения Санкт-Петербурга.

Радон - наиболее редкий и самый тяжелый радиоактивный газ. Как мы уже отметили выше, он не имеет ни цвета, ни вкуса, ни запаха. Его плотность при 0 °С равна 9,81 кг/м³, т. е. почти в 8 раз больше плотности воздуха. За счет того, что выделяющийся из грунта радон разбавляется атмосферным воздухом, на улице его концентрация не так велика, но при этом в закрытых помещениях при определенных условиях она может существенно подняться и быстро накапливаться до существенных уровней. Основным источником попадания радона внутрь зданий являются залегающие под ними породы и грунты, содержащие уран или радий.

По словам Роспотребнадзора, Ленинградская область не относится к числу субъектов РФ с повышенным уровнем природного облучения населения. В регионе средняя доза облучения за счет природных источников составляет 3,31мЗв/год, что ниже уровня среднероссийского показателя (3,35мЗв/год). Но при этом, индивидуальную дозу облучения для жителей составляет 91%, а при вдыхании радона – 53,2%.

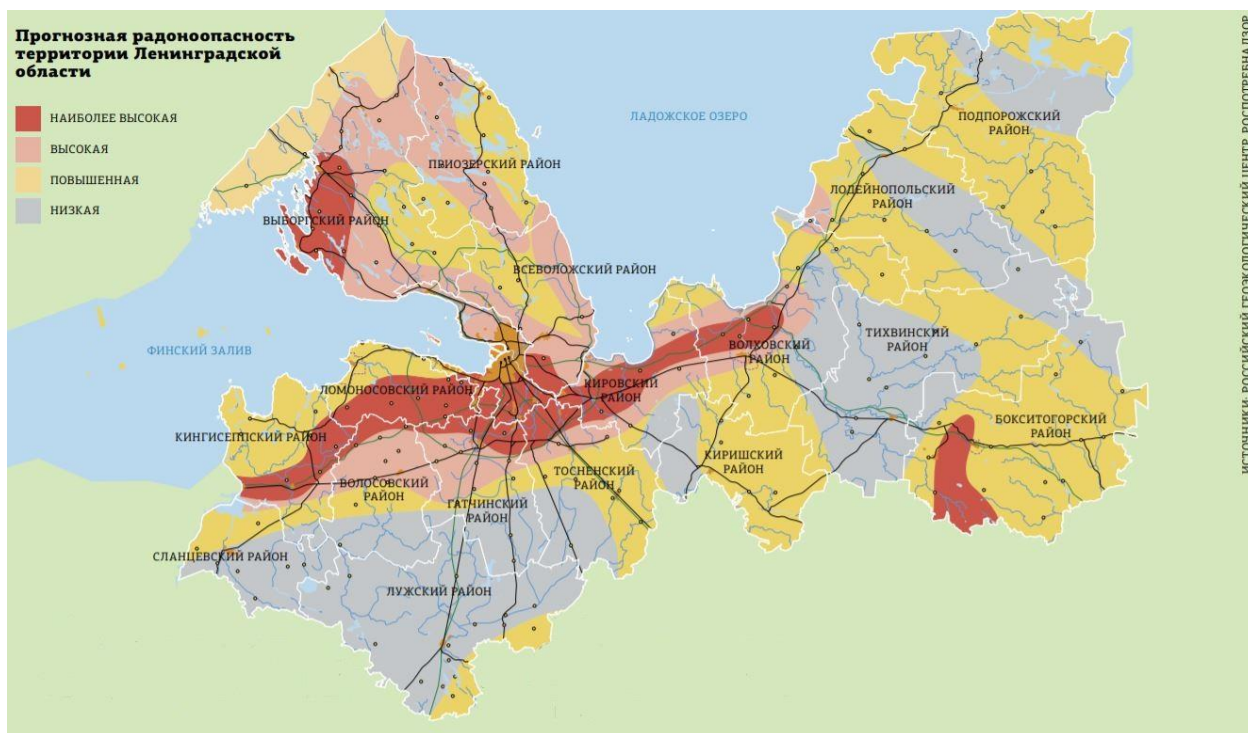


Рисунок 2.1 – Прогнозная радоноопасность территории Ленинградской области

Радон встречается как в почве, так и в воде, и в строительных материалах.

2.3.1 Радон в почве

В распространение радона вносит вклад дикинонемовые сланцы нижнего ордовика. Он протекает от г. Кингисепп на западе шириной от 3 до 30 км до р.Сясь на востоке, общая площадь которого составляет 3000 км^2 . На всем протяжении сланцы обогащены ураном, содержание которого варьирует в пределах от 0,01 % до 0,17 %, а суммарное количество урана составляет сотни тысяч тонн. В области Балтийско-Ладожского уступа сланцы выходят на дневную поверхность, а к югу погружаются на глубину до первых десятков метров. За счет данного геологического комплекса высокая радоновая опасность наблюдается в Красносельском и Пушкинском районах.

Основным источником поступления радона в воздух помещений является геологическое пространство под зданиями. Радон с легкостью

проникает внутрь помещений по проницаемым зонам земной коры. Если здание было построено с газопроницаемым полом, то это может увеличить поток радона, выходящего от земли до 10 раз за счет перепада давления воздуха в помещениях здания и атмосфере.

С 1996 года по настоящее время в Санкт-Петербурге реализуется Региональная целевая программа "Радон - Санкт-Петербург" (РЦП "Радон - Санкт-Петербург"). В течении этих лет была продолжена реализация двух этапов программы:

- продолжают выявлять радоноопасные территории и отдельные здания в городах Павловск, Пушкин и Красносельском районе;
- продолжается реализация мероприятий по защите от радона в жилищно-социальной сфере;
- пополнялась специализированная база данных.

Годы реализации программы позволили [8] провести районирование города по степени радоноопасности - (рисунок 2.2).

Рисунок 2.2 – Радоноопасность Санкт-Петербурга

- на радоноопасных территориях начать выполнение измерений объемной активности радона с целью определения критической группы зданий, результаты этой работы представлены в таблице 9 П.1.

Нужно отметить, что большая часть территории города находится вне радоноопасных зон, где население подвергается воздействию радона, проникающего в жилище из почвы.

2.3.2 Радон в строительных материалах

Радон в окружающую среду поступает не только за счет почвы с высоким содержанием радионуклидов, но также и за счет стройматериалов. Радон способен генерироваться при строительстве зданий, где был использован кирпич, предположим, изготовленный из глины, взятой из

карьера «Красный Бор», глины которого характеризуются повышенной радиоактивностью – от 150 до 300 Бк/кг. По всей территории Ленинградской области существует еще около 20 месторождений (карьеров) для добычи нерудных материалов (граниты, пески, глины, известняки): Каменногорское карьероуправление, «Возрождение», АО «Кампес», СЗРП «Ленинградский порт» и др. Значения удельной эффективной активности естественных радионуклидов ($A_{эфф}$ ЕРН), содержащихся в этих материалах (гранитный щебень различных фракций, отсеvy дробления), имеют значительный разброс и тоже характеризуются повышенной радиоактивностью (от 200 Бк/кг до 700 Бк/кг).

Большая часть коллективной дозы население получает за счет радона, который выделяется из строительных материалов в жилых помещениях. Так как в Санкт-Петербурге строительство зданий происходит на постоянной основе, в городе постоянно контролируется удельная активность стройматериалов. Критерии радиоактивности стройматериалов изложены в Нормативах радиационной безопасности НРБ-99/2009 и определяются контрольными уровнями удельной эффективной активности ($A_{эфф}$) естественных радионуклидов:

I класс: $A_{эфф}$ - 340 Бк/кг - для жилищного строительства;

II класс: $A_{эфф}$ - 740 Бк/кг - для дорожного строительства;

III класс: $A_{эфф}$ - 1480 Бк/кг - для дорожного строительства вне городов.

Строительные материалы с удельной эффективной активностью выше II класса в Санкт-Петербурге не встречались.

2.3.3 Радон в воде

Содержание радона в воде обуславливается контактами ее с породами повышенной радиоактивности, например, с черными сланцами или гранитами.

По результатам шведских ученых, более 60000 шведов ежедневно потребляют воду с содержанием радона выше 1000 Бк/л, в следствии чего приводит к 50 случаям заболеваний раком легких в год. Опасность высокой

концентрации радона связана с несколькими обстоятельствами. Одно из них – потребление воды с повышенной концентрацией радона и его продуктами распада. Следующее, значительная часть радона, используемая в бытовых целях попадает в воздух. Все это суммарно приводит к очень высокой концентрации радона для человека.

Опасность радона помимо вызываемых им функциональных нарушений (астматические приступы удушья, мигрень, головокружение, тошнота, депрессивное состояние и т.д.), заключается еще и в том, что вследствие внутреннего облучения легочной ткани он способен вызвать рак самих легких. Радон свободно растворяется в жирах и установлено, что радон накапливается в мозге человека - это приводит к заболеванию раком крови.

Доза 1 мЗв увеличивает риск онкологического заболевания со смертельным исходом на $7,5 \cdot 10^{-5}$. Таким образом доза 2,4 мЗв/год увеличивает риск на $1,8 \cdot 10^{-4}$ чел./год или в $12 \cdot 10^{-3}$ за 70 лет жизни.

На рисунке 2.3 представлено содержание урана в грунтовых водах Ленинградской области.



Рисунок 2.3 – Содержание урана в грунтовых водах Ленинградской области

2.3.4 Радон полезен для организма

Кроме негативного воздействия радона на организм человека, есть и лечебный эффект. По всему миру радоновые курорты завоевали всеобщую популярность. Применение радона в лечебных целях способствуют лечению нервной, сердечно-сосудистой систем, органов дыхания и пищеварения, опорно-двигательного аппарата, болезней обмена веществ. Радоновые воды используют в виде водных и грязевых ванн, воздушных ингаляций, для эманаторов. По величине концентрации радона выделяют воды (в Бк/л):

- очень слабо радоновые 185 - 740;
- слабо радоновые 740 - 1480;
- радоновые средней концентрации 1480 - 7400;
- высокорадонные > 7400.

В XIX веке непродолжительное время функционировал курорт на озере Лопухинка. Озеро по сей день поражает людей прозрачностью своих вод. Это связано с тем, что содержание в ней радона достигает 400 Бк/л. Из-за его содержания в воде отсутствуют планктоны и растения. Какое-то время в Лопухинке воду из озера использовали для лечения ревматизма. Больных укутывали простынями, смоченными водой из источников. Это давало положительные результаты.

На территории Ленинградской области, благодаря своим лечебным свойствам из-за небольшого количества радона, пользуются общей известности такие источники как: «Нарцисс» в Выборгском парке «Монрепо», родники в низовьях реки Сестры, возможно – Ропшинские источники. Но не стоит забывать, что постоянное использование их для питья может быть опасно для здоровья, так как продукты распада радона могут накапливаться в организме, а это чревато, прежде всего, лейкемией [9].

Такое разнообразное влияние радона обусловлено тем, что для того, чтобы радон стал опасен для человека, необходимо совпадение трех факторов:

1. Наличие в геологической среде повышенных количеств урана – радия – радона.
2. Существование путей переноса эманации.
3. Наличие замкнутого пространства, в котором бы находился человек и куда бы поступал радон.

3. ВКЛАД ТЕХНОГЕННОГО РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В РАДИАЦИОННУЮ ОБСТАНОВКУ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

3.1. Радиационная обстановка в России

Эффективная эквивалентная доза радиационного облучения для людей, проживающих в России, в среднем составляет примерно 4,2 мЗв в год, где 2,95 мЗв обусловлено естественным радиационным фоном, 1,25 мЗв – техногенными причинами. Среди техногенных причин приблизительно 96% приходится на медицинские источники, 2,4% - радионуклиды, попавшие в атмосферу после аварии на Чернобыльской АЭС, 1,6% на другие глобальные радиоактивные выпадения и 0,08% в связи с атомной энергетикой, которая в России довольно развита.

По всей территории России располагается 11 атомных электростанций с 37 энергоблоков суммарной установленной мощностью свыше 29,5 ГВт, а также небольшое количество исследовательских реакторов. Не стоит забывать, что помимо этого на атомных подлодках находится несколько сотен энергетических реакторов, которые снабжены боеприпасами с ядерными боеголовками и дислоцирующихся на четырех базах: двух на Северном флоте – на Кольском полуострове и двух на Тихоокеанском флоте – в Приморье и на Камчатке. Огромную потенциальную опасность представляют 60 атомных подводных лодок, выведенных из строя и оставшихся на плаву с активной зоной.

В настоящее время в России действует свыше 4 предприятий по производству ядерного топлива. Также 14 полигонов по захоронению радиоактивных отходов являются источниками возможной радиационной опасности. На всей территории России общее количество радиоактивных отходов составляет около 2,8 ГКи, в основном жидких отходов.

Радионуклиды по сей день широко применяются на территории России в научных исследованиях и производстве. Около 17000 учреждений активно используют радиоактивные вещества в своих исследованиях и предприятиях.

Приведенные выше средние значения доз никак не превышают предельную эквивалентную дозу, установленную Нормами радиационной безопасности 76/87 (НРБ-76/87) и равную 5 мЗв в год. Отсюда мы можем сделать вывод, что средние значения не отражают распределения индивидуальных доз, которые могут быть значительно выше средних доз, особенно для районов подвергшихся радиоактивным выбросам из-за аварий. Одним из примеров такого района является ряд населенных пунктов вблизи научно-производственного объединения «Маяк» (Челябинская область), которые подверглись радиоактивному загрязнению вследствие аварии в 1957 году и превратились в зону экологического бедствия в связи со сбросом большого количества радиоактивных отходов в реку Теча.

Огромный вклад в радиационную обстановку в стране оказала авария на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 года, в результате которой в атмосферу было выброшено огромное количество радионуклидов порядка 50 миллионов кюри и инертных газов с не менее сильной активностью. В Российской Федерации площадь загрязнений цезием-137 составила 60000 км² в 19 республиках и областях (с уровнем удельной активности более 1 Ки/км²) и 2440 км² в Брянской области с уровнем удельной активности более 15 Ки/км². К 1991 году в Украине, России и Белоруссии были составлены списки еще сотен населенных пунктов, подвергшихся воздействию чернобыльской радиации. Они включали в себя в зависимости от степени заражения: зону отчуждения, зону обязательного отселения, зону проживания с правом на отселение и зону с льготным экономическим статусом. Эти зоны охватывают все 6 областей Белоруссии, 10 областей Украины и 15 областей России. 15 мая 1991 года был принят Закон Российской Федерации «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС», который распространяется на «режим территорий и статус горожан на территории», подвергшейся радиоактивному загрязнению вследствие этой катастрофы. Начиная с 1991 года, среднегодовая эффективная эквивалентная доза облучения населения превышает 1 мЗв (0,1 бэр) и

плотность радиоактивного загрязнения почвы цезием-137 превышает 1 Ки/км² [11].

Основными причинами радиационного загрязнения на территории России явились испытания ядерного оружия на Новой Земле, авария на Уральском ядерном объекте «Маяк» и на Чернобыльской АЭС.

3.2. Влияние Ленинградской АЭС и других радиационно-опасных объектов на радиоэкологическую обстановку региона

Ленинградская АЭС (ЛАЭС) и другие ядерно- и радиационно-опасные объекты (ЯРОО) расположены в 80 км западнее г. Санкт-Петербурга на побережье Копорской губы Финского залива Балтийского моря. Наиболее крупные населенные пункты в районе расположения ЛАЭС: г. Сосновый Бор (65,1 тыс. человек) и поселок Лебяжье (5,4 тыс. человек).

Исторически одним из первых возникло Предприятие № 808, переименованное затем в Опытный завод НПО «Радиовый институт имени В.Г. Хлопина» (Сосновоборский филиал), ныне филиал ФГУП РосРАО. Решение о создании Предприятия № 808 было принято в соответствии с постановлением Совета Министров РСФСР от 25.05.1958 г. № 539/64с. Главной целью создания предприятия было обеспечение безопасного обращения с радиоактивными веществами и радиоактивными отходами, которые образовывались на предприятиях, в войсковых частях, учреждениях и организациях различных ведомств региона. Общий вид промышленной зоны показан на рисунке 3.1.

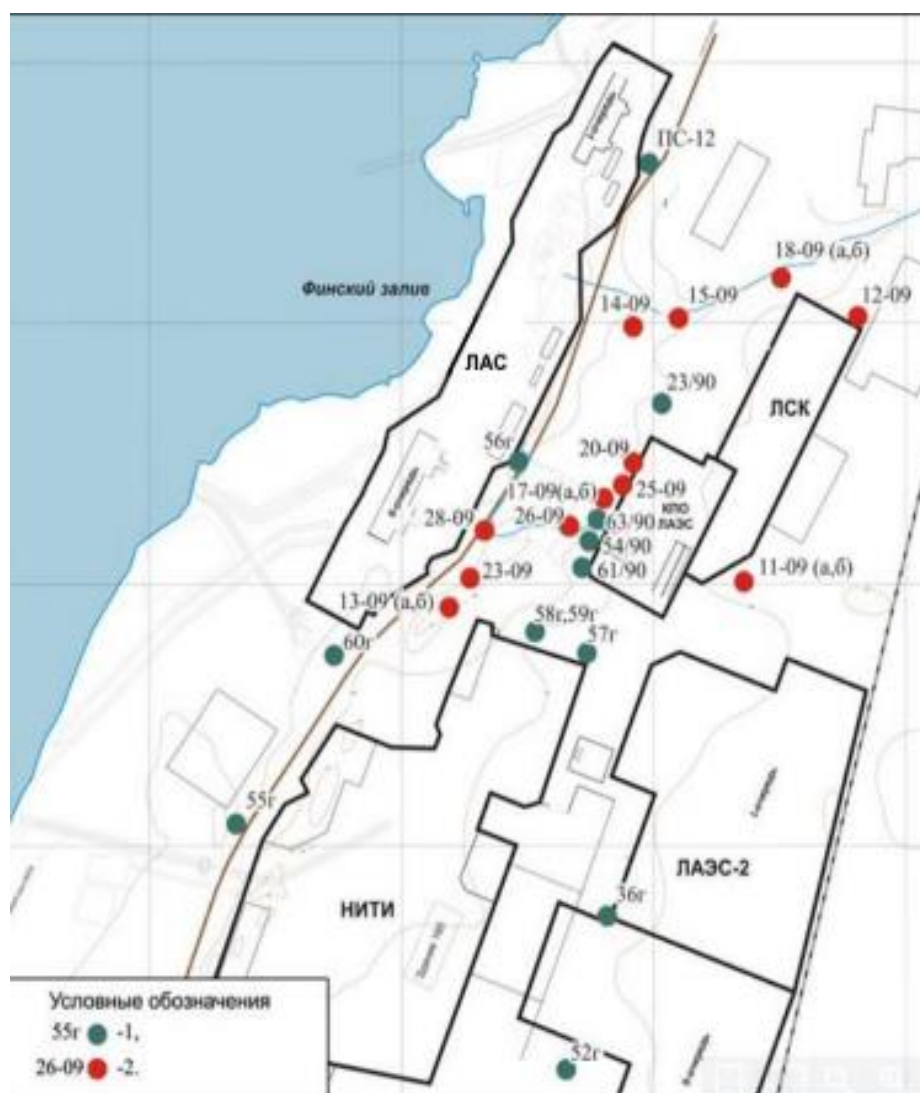


Рисунок 3.1 – Схема промышленной зоны рядом с г. Сосновый Бор, а также сети мониторинговых скважин между площадками предприятий. 1 – существующие скважины, 2 – вновь пробуренные скважины.

ЛАЭС – первая в России станция с РБМК-1000 (реактор большой мощности канальный). На атомной электростанции используются канальные реакторы кипящего типа с графитовым замедлителем и водяным теплоносителем. В июле 1967 года началась постройка Ленинградской АЭС, а первый блок с канальным уран-графитовым реактором РБМК был запущен 22 декабря 1973 года. По состоянию на настоящее время на Ленинградской АЭС эксплуатируются четыре энергоблока с реакторами РБМК-1000, введенными в эксплуатацию в 1973, 1975, 1979 и 1981 гг. Каждый энергоблок имеет

мощность 1000 МВт (эл.). Новый энергоблок ВВЭР-1200 введён в эксплуатацию в 2018 году. Старые блоки выводятся из эксплуатации.

Содержание техногенных радионуклидов в атмосфере обуславливается расположением ЛАЭС, и также выбросами с других предприятий, которые расположены в этом районе. Но огромного вклада в радиационный фон от предприятий не наблюдается. Несмотря на большой выброс радиоактивных веществ, например, Cs-137, вклад в формирование уровней загрязнения атмосферного воздуха санитарно-защитной зоны радиоактивными аэрозолями техногенного происхождения не превышает 1-2% относительно ЛАЭС. Cs-137, поднимающийся с мелким пылевым аэрозолем в сухую ветреную погоду сопоставим с выбросами предприятий. Данные о газоаэрозольных выбросах в атмосферу регламентируемых радионуклидов на ЛАЭС в динамике за период с 1977 г. по 2014 г. приведены на рисунках 3.2 – 3.6.

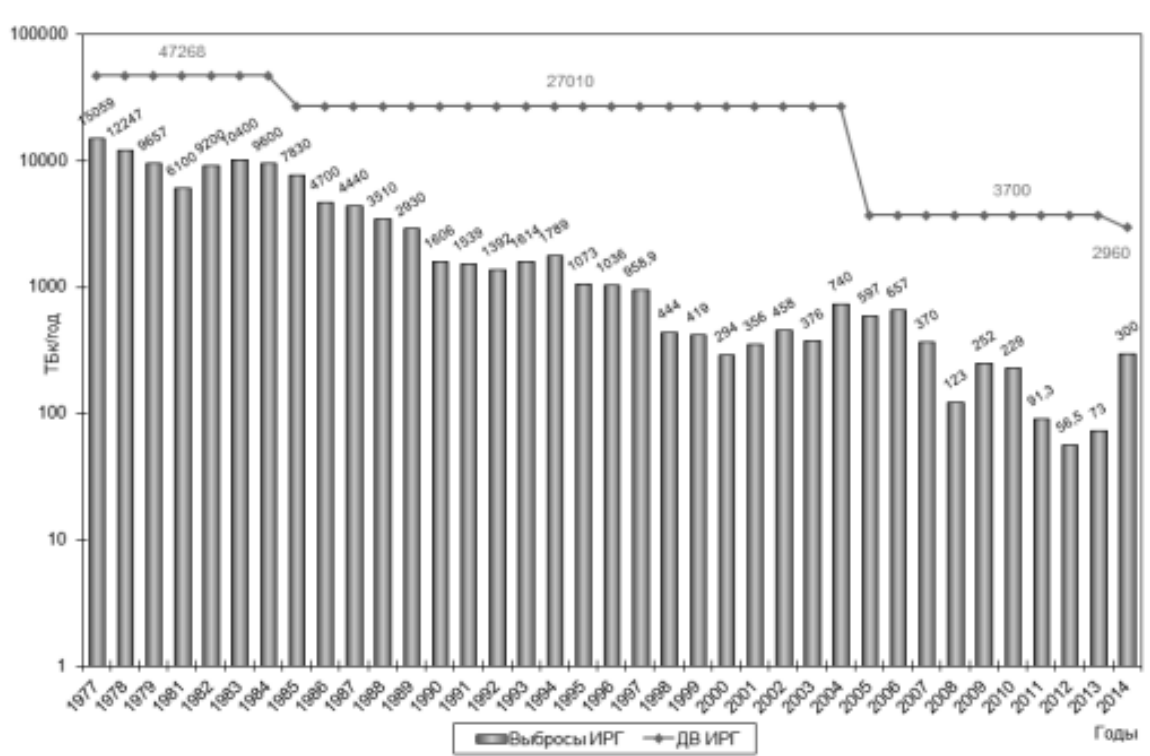


Рисунок 3.2 - Динамика годовых выбросов инертных радиоактивных газов (ИРГ) в атмосферу за период эксплуатации ЛАЭС 1977-2014 гг., Тбк/год. (допустимые выбросы — ДВ).

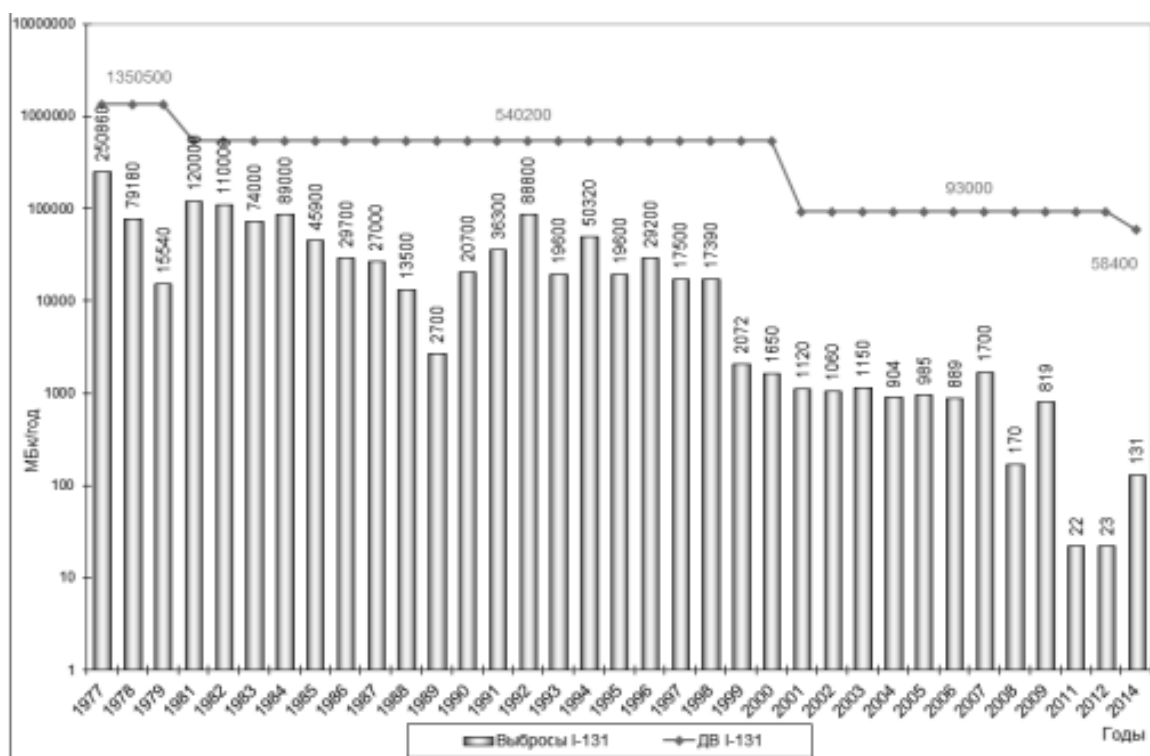


Рисунок 3.3 - Динамика годовых выбросов (ДВ - допустимые выбросы) йода I-131 в атмосферу за период эксплуатации ЛАЭС 1977-2014 гг., МБк/год

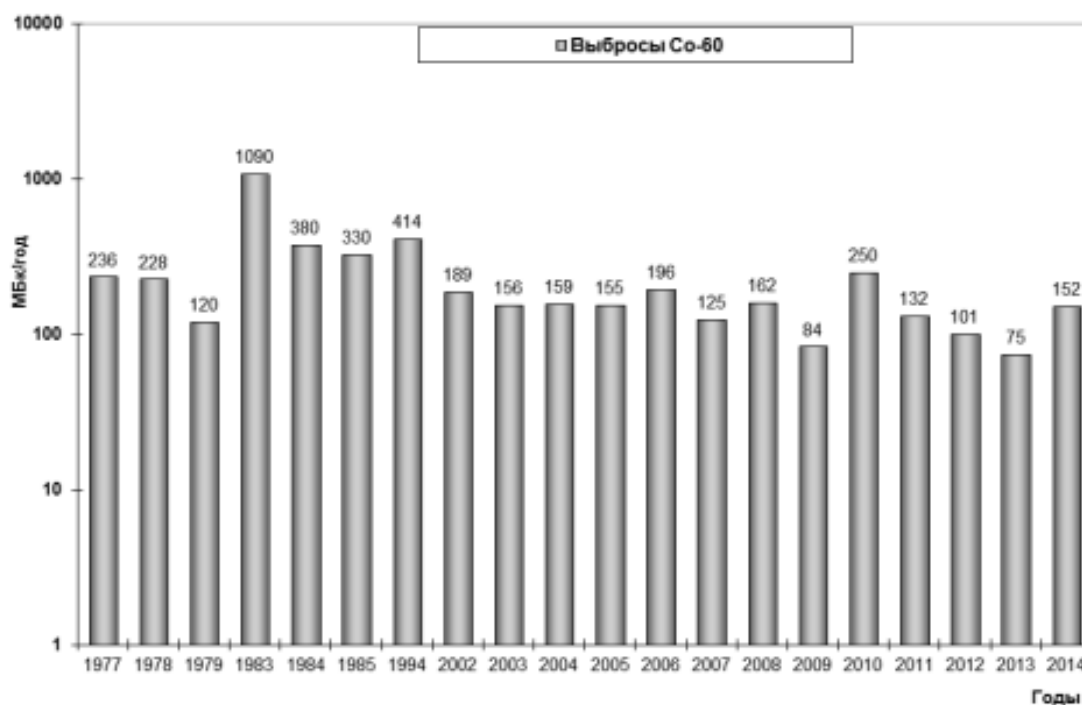


Рисунок 3.4 - Динамика годовых выбросов кобальта Co-60 в атмосферу за период эксплуатации ЛАЭС 1977-2014 гг., МБк/год

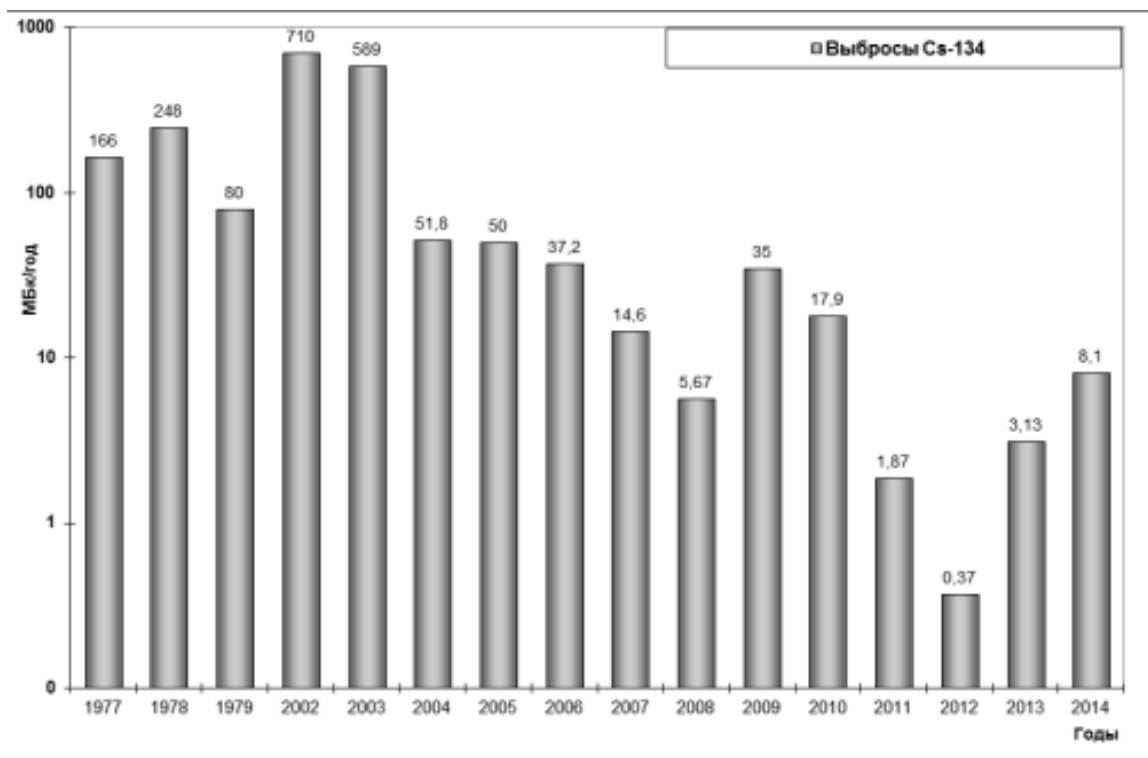


Рисунок 3.5- - Динамика годовых выбросов цезия Cs-134 в атмосферу за период эксплуатации ЛАЭС 1977-2014 гг., МБк/год

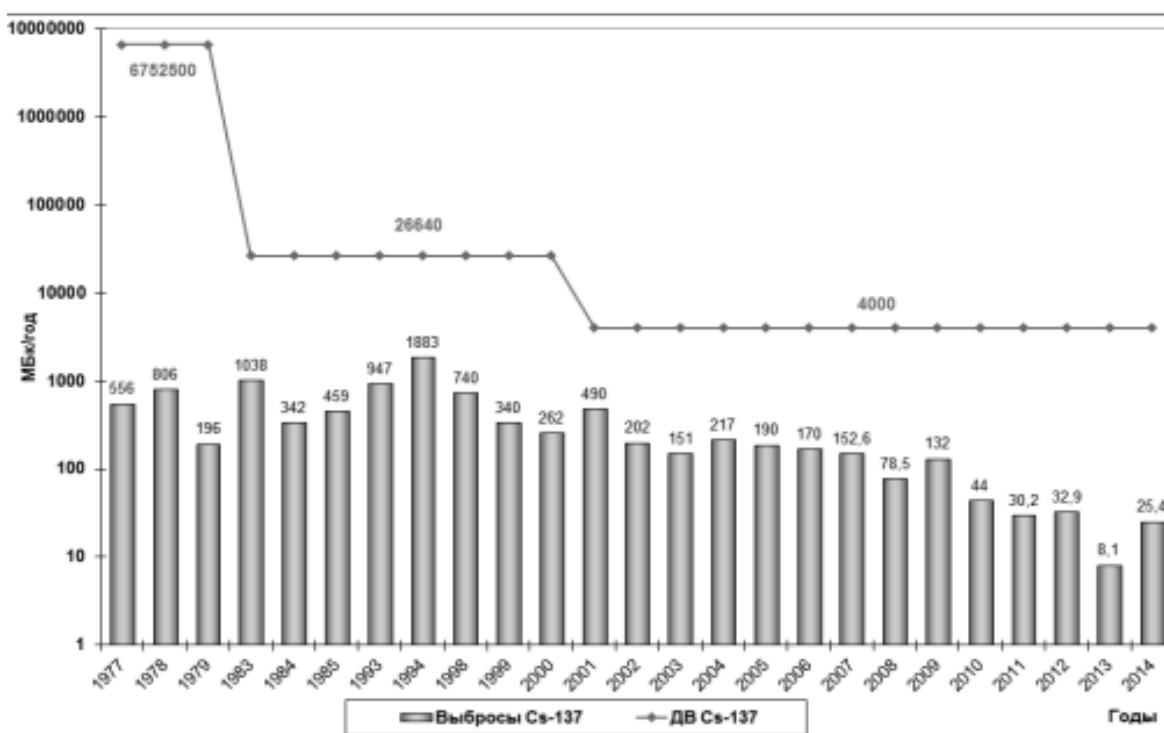


Рисунок 3.6 - Динамика годовых выбросов (допустимые выбросы - ДВ) цезия Cs-137 в атмосферу за период эксплуатации ЛАЭС 1977-2014 гг., МБк/год

Из рисунка 3.2 мы можем сделать вывод, что выбросы инертных газов с высокой радиоактивностью существенно ниже допустимых и при этом мы можем наблюдать снижение выбросов за последние 40 лет практически на два порядка величины. В конце 1975 года после аварии на Ленинградской атомной электростанции графит кладки был существенно загрязнен топливными элементами, что привело к существенному возрастанию выбросов ИРГ. В соответствии с этим Минздрав установил временные допустимые выбросы на уровне $1 \cdot 10^5$ ТБк/год. После этого выбросы, происходившие в тот год, были на уровне временно допустимых выбросов. Следует отметить, что консервативные расчеты дозовых нагрузок от выбросов ИРГ в период 1981-1985 гг. составляли для 1-ой очереди ЛАЭС примерно 20 мкЗв/год, а для 2-ой очереди - примерно 10 мкЗв/год.

Выбросы радионуклидов в атмосферу на предприятии Ленинградского отделения филиала «Северо-западный территориальный округ» ФГУП РосРАО ниже допустимых (таблица 3.1) и в среднем составляют, в Бк/год: Sr-90 - $2,3 \cdot 10^8$, Cs-137 - $1,1 \cdot 10^9$, Pb-210 - $7,0 \cdot 10^7$; Po-210 - $8,7 \cdot 10^6$; Pu-239 - $8,6 \cdot 10^6$, тритий - $3,4 \cdot 10^{12}$.

Таблица 3.1 - Выбросы радионуклидов в атмосферу Ленинградским филиалом СЗТО ФГУП РосРАО с 2010 по 2014 гг., Бк/год

Нуклид	Фактический выброс, Бк/год						
	2010г.	2011г.	2012г.	2013г.	2014г.	Среднее, Бк/год	Допустимые выбросы (ДВ)
H-3	-	-	$4,91 \cdot 10^{12}$	$4,28 \cdot 10^{12}$	$9,12 \cdot 10^{11}$	$3,37 \cdot 10^{12}$	$3,05 \cdot 10^{15}$
Sr-90	$3,84 \cdot 10^7$	$3,88 \cdot 10^7$	$3,72 \cdot 10^8$	$3,72 \cdot 10^8$	$3,44 \cdot 10^8$	$2,33 \cdot 10^8$	$5,25 \cdot 10^8$
Cs-137	$4,80 \cdot 10^7$	$4,85 \cdot 10^7$	$4,65 \cdot 10^8$	$4,30 \cdot 10^8$	$4,52 \cdot 10^9$	$1,10 \cdot 10^9$	$4,52 \cdot 10^9$
Pb-210	$9,60 \cdot 10^6$	$9,70 \cdot 10^6$	$9,30 \cdot 10^7$	$8,60 \cdot 10^7$	$1,50 \cdot 10^8$	$7,0 \cdot 10^7$	$8,37 \cdot 10^{11}$
Po-210	$1,10 \cdot 10^7$	$1,20 \cdot 10^7$	$1,05 \cdot 10^7$	$5,00 \cdot 10^6$	$4,75 \cdot 10^6$	$8,7 \cdot 10^6$	$5,78 \cdot 10^{10}$
Pu-239	$1,10 \cdot 10^7$	$1,20 \cdot 10^7$	$1,05 \cdot 10^7$	$5,00 \cdot 10^6$	$4,75 \cdot 10^6$	$8,6 \cdot 10^6$	$1,33 \cdot 10^9$

Поправки, регламентирующие предельно допустимые выбросы (ДВ) радионуклидов в атмосферу для Ленинградской АЭС в 2020 году, были утверждены приказом СЕМТУ по надзору за ЯРБ Ростехнадзора от 21.11.2018 №136. Для отдельных радионуклидов изменены значения ДВ, увеличено количество разрешенных к выбросу радиоактивных веществ и увеличено количество допустимых для выбрасывания. Теперь ранее действовавший допустимый выброс радиоактивных газов (ИРГ), установленный для суммарной активности радионуклидов, входящих в состав ИРГ, разделен на допустимые выбросы для каждого радионуклида. (таблица 3.2)

Таблица 3.2 - Динамика выбросов радионуклидов в атмосферный воздух на Ленинградской АЭС

Радионуклид	% от допустимого выброса	
	2019 год	2020 год
H-3	0,05	0,08
C-14	18,11	10,16
Ar-41	4,80	3,00
Kr-85m	0,11	0,15
Kr-87	0,31	0,56
Kr-88	1,09	2,00
Xe-133	0,28	0,36
Xe-135	0,17	0,27
Xe-135m	0,23	0,05
Xe-138	0,39	0,05
Na-24	0,0005	0,0003
Mn-54	0,01	0,01
Fe-59	0,0009	0,0004
Co-60	2,27	5,91
Zn-65	0,004	0,003
Zr-95	0,004	0,002
Cs-134	3,14	10,72
Cs-137	1,87	5,04
I-131	0,25	0,28

Для определения выбросов радиоактивных веществ в атмосферу на Ленинградской АЭС были проведены работы, направленные на управление ресурсными характеристиками графитовой кладки реакторной установки двух энергоблоков № 2 и №3 со вскрытием оборудования.

В течение 2020 года не было зафиксировано превышения установленных допустимых и контрольных уровней выбросов радиоактивных веществ на атомной станции (Рисунок 3.7). Гарантированная эффективность удаления излучаемых аэрозолей в течение года составляла почти 90%. Это соответствует СанПиН 2.6.1.24-03 «Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03).

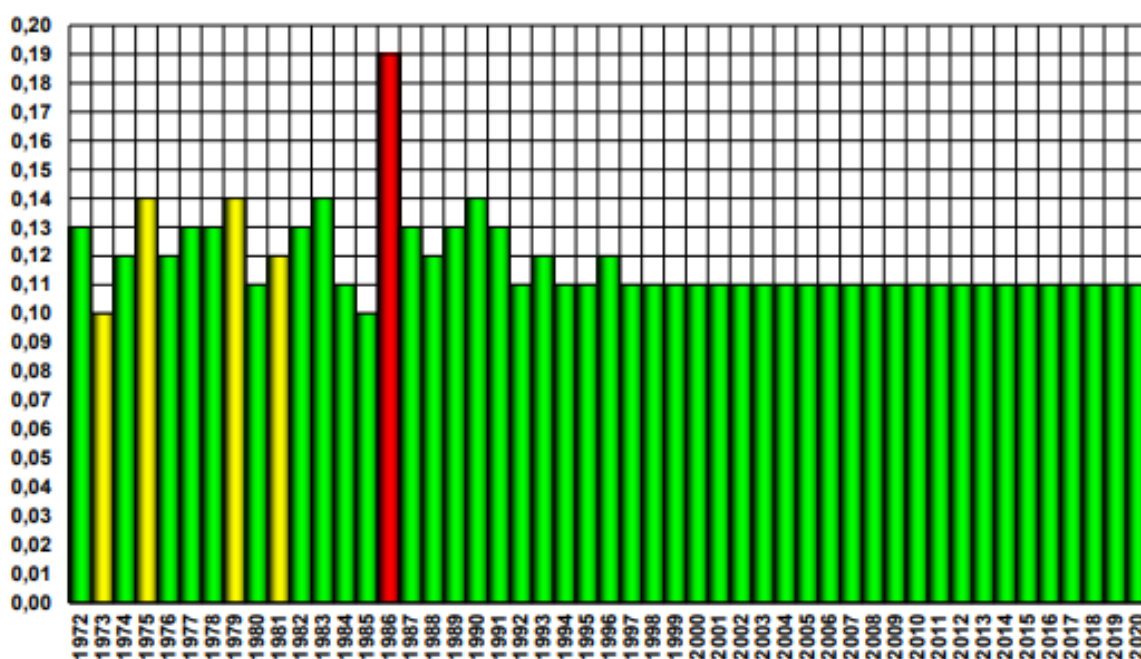


Рисунок 3.7 - Мощность дозы в районе расположения Ленинградской АЭС 1972-2020 гг., мкЗв/час

По данным, отображенным на рис. 3.7 мы можем смело сказать, что методы контроля высокочувствительны. Достаточно сравнить уровни регистрируемой концентрации Cs-137 в приземном воздухе с гигиеническим нормативом (27 Бк/м^3), разница более чем в миллион раз. И в целом в течение изучаемого периода времени концентрации Cs-137, Cs-134, Co-60, Cr-51 и Mn-54 в приземном воздухе зоны наблюдения были существенно ниже (в $10^6 \div$

108 раз) допустимых среднегодовых объемных активностей, регламентируемых НРБ-99/2009.

По выработанной технологии, чтобы не загрязнять атмосферу радиоактивными веществами и отходами, Ленинградское отделение не производит выбросов в окружающую среду. Загрязненные радиоактивные стоки направляются по сетям спецканализации на переработку, где переводятся в твердое состояние и хранятся как радиоактивные отходы [11].

Таблица 3.3 - Сбросы Ленинградского отделения филиала «Северо-западный территориальный округ» ФГУП РосРАО за 2013 и 2014 годы.

Нуклид	Разрешенный сброс, Бк	Фактический сброс, Бк	
		2013 г.	2014 г.
H-3	$2,4 \cdot 10^{13}$	$1,35 \cdot 10^{12}$	$4,5 \cdot 10^{11}$
$\Sigma\beta$	$1,2 \cdot 10^9$	$1,55 \cdot 10^8$	$7,5 \cdot 10^7$
$\Sigma\alpha$	$4,6 \cdot 10^7$	$2,43 \cdot 10^7$	$3,24 \cdot 10^7$

Также стоит отметить, что СЗТО ФГУП РосРАО выбрасывает радионуклид Cs-137 в атмосферу намного больше, нежели ЛАЭС, но, из-за того, что выброс низкий, то и рассеивание изотопа ограничивается промышленной зоной. Данные по выбросам находящегося в 6 км от г. Сосновый Бор федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский технологический институт имени А.П. Александрова» (ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова») приведены на таблице 3.4. Санитарно-защитная зона института совпадает с территорией промплощадки, а зона наблюдения составляет 20 км.

Таблица 3.4 - Состав и активность газо-аэрозольных выбросов ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» в 2013 г.

№			Фактический выброс
---	--	--	--------------------

	Наименование основных загрязняющих веществ	Разрешенный допустимый выброс, Бк	Бк	% от ДВ
1	Сумма ИРГ, включая:	$1,20 \cdot 10^{13}$	$7,81 \cdot 10^{11}$	6,52
	Ar-41	$1,84 \cdot 10^{12}$	$1,95 \cdot 10^{10}$	1,06
	Kr-85m	$1,07 \cdot 10^{11}$	$3,75 \cdot 10^{10}$	35,04
	Kr-87	$2,76 \cdot 10^{11}$	$7,26 \cdot 10^{10}$	26,32
	Kr-88	$1,23 \cdot 10^{11}$	$1,02 \cdot 10^{11}$	8,25
	Xe-133	$5,11 \cdot 10^{12}$	$2,61 \cdot 10^{11}$	5,10
	Xe-135	$3,42 \cdot 10^{12}$	$2,89 \cdot 10^{11}$	8,45
2	Cs-137	$1,74 \cdot 10^8$	$4,41 \cdot 10^5$	0,25
3	Sr-90	$5,92 \cdot 10^7$	$1,94 \cdot 10^5$	0,33

В данных, приведенных выше, мы можем наблюдать допустимый выброс (ДВ) для каждого нуклида. В методике, установленной ПДВ, а для АЭС - методика ПДВ АС-2013 четко говорится, что для каждого предприятия устанавливается предельно допустимый выброс радиоактивных веществ в атмосферный воздух. Именно поэтому в таблицах стоит указывать контрольный и предельно допустимый.

В отчете по экологической безопасности в обобщенном виде приведена и динамика газоаэрозольных выбросов (рисунок 3.9).

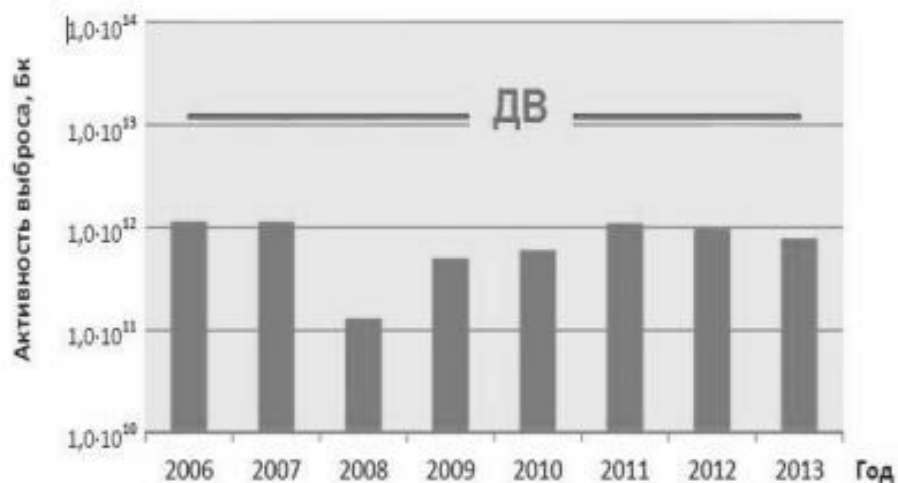


Рисунок 3.9 - Динамика газоаerosольных выбросов НИТИ им. А.П. Александрова

В отношении радиоактивных сбросов в Копорскую губу НИТИ в своем отчете по экологической безопасности предоставляет убедительные данные, что сбросная вода по содержанию техногенных радионуклидов никак не отличается от заборной воды. Это можно заметить на рисунке 3.10.

Объём сбросов сточных вод ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» за 2013 год в Копорскую губу Финского залива Балтийского моря составил 38596,98 тыс. м³. Допустимый объём сброса сточных вод 98271 тыс. м³/год. Величины сбросов по отдельным радионуклидам также, как и для выбросов, приведем из двух вышеназванных официальных источников. Количественные данные, приведенные в отчете НИТИ по экологической безопасности за 2013 г., представлены на рисунке 3.12 и таблице 3.5.

Из представленных данных видно, что при рассмотрении динамики на рисунке 3.12 радиоактивных сбросов НИТИ оперирует сбросом трития, активность которого на 4 и более порядка выше, чем активность других изотопов, которые присутствуют в сбросных водах. И разрешенный допустимый сброс также относится по существу к тритию, поскольку он в миллион раз выше ДС для других нуклидов [12].

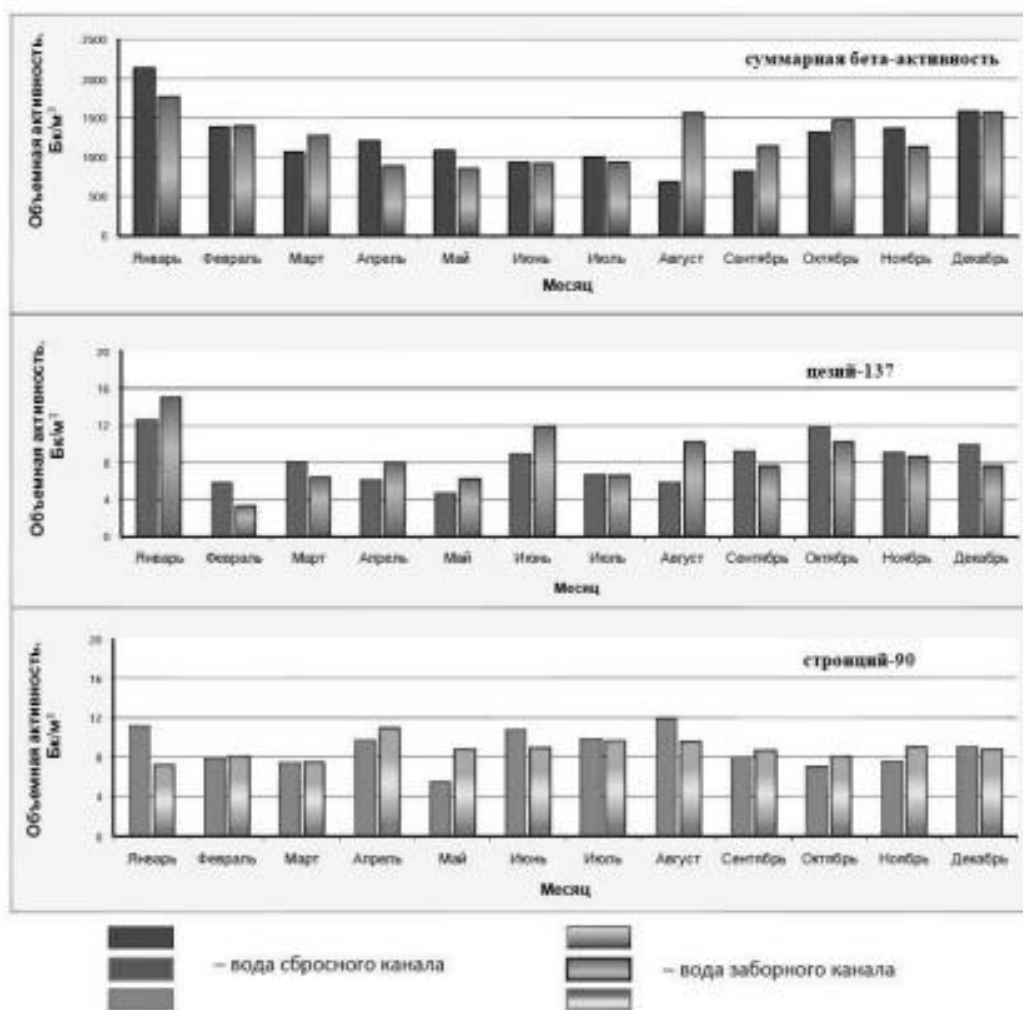


Диаграмма 6. Результаты контроля объемной активности нуклидов в водах сбросного и заборного каналов ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» в 2012 г.

Рисунок 3.10 - Содержание техногенных радионуклидов в заборной и сбросной воде в течение 2012 г.

Таблица 3.5 – Состав и активность радиоактивных сбросов в Копорскую губу в 2013 г.

№	Наименование основных загрязняющих веществ	Разрешенный допустимый выброс (ДС), Бк	Фактический выброс	
			Бк	% от ДС
1	Н-3	$2,4 \cdot 10^{12}$	$7,08 \cdot 10^5$	0,3
2	Со-60	$6,1 \cdot 10^6$	$1,63 \cdot 10^4$	0,3

3	Sr-90	$1,3 \cdot 10^6$	$3,04 \cdot 10^5$	23,4
4	Cs-134	$7,6 \cdot 10^5$	$3,57 \cdot 10^4$	4,7
5	Cs-137	$8,0 \cdot 10^6$	$3,04 \cdot 10^5$	38,0
	Сумма		$7,081 \cdot 10^9$	

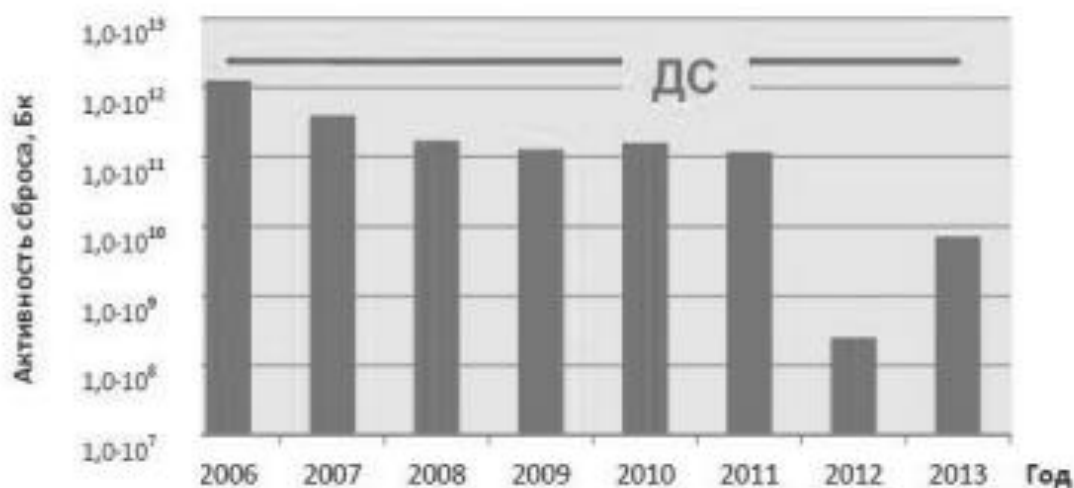


Рисунок 3.12 – Динамика активности радиоактивных годовых сбросов
НИТИ

3.2.1 Авария на Ленинградской АЭС

Авария на Ленинградской атомной электростанции произошла 30 ноября 1975 года. По некоторым данным, изначально факт аварии был засекречен как от жителей г. Сосновый Бор (где и произошла авария), так и от персонала.

Аварию на ЛАЭС часто сравнивают с аварией на Чернобыльской атомной электростанции. Авария 1975-го года на ЛАЭС по чисто внешним признакам очень похожа на Чернобыльскую 1986-го года. Точно также она произошла ночью, точно также в работе перед этим находился 1 турбогенератор, и мощность реактора была на уровне 50% от номинальной. Точно также перед аварией мощность (из-за ошибки оператора) провалилась до нуля, и точно также её стали сразу после этого поднимать. Но есть и

различия. На ЧАЭС авария произошла при остановке реактора на планово-предупредительный ремонт (ППР), а на ЛАЭС наоборот при выводе реактора после ППР на номинальную мощность. На ЧАЭС аварийный процесс начался на стационарном уровне мощности 200 МВт и протекал в считанные секунды, разрушив полностью весь реактор. Для разгона реактора операторам предстояло извлечь из него практически все стержни регулирования. И вывод на минимально контролируемый уровень мощности реактора превратился для старшего инженера управления реактором (СИУРа) в опасную и непростую задачу, запрещённую технологическим регламентом. Однако начальник смены и СИУР пошли на нарушение без колебаний. Они стремились компенсировать последствия ошибки оператора, поскольку главным в то время показателем был план по выработке электроэнергии. Простой реактора – потеря наработанных мегаватт-часов!

«В результате прекращения теплосъёма из технологического канала, разрушилась тепловыделяющая сборка (в реакторе РБМК-1000 такихборок 1693). – И продукты деления урана (Cs-137, Cs-134, Ce-144, Sr-90 и т.д.), трансурановые элементы (Pu-238, Pu-239, Am-241 и др.) оказались в графитовой кладке реактора. Аварийный выброс радиоактивности в атмосферу продолжался в течение месяца. По разным оценкам, в окружающую среду попало от 137 тысяч до 1,5 млн Ки радиоактивных веществ. Тонны жидких радиоактивных отходов были сброшены в Балтийское море». (Для сравнения: при Чернобыльской аварии в окружающую среду было выброшено 50 млн Ки) [9].

В результате выброса огромного количества радиоактивных веществ в атмосферу, радиационному облучению подверглись как жители региона, так и облучение было обнаружено в Финляндии и Швеции. [10]

Врачи – генетики отметили, что дети, родившиеся с аномалиями в 1976 году, связаны с аварией. Это одна из причин того, почему авария была засекречена.

3.3 Радиоактивное загрязнение воды Балтийского моря в районе расположения Ленинградской АЭС

3.3.1 Забор воды из водных источников

Ленинградская АЭС осуществляет забор воды из Копорской губы Финского залива Балтийского моря, рек Систа и Коваши и озера Копанского (таблица 3.6). Предприятие использует ресурсы водных объектов, как на производственные, так и на хозяйственно-бытовые нужды.

Лимиты для забора воды из природных источников не превышали объема, которые ранее установили для Ленинградской АЭС.

Табл.3.6 - Забор воды из водных источников в 2020 году, тыс. м³

Наименование водного объекта	Забрано или получено	Допустимый объем забора воды	Использование воды			Передано другим потребителям без использования
			всего	На XII нужды	На производственные нужды	
Финский залив	3 768 543,24	6 547 859,61	3 751 482,15	-	3 751 482,15	2 798,32
Река Систа	11 323,38	20 235,60	3 986,15	743,69	3 242,46	5 637,05
Река Коваши	-	2 794,44	-	-	-	-
Озеро Копанское	162,18	373,75	162,18	122,18	40,00	-
ВСЕГО	3 780 028,80	6 571 263,40	3 755 630,48	865,87	3 754 764,61	9 435,37

Количество забираемой морской воды в 2020 году составило 3768543,24 тыс.м³. Безвозвратные потери башенных испарительных градирен блоков № 1 и № 2 ВВЭР-1 200 в 2020 году составили 13262,77 тыс. м³.

Количество пресной воды в 2020 году составило 11485,56 тыс. м³, из них использовано на собственные хозяйственно-питьевые и производственные нужды - 3146 тысяч кубов; передано другим потребителям приготовленной питьевой воды - 5637,05 тыс. тонн; остальное количество потерь произошло при транспортировке жидкости. После транспортировки безвозвратные

потери составили 1700,18 тыс. м³. - это почти на 50000 кубических метров больше показателя 2019 года. С 2019 года (11393,92 тыс.м³.) потребление пресной воды осталось практически на прежнем уровне. Другие потребители получили 0,005% от объема морской воды и 49,08 % подготовленной воды питьевого качества.

3.3.2 Сбросы в открытую гидрографическую сеть

В настоящее время на предприятии работает производственная, хозяйственно-бытовая, а также специальная канализационные системы. Сброс дренажных и поверхностно-ливневых вод с площадки строящихся энергоблоков ВВЭР-1200 осуществляется в сбросной канал ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова».

Ленинградская АЭС имеет одиннадцать выпусков сточных вод в водные объекты (рис.3.121). Водоотведение производственно-ливневых вод с основной производственной площадки предприятия осуществляется через семь выпусков в Копорскую губу Финского залива, бассейн Балтийского моря. Водоотведение производственно-ливневых вод после механической очистки на иловых полях с площадки ФОС-2, 3 осуществляется в реку Систа, с площадок ФОС-1 и комплекса зданий АСКРО - в реку Коваши. Водоотведение хозяйственно-бытовых и производственно-ливневых вод после очистки на канализационных очистных сооружениях с площадки СП «Копанское» осуществляется в реку Пейпия. В 2020 году объемы сброса сточных вод в природные водоемы не превышали установленных лимитов (таблица 3.7, рисунок 3.13).



Рисунок 3.13 - Динамика фактических объемов водоотведения в водные объекты в 2016 - 2020 гг., млн. м³/год

3.3.3 Сбросы вредных химических веществ

В 2020 году суммарный сброс химических веществ составил 90048 т. Его увеличение по сравнению с предшествующим периодом связано с тем, что произошло поступление 200 упаренных морских вод градиен (продувка) в Копорскую губу Финского залива от блоков № 1 и №2 ВЭЭР-1. В таблицах 3.8 и 3.9 представлена характеристика сбрасываемых сточных вод и данные о сбросах основных загрязняющих веществ.

Таблица 3.8 - Характеристика сбрасываемых сточных вод в 2020 году

№	Наименование приемника сточных вод	Наименование показателя	Установленный сброс, т	Фактический сброс в 2020 году	
				т	% от нормы
1	Финский залив	Сухой остаток	23 584 303,090	6 436,059	0,027
		БПК полное	13 454,467	313,771	2,332
		ХПК	213 161,185	17 504,417	8,212
2	Р. Пейпия	Сухой остаток	35,438	35,438	100
		БПК полное	0,344	0,344	100
		ХПК	7,478	7,478	100
3	Р. Систа	Сухой остаток	2,297	2,297	100
		БПК полное	0,021	0,021	100
		ХПК	0,196	0,196	100

4	Р. Коваши	Сухой остаток	11,837	11,837	100
		БПК полное	0,024	0,024	100
		ХПК	0,18	0,18	100

Таблица 3.9 - Сбросы основных вредных химических веществ в 2020 г.

№	Наименование приемника сточных вод	Наименование ВХВ	Установленный сброс, т	Фактический сброс в 2020 г.	
				т	% от нормы
1	Финский залив	Взвешенные вещества	17 443,284	2619,093	15,015
		Аммоний-ион	2 221,852	12,355	0,556
		Сульфаты	1 766 096,706	63076,671	3,572
		Железа общее	3 305,254	11,785	0,357
		Нефтепродукты	163,953	11,697	7,134
		Итого по вышеперечисленным позициям		65731,601	X
2	Р. Пейпия	Взвешенные вещества	1,036	1,036	100
		Азот аммонийный	0,209	0,209	100
		Нитрат-анион	0,244	0,244	100
		Сульфаты	1,972	1,972	100
		Железо общее	0,225	0,225	100
		Нефтепродукты	0,005	0,005	100
		Итого по вышеперечисленным позициям		3,691	X
3	Р. Коваши	Взвешенные вещества	0,02	0,02	100
		Азот аммонийный	0,002	0,002	100
		Сульфаты	0,134	0,134	100
		Железо общее	0,008	0,008	100
		Нефтепродукты	0,0001	0,0001	100
		Итого по вышеперечисленным позициям		0,164	X
4	Р. Систа	Азот аммонийный	0,004	0,004	100
		Сульфаты	0,449	0,449	100
		Железо общее	0,004	0,004	100
		Нефтепродукты	0,001	0,001	100
		Итого по вышеперечисленным позициям		0,593	X

3.3.4 Сбросы радионуклидов

На Ленинградской АЭС сброс радионуклидов в поверхностные водные объекты осуществляется за счет отвода в Копорскую губу Финского залива дебалансных вод основного производственного процесса после их очистки и специально оформленного разрешения на сброс. Сброс дебалансных вод в Копорскую губу Финского залива в 2017 году не осуществлялся. До 2018 года сброс дебалансных вод происходил только по выпуску № 11 от энергоблоков РБМК-1 000. Начиная с 2018 года производится сброс дебалансных вод по выпуску № 6а от энергоблоков ВВЭР-1 200. Динамика сброса радионуклидов за последние пять лет представлена в таблице 3.10[11]

Таблица 3.10 - Динамика сбросов радионуклидов с дебалансными водами в водные объекты

Год		2016	2017	2018	2019	2020
Энергоблок №1-№4 (РБМК-1000)	Объем сброса, м ³	4550	0	8550	18850	16650
	Суммарный индекс сброса	1,04	0	$1,22 \cdot 10^{-3}$	$2,69 \cdot 10^{-3}$	$2,31 \cdot 10^{-3}$
Энергоблок №5 (ВВЭР-1200)	Объем сброса, м ³	-	-	31620	66799	80297
	Суммарный индекс сброса	-	-	$2,04 \cdot 10^{-2}$	$4,80 \cdot 10^{-2}$	$7,36 \cdot 10^{-2}$

3.4 Чернобыльский «след» в Ленинградской области

Авария на Чернобыльской АЭС по сей день является для нашего региона одной из главных проблем радиационного повышенного фона. Насчитывается около 37 участков в Ленинградской области, которые стремительно излучают радиацию. Около 70% из этих радиоактивных очагов приходятся на Гатчину и Сосновый Бор. Наибольшему радиационному воздействию в ходе аварии подверглись территории, находящиеся южнее Финского залива. Радиоактивные выпадения с наибольшим содержанием цезия-137 и цезия-134 выпали в Кингисеппском, Волосовском, Лужском, Гатчинском и Ломоносовском районах.

На рисунке 3.14 мы можем наблюдать Чернобыльский «след», площадь которого составила 5711 км^2 , где после экспертизы 210 проб было установлено, что изотопами цезия оказалось поражено около 706 км^2 , при этом его удельная активность составляет 116 Бк/кг , удельная активность калия в почвах с заражённых территорий в среднем равняется 469 Бк/кг , урана — $17,5 \text{ Бк/кг}$, тория — $31,7 \text{ Бк/кг}$. Но экологическая ситуация в западных районах области не столь критична, как может показаться на первый взгляд. Из 210 проб только 6 показали аномальное превышение нормы содержания цезия-137 в почве (от 500 до 1000 Бк/кг), что свидетельствует о том, что серьезной опасности для жизни и здоровья нет.

Спустя некоторое время, в 2008 году подтвердились результаты радиационно-гигиенического мониторинга по оценке экологической ситуации в районах Ленинградской области, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС. Анализ проводился на грибах, а не на почве, как ранее, так как грибы имеют свойство накапливать тяжелые металлы и радиоактивные вещества из почвы. Исследователи-экологи выяснили, что превышение уровня радионуклидов было всего на 1,4%. Содержание цезия-137 в грибах с радиоактивных зон Кингисеппского района было в два раза выше нормы. Самые большие значения удельной активности цезия-137 были зафиксированы в посёлках Кайболово (около 547 Бк/кг) и Тарайка (1390 Бк/кг). Таким образом, ученые сделали вывод, что Чернобыльские последствия по сей день оказывают на нас некоторое воздействие, но они не являются причинами для паники населения [14-15].

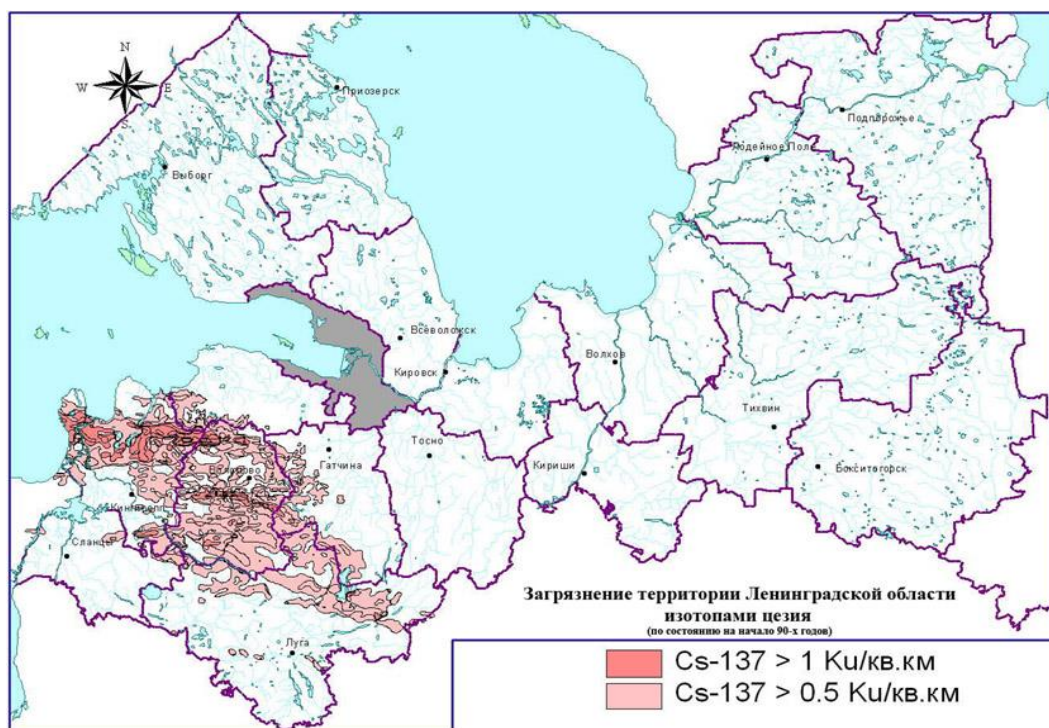


Рисунок 3.14 – Карта загрязнения территории Ленинградской области изотопами цезия после аварии на Чернобыльской АЭС (по состоянию на начало 1990-х годов)

4 АНАЛИЗ МОНИТОРИНГА

4.1. Мониторинг радиационной обстановки на прилегающих территориях

4.1.1 Воздушная среда

Результаты статистической обработки данных многолетнего радиационного мониторинга концентрации радионуклидов в приземном воздухе в регионе расположения ЛАЭС представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Результаты статистической обработки данных многолетнего радиационного мониторинга приземного воздуха в зоне наблюдения ЛАЭС

Нуклид	Среднее значение, мкБк/м ³	Доверительный интервал, мкБк/м ³	Допустимая среднегодовая объемная активность, ДОО _{нас} , мкБк/м ³
Cs-137	5,7	2,4÷28*	27
Cs-137**	3,4	0,1÷26*	19
Co-60	8,0	2,2÷26	11
Mn-54	7,8	0,3÷60	72

*) максимальные значения наблюдались в 2011 г. и связаны с аварией на японской АЭС;

**) с 2012 г. перестали регистрировать.

Также на рисунке 4.1 мы можем наблюдать динамику концентрации Cs-137 в приземном воздухе атмосферы в санитарно-защитной зоне ЛАЭС и в зоне наблюдения с 2001 по 2014 год.

На рисунке 4.1 мы можем наблюдать пик выброса в 2011 году, который связан с произошедшей аварией на японской АЭС «Фукусима-Дайичи» и радиоактивным облаком, пришедшем со стороны Западной Европы. Кроме того, пиковые значения концентрации в период прохождения облака над

точками контроля составлял сотни мкБк/м³, что в десятки раз выше уровня глобального загрязнения атмосферы.

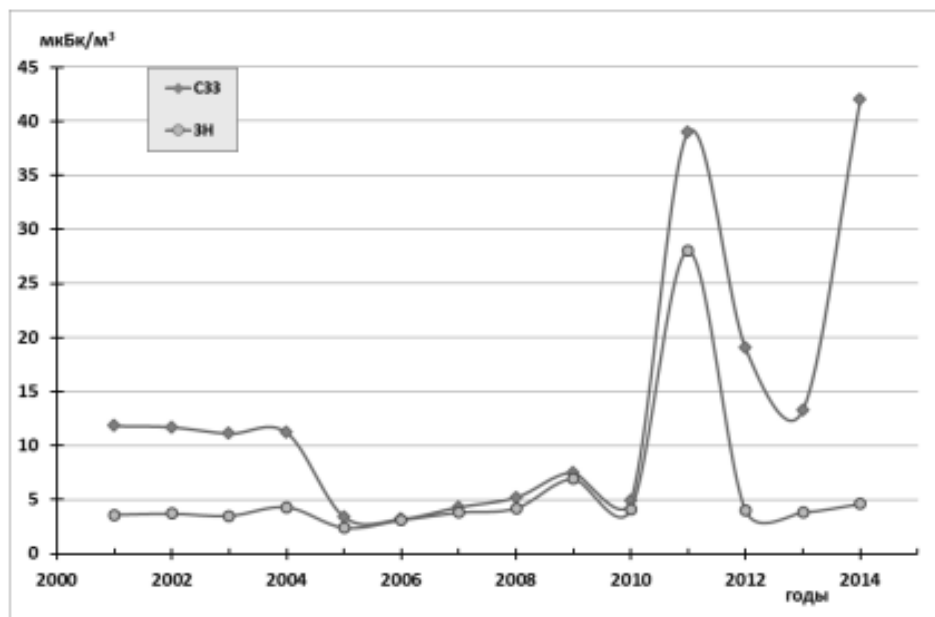


Рисунок 4.1 - Концентрация Cs-137 в приземном воздухе санитарно-защитной зоны ЛАЭС и в зоне наблюдения

Также стоит отметить, что авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г. привела к увеличению γ -фона почти в 2 раза по сравнению с 1895г., с 10 до 19 мкЗв/час. Однако уже в 1987 г. эта доза уменьшилась до 13 мкЗв/час. Изменение можно наглядно увидеть на рисунке 3.7.

Несомненно, важно знать количественное представление об уровнях содержания техногенных радионуклидов в объектах, чтобы сделать качественный анализ радиационно-экологической обстановки. Среди основных аккумуляторов биологически значимых радионуклидов находятся почва и донные отложения поверхностных водоемов.

Уровни техногенного загрязнения почвенного покрова выражают либо в концентрации радионуклидов в почве, либо в плотности загрязнения поверхностного слоя почвы. Последняя величина более часто используется для характеристики уровней воздействия.

На рисунке 4.2 приведены данные по плотности загрязнения почвы Cs-137 из Ежегодников Росгидромета за 2002-2014 гг. [16].

Стоит отметить, что загрязнение почвенного покрова Cs-137 в последующие годы стабилизировалось на уровне в 2 кБк/м², где большую часть Cs-137 можно отнести к чернобыльским выпадениям в 1986 году. Уровень выпадений этого нуклида в некоторых районах Балтийского моря, где проводился регулярный мониторинг радиационной обстановки, отражают данные таблицы 4.2 [17]. Траектория движения этого облака после выхода за границы СССР прошла над территорией Швеции, затем Финляндии и частично вернулась на северо-запад РСФСР.

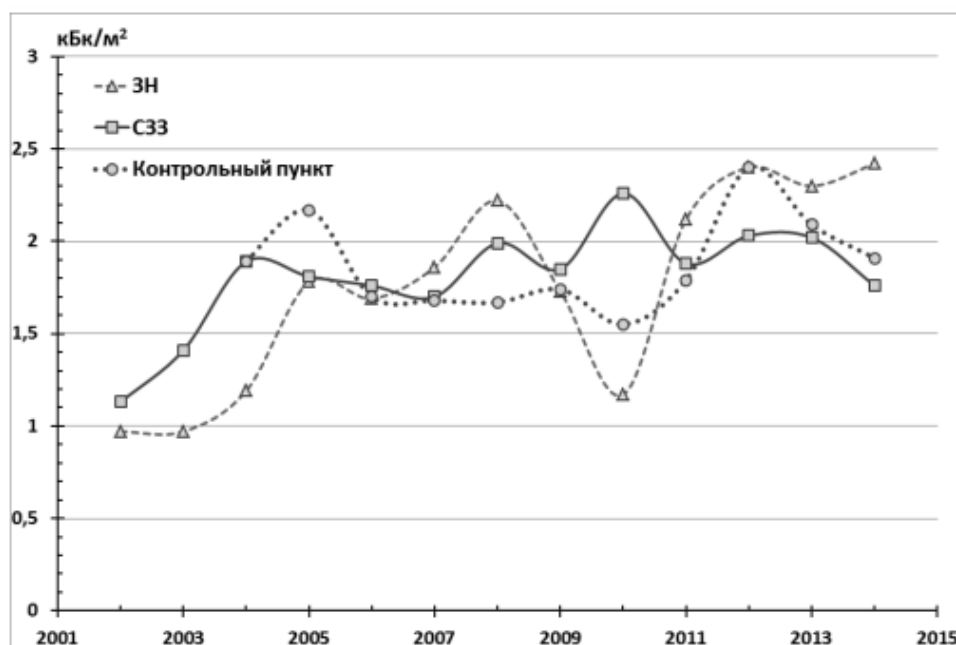


Рисунок 4.2 - Динамика плотности загрязнения почвенного покрова Cs-137 в районе расположения ЛАЭС

Таблица 4.2 - Динамика атмосферных выпадений цезия-137 в некоторых районах побережья Балтийского моря в 1986 году, Бк/м² в месяц

Месяц наблюдений	Сосновый Бор	«Ловиса»	«Олкильото»
апрель	4600	6000	10000
май	3870	14000	4900
июнь	390	550	180
июль	190	300	140
август	60	110	15
сентябрь	43	840	36
октябрь	32	57	12

ноябрь	40	31	21
декабрь	52	82	28
Сумма за год	9277	21970	15332

Проанализировав данные таблицы 4.2 можно сделать вывод, что, после прохождения радиоактивного облака после аварии на ЧАЭС над Финляндией, радиоактивность атмосферных выпадений уменьшилась, а вблизи ЛАЭС выпадения Cs-137 на апрель – декабрь 1986г. составили примерно 9 кБк/м². Более того, часть цезия распалась, часть была вымыта в более глубокие слои песчаной почвы, но большая часть наблюдаемого цезия в значительной мере подтверждает концентрация этого нуклида в донных отложениях Финского залива. (рисунок 4.3)

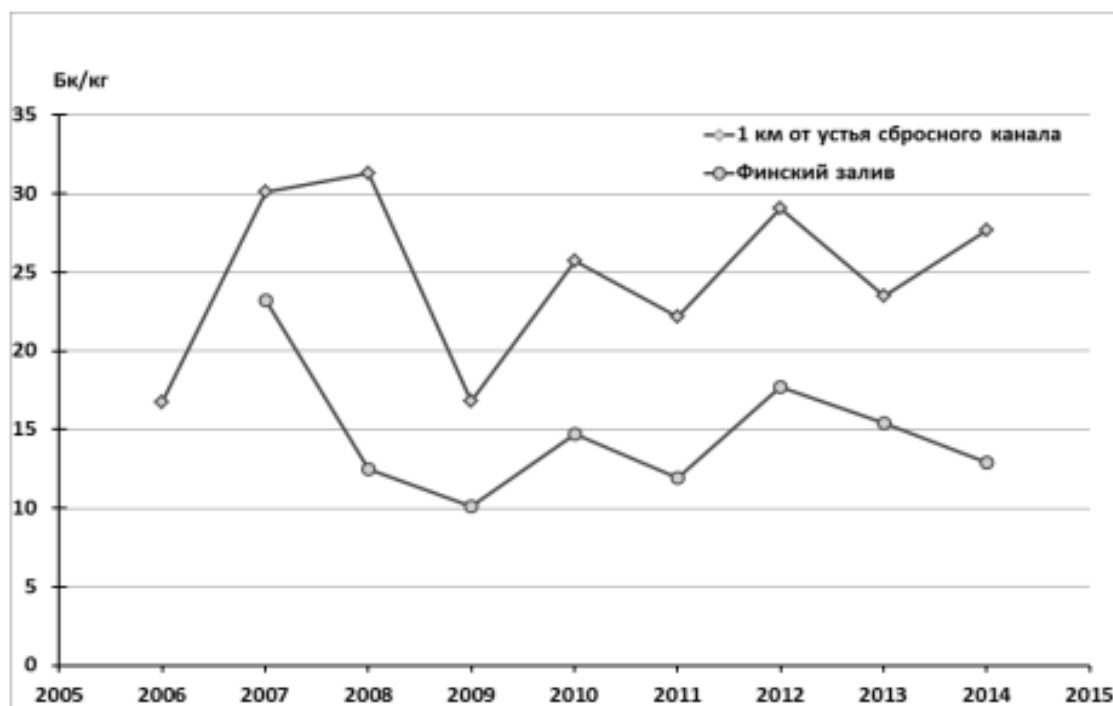


Рисунок 4.3 - Содержание Cs-137 в донных отложениях Финского залива за различные годы в районе расположения г. Сосновый Бор

Для воды, пораженной радиационными вещества в регионе вблизи ЛАЭС периодически проводится контроль в сбросном и подводящем каналах станции: реках Сиса и Коваши, что являются резервным и основным источником хозяйственно – питьевого водоснабжения, а также в озере Бабинское – контрольный водоем.

В таблице 4.3 представлены результаты статистического анализа данных многолетнего радиационного мониторинга воды рек Систа, Коваши (зона наблюдения – ЗН) и озера Бабинское (контрольный пункт – КП).

Таблица 4.3 - Результаты статистической обработки данных радиационного мониторинга активности Cs-137 в воде

Место отбора	Среднее значение, мкБк/м ³	Доверительный интервал, мкБк/м ³
ЗН	36	33-40
КП	34	28-40

Содержание Cs-137 в воде в зоне наблюдения находилось на уровне содержания данного радионуклида в контрольном пункте. Но для данного региона концентрация Cs-137 была выше в 2 – 3 раза уровня поверхностных водоемов, находящихся в Европейской части страны, которые не были задеты Чернобыльской аварией. Это следует из того, что авария на ЧАЭС не обошла регион стороной. Экспертная оценка уровней загрязнения воды рек Систа, Коваши Cs-137 на 01 мая 1986 г. дает величину пиковых значений в районе 30-50 кБк/м³, что в 1000 и более раз выше уровня нашего времени. Пиковые значения того времени сопоставимы с уровнем вмешательства, т.е. они не представляли непосредственной опасности для здоровья человека. [4] [13]

Результаты многолетнего радиационного мониторинга по содержанию радионуклидов техногенного происхождения в различных компонентах окружающей среды в регионе расположения ЛАЭС и других предприятий Росатома находят отражение в ежегодниках Росгидромета, в санитарно-гигиенических паспортах территорий и отчетах по экологической безопасности.

4.2 Радиационно-гигиенический паспорт территории

Радиационная обстановка для любого региона оценивается путем проведения радиационно-гигиенической паспортизации, которая является

государственной системой оценки показателей радиационной обстановки, влияния на человека основных (техногенных, природных и медицинских) источников ионизирующего излучения и направлена на обеспечение радиационной безопасности населения в зависимости от состояния среды обитания и условий жизнедеятельности, сопряженной с другими системами наблюдения и контроля за радиационной обстановкой. Ведение радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий в Российской Федерации основано на единых методологических принципах, направленных на охрану здоровья населения и снижение отрицательного воздействия ионизирующего излучения

Как правило, радиационно-гигиенический паспорт Санкт-Петербурга включает в себя такие аспекты как: данные всех радиационно-гигиенических паспортов организаций, находящихся на территории г. Санкт-Петербург, которые используют в своей работе источники ионизирующего излучения (ИИИ), также результаты социально-гигиенического мониторинга с показателями радиационной безопасности для жителей данного региона и сведения Региональных банков данных Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации (РБД ЕСКИД), ведение которых обеспечивается Управлением Роспотребнадзора по городу Санкт-Петербург.

На основании проведенной перекрестной верификации данных радиационно-гигиенического паспорта, РБД ЕСКИД и результатов исследований объектов окружающей среды, получаемых в рамках социально-гигиенического мониторинга, качество представленной в паспорте информации можно оценить, как удовлетворительное.

Для того, чтобы наглядно увидеть изменения или стабильное состояние радиационного фона, я приведу несколько данных, полученных при измерениях на постах.

4.2.1 Радиационно-гигиенический паспорт территории по состоянию на 2012 год

4.2.1.1. Характеристика радиоактивного загрязнения окружающей среды

Таблица 4.4.1 - Плотность загрязнения почвы, кБк/м²

Радионуклиды	Среднее значение	Максимальное значение
Cs-137	0,55	0,80
Sr-90		<0,01

Таблица 4.4.2 - Объемная активность радиоактивных веществ в атмосферном воздухе, Бк/м³

Радионуклиды	Число исследуемых проб	Среднее значение		Максимальное значение	
Cs-137	45	$6,8 \times 10^{-5}$	*	$113,3 \times 10^{-5}$	*
I-131	45	$53,7 \times 10^{-5}$	*	$312,0 \times 10^{-5}$	*
Суммарная β -активность	365	$12,2 \times 10^{-5}$		$143,2 \times 10^{-5}$	

*Незначительно повышенные по сравнению с многолетними максимальными значениями содержания радионуклидов в воздухе обусловлены регистрацией следовых количеств радионуклидов после аварии на АЭС Фукусима-1 в Японии. В период развития аварии с 28 марта по 7 апреля в пробах аэрозолей были обнаружены следы I-131, Cs-137 и Cs-143, при этом зарегистрированные значения удельных активностей были более, чем в 1000 раз ниже предельных нормативов, установленных НРБ-99/2009 для населения

Таблица 4.4.3 - Удельная активность радиоактивных веществ в воде открытых водоемов, Бк/л

Радионуклиды	Число исследованных проб	Среднее значение	Максимальное значение
Cs-137	4		<0,01*
Sr-90	4		<0,03*
Ra-226	4		<0,03*
Суммарная α-активность	69	0,09	0,26
Суммарная β-активность	69	0,22	0,43

* минимально детектируемая активность

Таблица 4.4.4 - Удельная активность радиоактивных веществ в воде источников питьевого водоснабжения, Бк/л

	Суммарная α-активность	Суммарная β-активность	U-238	U-234	Ra-226	Ra-218	Pb-210	Pb-216	Rn-222	Cs-137	Sr-90	H-3	Σ
Число исслед. проб	158	158	89	89	89	89	90	90	109	4	4	-	9
Из них с превышением гигиенических норм	58	3*	0	0	2	5	7	5	9	0	0	-	2
Среднее значение	0,18	0,53	0,033	0,033	0,079	0,067	0,022	0,03	45,5	-	-	-	0
Максимум	0,49	1,3*	0,56	0,43	0,76	0,43	0,23	0,28	123	<0,01	<0,03	-	3

*Все выявленные превышения критерия первичной оценки по суммарной активности бета-излучающих радионуклидов были обусловлены наличием природного радионуклида К-40

Таблица 4.4.5 - Удельная активность радиоактивных веществ в пищевых продуктах, Бк/кг

Пищевые продукты	Число исследованных проб		Удельная активность		Число исслед. проб		Удельная активность	
	Всего	С превышением гигиенических нормативов	средняя	Макс.	Всего	С превышением гигиенических нормативов	средняя	Макс.
молоко	19	0	0,07	0,12	19	0	0,039	0,048
мясо	10	0	0,07	0,09	10	0	0,041	0,053
рыба	6	0	2,5	4,2	6	0	1,5	2,1
Хлеб и хлебобулочные изделия	1	0		0,3	1	0		0,2
картофель	3	0	0,12	0,15	3	0	0,087	0,099
Грибы лесные	2	0	23	41	2	0	0,1	0,1
Ягоды лесные	1	0		1,7	1	0		0,14

Таблица 4.4.6 - Удельная эффективная активность радиоактивных веществ в строительных материалах

Характеристика	Ед.изм.	Число изм.	Среднее за год	максимум	Число превышений
Удельная эффективная активность природных радионуклидов в строительных материалах	Бк/кг	723	195	670	10 1)
ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений в том числе: -одноэтажных деревянных домов -одноэтажных каменных домов -многоэтажных каменных домов	Бк/м ³		22,7 3)		0 2)
	Бк/м ³	5774	23,0	35,6	0 2)
	Бк/м ³	18 5756	22,4	56,6	0 2)
Мощность дозы в помещениях, в том числе: -одноэтажных деревянных домов -одноэтажных каменных домов -многоэтажных каменных домов	мкЗв/ч	6560	0,14 3)	0,13	
	мкЗв/ч	18	0,11	0,19	
	мкЗв/ч	6542	0,14		
Мощность дозы на открытом воздухе	мкЗв/ч	561	0,11	0,21	

1). Число проб с удельной эффективной активностью природных радионуклидов больше 370 Бк/кг

2). Число измерений, результаты которых превышают 100 Бк/м³ (для домов, сданных до 01.01.2000 г. — 200 Бк/м³).

3). Среднее значение для всех типов домов с учетом структуры жилого фонда в субъекте РФ.

4.2.1.2 Наличие на территории радиоактивных аномалий и загрязнений

В Санкт-Петербурге была выявлена аномалия природного характера, которая была связана с урановыми рудопроявлениями. Кроме того, было выявлено несколько участков техногенного радиоактивного загрязнения (УРЗ) прошлых лет, появившееся в результате деятельности научно-исследовательских учреждений, промышленных предприятий и учреждений, в т.ч. Министерство обороны.

Также в 2011 году было выявлено 4 участка локального типа с радиоактивным загрязнением, где 2 из них находятся на территории общего пользования и 2 на ведомственной территории. В двух помещениях общеобразовательных школ выявлены и изъяты прибор со светосоставом постоянного действия на основе Ra-226 и контрольный источник в комплекте прибора гражданской обороны ДП-5.

В 2011 году в Санкт-Петербурге дезактивировано 45,0 м² помещений в промышленных и общественных зданиях, а также 10,5 м² городской территории, что показано в таблице 4.4.7

Таблица 4.4.7 Участки радиоактивного загрязнения (УРЗ)

Участки радиоактивного загрязнения (УРЗ)	Всего	В том числе	
		В помещениях	На территории
Выявлено	6	2	4
Дезактивировано (в т.ч. выявленных в предыдущие годы)	39	35	4

Максимальная величина зарегистрированной МЭД при проведении всех видов работ (выявление, детализация, дезактивация) составила на территориях:

- на поверхности 0,2 мЗв/ч;
- на глубине 0,9 мЗв/ч;
- в помещениях 0,03 мЗв/ч.

Всего сдано на захоронение 15,87 м³ радиоактивных отходов, с учетом отходов с УРЗ 1360 м³.

Таблица 4.4.8 Структура облучения населения при медицинских процедурах

Виды процедур	Количество процедур за отчетный год, тыс.шт./год	Средняя индивидуальная доза, мЗв/процедуру	Коллективная доза, чел, -Зв/год
Флюорографические	2997,6	0,17	507,9
Рентгенографические	6950,1	0,14	996,1
Рентгеноскопические	73,8	5,16	380,6
Компьютерная томография	278,1	4,44	1233,5
Радионуклидные исследования	42,9	2,17	93,0
Прочие	52,1	9,22	480,5
Всего	10394,6	0,35	3691,6

Таблица 4.4.9 Годовые дозы облучения персонала

Группа персонала	Численность	Численность персонала (чел.), имеющего индивидуальную дозу в диапазоне: мЗв/год							Средняя индивидуальная доза	Коллективная доза
		0-1	1-2	2-5	5-12,5	12,5-20	20-50	>50		
	Чел.								мЗв/год	Чел.·Зв/год
Группа А	5879	4896	498	282	159	42	2		0,86	5,08
Группа Б	253	244	9						0,33	0,08

Bcero	6132								0,84	5,16
-------	------	--	--	--	--	--	--	--	------	------

Таблица 4.4.10 Структура годовой эффективной коллективной дозы облучения населения (чел.-Зв)

Виды облучения населения территории	Коллективная доза		Средняя доза на жителя, мЗв/чел.
	чел.·Зв/год	%	
а) деятельности предприятий, использующих ИИИ, в том числе:	5,16	0,03	0,001
персонала	5,16	0,03	0,001
населения, проживающего в зонах наблюдения			
б) техногенно измененного радиационного фона в т.ч. :	24,77	0,13	0,005
за счет глобальных выпадений	24,77	0,13	0,005
за счет радиационных аварий прошлых лет			
в) природных источников в т.ч.:	15 878	81,0	3,21
от радона	7 969	40,7	1,61
от внешнего гамма-излучения	4 090	20,8	0,82
от космического излучения	1 982	10,1	0,40
от пищи и питьевой воды	995	5,1	0,21
от содержащегося в организме к-40	842	4,3	0,17
г) медицинских источников	3 692	18,8	0,74
д) радиационных аварий и происшествий в отчетном году			
всего	19 600		3,95

По данным из радиационно-гигиенического паспорта Санкт-Петербурга, радиационная обстановка в 2011 году на территории города в целом оставалась стабильной и не отличалась от предыдущих лет по всем подлежащим контролю показателям радиационной безопасности. Структура доз облучения населения, по сравнению с предыдущим пятилетним периодом, не потерпела заметных изменений [17].

4.2.2 Радиационно-гигиенический паспорт территории по состоянию на 2016 год

На основании представленных в радиационно-гигиеническом паспорте данных, радиационная обстановка в 2015 году на территории города в целом оставалась стабильной и не отличалась от предыдущих лет по всем подлежащим контролю показателям радиационной безопасности. Структура доз облучения населения, по сравнению с предыдущим пятилетним периодом, не претерпела заметных изменений.

Коллективная доза облучения по-прежнему остается за природным ИИИ (более 84 % годовой эффективной коллективной дозы облучения населения). Основная доза на население приходится из-за радона и его дочерних продуктов распада, а также внешнего гамма-излучения. Небольшой вклад (5.2%) в облучение приходится на продукты питания и питьевую воду, но при этом доза облучения за счет питьевой воды не более 0.1 мЗв/год. Это означает, что нет необходимости принимать меры по снижению содержания природных радионуклидов в питьевой воде централизованной системы водоснабжения Санкт-Петербурга при безусловном сохранении достигнутого качества и объемов производственного контроля питьевой воды с использованием радиохимических методов пробоподготовки со стороны ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и учреждений Роспотребнадзора.

Среднегодовое значение суммарной бета-активности атмосферного воздуха составило $5,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в 2012 году — $9,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в 2013-м — $7,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в 2014-м — $8,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). На основе этих показаний можно сделать вывод, что радиационный фон оставался стабильным.

В связи с урановыми рудопроявлениями, техногенными радиоактивными загрязнениями прошлых лет, которые образовались в ходе работы научно-исследовательских учреждений, промышленных предприятий и учреждений, в том числе Министерства обороны, на территории Санкт-

Петербурга были выявлены радиационные аномалии природного характера. Подробные сведения об аномальных участках и участках радиоактивного загрязнения можно свидетельствовать в ежегодно обновляемой атрибутивной таблице (Таблица 4.5), где на основании результатов выполнения плановых поисковых радиометрических работ на городских территориях общего пользования и объектах социальной сферы обеспечивается Комитетом [18-19].

Таблица 4.5 Радиометрические характеристики УРЗ 3243 и 3245

УРЗ	Максимальные значения МАД ГИ, мкЗв/ч		Плотность потока, част/(мин·см ²)		Расчетная удельная активность, Бк/кг	Радионуклид	Параметры УРЗ		
	на поверхности	на удалении 1 м	α-частиц	β-частиц			Площадь, м ²	Количество, шт.	Расчетный объем, м ³
3243	0,30	0,15	<0,5	9800	7,00E+05	Sr-90	0,1	1	0,0001
3245	0,56	0,26	<0,5	<10	4,00E+07	Ra-226	1,5	-	0,03

На рис.4.10 представлены данные о радиации на территории г. Санкт-Петербург за 2016 год в июле по все районам.

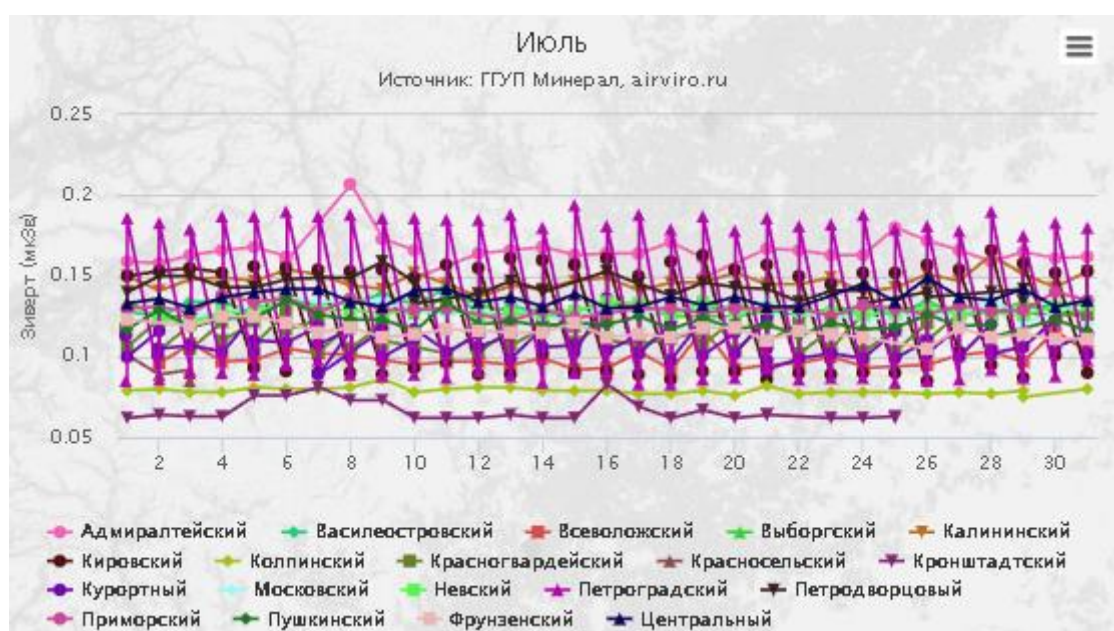


Рисунок 4.4 – уровень радиации за июль 2016 г. на территории Санкт-Петербурга

По данным этого месяца выявлено:

Среднее значение = 0.1255 мкЗв/час.

Максимальное значение = 0.18 мкЗв/час.

Время последнего измерения = 31.07.2016 02:40.

4.2.3 Радиационно-гигиенический паспорт территории по состоянию на 2017 год

Радиационная обстановка в 2017 году на территории Санкт-Петербурга оставалась стабильно и не претерпевала изменений от предыдущих лет по всем подлежащим контролю показателям. Структура доз облучения населения по сравнению с предыдущими годами оставалась также неизменной. Данные можно засвидетельствовать в гигиеническом паспорте.

Радиационный фон на территории Санкт-Петербурга в 2017 году находился в пределах 0,09–0,18 мкЗв/ч (в среднем 0,13 мкЗв/ч), что соответствует среднегодовым значениям естественного радиационного фона в Санкт-Петербурге за последние 5 лет.

Среднегодовое значение суммарной бета-активности атмосферного воздуха составило $7,2 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в 2013 году — $7,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в 2014 г. — $8,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в 2015 г. — $5,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в 2016 г. — $8,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в 2017 г. — $7,2 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³), что свидетельствует об отсутствии существенных изменений в радиационной обстановке.

Точно такая же коллективная доза облучения населения, полученная в 2017 году была получена при наблюдениях на постах, как и в 2016 году. Общая доза 83% годовой эффективности, из которой основная часть остается за ИИИ и 5,3% остается за продуктами питания и питьевой воды.

Динамика исследований проб почвы на содержание природных и техногенных радионуклидов в стационарных мониторинговых точках свидетельствует об отсутствии на территории Санкт-Петербурга гигиенически значимого техногенного радиоактивного загрязнения почв. Динамика исследований репрезентативных выборок проб почвы на содержание техногенных радионуклидов показывает стабильность показателей плотности загрязнения почвы цезием-137 с незначительными колебаниями (0,63–0,71 кБк/м²).

Исследования содержания радионуклидов радий-226, торий-232 и калий-40 в почвах на территории Санкт-Петербурга за последние пять лет оставалась стабильной с относительно невысоким содержанием 31 природных радионуклидов в поверхностных грунтах (удельная эффективная активность природных радионуклидов составляла от 50 Бк/кг до 150 Бк/кг).

В воде открытых водоемов (река Нева, прибрежная часть Финского залива) концентрация радионуклидов цезий-137 и стронций-90 находится на уровне, наблюдавшемся до аварии на Чернобыльской АЭС: Cs-137 — менее 0,01 Бк/л, Sr-90 — менее 0,03 Бк/л. Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что качество питьевой воды по всем радиоэкологическим, включая содержание природных радионуклидов в воде подземных водоисточников за последние пять лет остается стабильным и неизменным.

Поскольку данных за июль 2017 года в общем доступе нет, я сделала анализ данных по июню месяцу. На рисунке 4.11 ясно виден уровень радиации в 2017 году на территории Санкт-Петербурга. Мы можем увидеть, что радиационный фон 2017 года остается практически идентичным, что и в июле 2016 года [20].

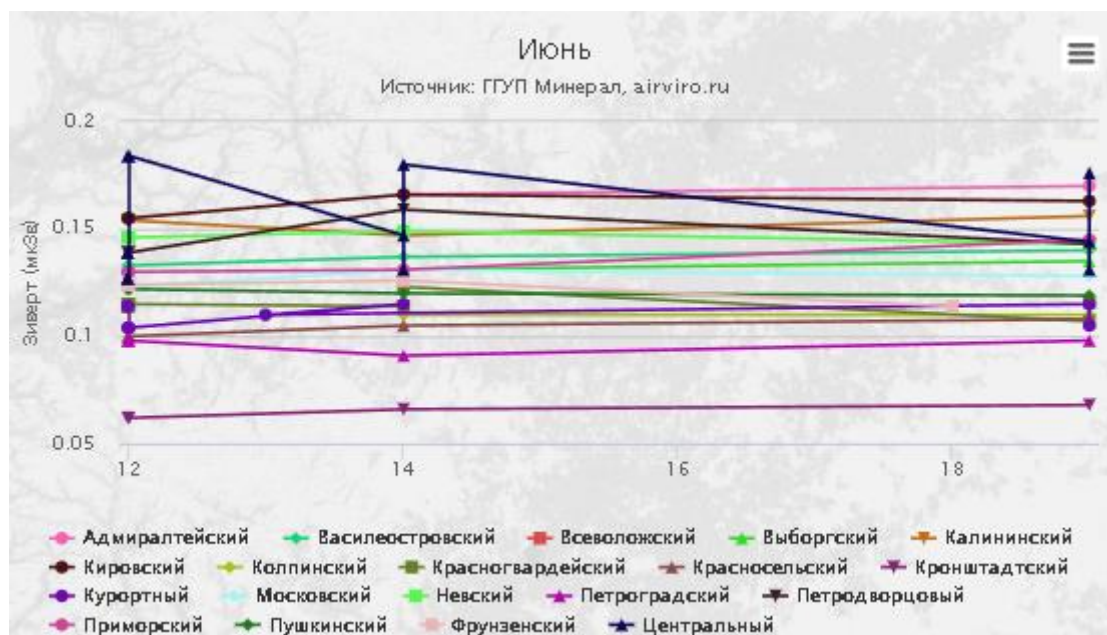


Рисунок 4.5 - уровень радиации за июнь 2017 г. На территории Санкт-Петербурга

По данным июня месяца 2017 года выявлено:

Среднее значение = 0.1288 мкЗв/час.

Максимальное значение = 0.176 мкЗв/час.

Время последнего измерения = 19.06.2017 17:10.

4.2.4 Радиационно-гигиенический паспорт территории по состоянию на 2018 год

На основе представленных данных, как и ранее, радиационная обстановка на территории Санкт-Петербурга в 2018 году осталась стабильной и неизменной. Структура доз облучения населения по сравнению с прошлым годом осталась практически неизменной.

Коллективная доза облучения по-прежнему в основном остается за ИИИ (82,1% годовой эффективной коллективной дозы облучения населения) в основном приходится на радон и его дочерние продукты распада, а также внешнего гамма-излучения. 5,0% остается в структуре природного облучения, содержащийся в продуктах питания и питьевой воде, при этом доза облучения населения за счет потребления питьевой воды остается 0,1 мЗв/год.

Среднегодовое значение суммарной бета-активности атмосферного воздуха составило $9.2 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что показывает об отсутствии изменений в радиационной обстановке.

В воде открытых водоемов (р. Нева, прибрежная часть Финского залива) концентрация радионуклидов цезия-137 и стронция-90 находится в том же диапазоне, что и в прошлом году и до аварии на Чернобыльской АЭС.

На рисунке 4.6 мы можем увидеть, что, как и в прошлом году, радиационной фон на территории Санкт-Петербурга практически не менялся. Данные приведены за июнь 2018 год [21].

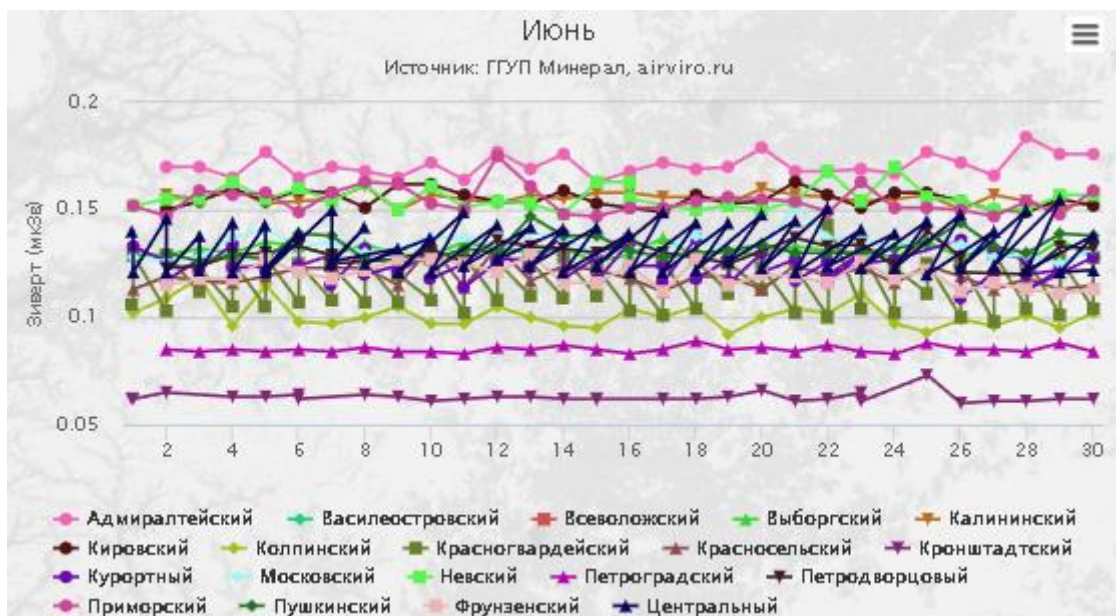


Рис.4.6 - уровень радиации за июнь 2018 г. На территории Санкт-Петербурга

По данным июня месяца 2018 года выявлено:

Среднее значение = 0.1275 мкЗв/час.

Максимальное значение = 0.176 мкЗв/час.

Время последнего измерения = 30.06.2018 07:00.

4.2.5 Радиационно-гигиенический паспорт территории по состоянию на 2019 год

В 2019 году на территории Санкт-Петербурга были исследованы участки с возможным радиоактивным загрязнением на 41 объекте социальной сферы Адмиралтейского, Василеостровского, Петроградского и Центрального районов, общая площадь которых составила 255 064,5м². В ходе обследования выявлено 3 участка радиоактивного загрязнения, все участки радиоактивного загрязнения дезактивированы.

На основании представленных в радиационно-гигиеническом паспорте данных радиационная обстановка в 2019 году на территории города в целом оставалась стабильной и не отличалась от предыдущих лет по всем подлежащим контролю показателям радиационной безопасности. Структура доз облучения населения по сравнению с предыдущим пятилетним периодом не претерпела заметных изменений.

Природные источники ионизирующего излучения по-прежнему играют ведущую роль в коллективной дозе облучения населения. Как и прежде, основной вклад в облучение вносит радон и его дочерние продукты распада, а также гамма-излучение. Около 4,9% вносит вклад продукты питания и питьевая вода. Доза облучения населения за счет потребленной воды не превышает 0,1 мЗв/год.

Радиационный фон на территории Санкт-Петербурга в 2019 году находился в пределах 0,11 - 0,15 мкЗв/ч (в среднем 0,12 мкЗв/ч). Данные значение соответствуют уровню прошлых пяти лет, что свидетельствует о стабильной неизменном радиационном фоне. Колебаний в автоматизированной системе контроля радиационной обстановки (АСКРО) не было выявлено.

Среднегодовое значение суммарной бета-активности атмосферного воздуха составило $9,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в 2015 году — $5,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, 2016 год — $8,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, 2017 год — $7,2 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, 2018 год — $9,2 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³), что свидетельствует об отсутствии изменений в радиационной обстановке. Динамика исследований проб почвы на содержание природных и техногенных радионуклидов свидетельствует об отсутствии на территории Санкт-Петербурга гигиенически значимого техногенного радиоактивного загрязнения почв.

Были выявлены незначительные колебания (0,71 – 0,82 кБк/м²) техногенных радионуклидах в почвах.

Исследования содержания Ra-226, Th-232 и K-40 в почвах на территории Санкт-Петербурга за последние пять лет показывают стабильное и относительно невысокое содержание природных радионуклидов в поверхностных грунтах (удельная эффективная активность природных радионуклидов от 55 Бк/кг до 195 Бк/кг). В воде открытых водоемов (река Нева, прибрежная часть Финского залива) концентрация радионуклидов Cs-137 и Sr-90 находится на уровне минимально детектируемых активностей и соответствует уровням, которые были выявлены до аварии: Cs-137 — менее

0,01 Бк/л, Sr-90 — менее 0,05 Бк/л. Качество питьевой воды по радиологическим показателям (включая содержание природных радионуклидов в воде подземных водоисточников) в целом за последние 5 лет остается стабильным [22].

На рисунке 4.7 мы наблюдаем радиационный фон в Санкт-Петербурге во всех районах города. По данным гистограммы ясно видно, что радиационный фон июня 2019 года остается практически таким же, что и в июне 2018 года.

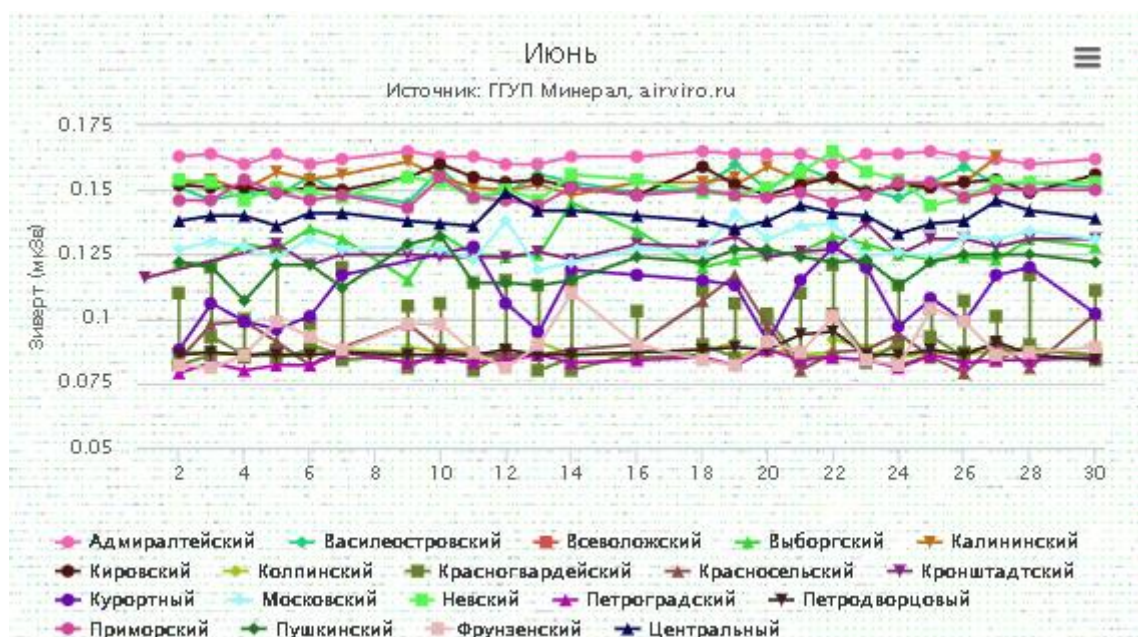


Рисунок 4.7 - уровень радиации за июнь 2019 г. на территории Санкт-Петербурга

По данным июня месяца 2019 года выявлено:

Среднее значение = 0.1169 мкЗв/час.

Максимальное значение = 0.162 мкЗв/час.

Время последнего измерения = 30.06.2019 07:00.

4.2.6 Анализ полученных данных из докладов

В подпунктах 4.2.1- 4.2.5 была рассмотрена радиационная обстановка за 2011г, 2015г, 2017г, 2018г, 2019г, где наглядно можно наблюдать, что радиационный фон за эти годы не менялся после аварий на Чернобыльской

АЭС и ЛАЭС. Также мы можем с уверенностью сказать, что радиационный фон не несет для населения никакого вреда. Радиационная обстановка соответствует допустимой эквивалентной дозе радиации для человека в год. Но из-за стабильного неменяющегося фона не стоит ослаблять бдительность как нам, так и руководствующим лицам государства. Идет ежедневный отчет о радиационной обстановке, который обновляется каждые 20 минут благодаря постам, находящимся на территории Санкт-Петербурга. В настоящее время идет проверка жилых зданий и территорий вблизи АЭС, а также в местах богатыми радиационными веществами, и, в случае нарушения допустимых значений, государство выполняет всевозможные действия для устранения высоких значений.

4.3 Исследование радиационного фона в Московском районе г. Санкт-Петербург

В 2013 году учителя физики и химии решили провести исследование очагов повышенного фона в Московском районе. Актуальность проблемы они нашли в том, что после использования атомной энергии с 1945 по 1986 г., а также аварии на АЭС «Фукусима-1» произошел масштабный выброс радиоактивных веществ, которые по сей день излучают радиацию на всей территории России.



Рисунок 4.8 – Радиационный фон

Для исследования они взяли такие объекты как: жилые дома, универсам «Окей», универсам «Лента», строительный магазин «Кострома», строительный магазин «Строитель», Парк Городов – Героев, Площадь Победы, ГБОУ школа №356, метро Московская, метро Звёздная, остановки общественного транспорта, ж/д остановка «Аэропорт», бассейн Газпром, продовольственный магазин, канцелярский магазин, универсам «Призма». Объекты исследования были отобраны по принципу частоты посещаемости и продолжительности нахождения в них людей, как возможные источники получения радиоактивного заражения. Измерения данных выше объектов происходили с интервалом в три дня: 9, 12, 15, 18 и 21 ноября 2012 года. Измерения радиационного фона на исследуемых объектах проводились с помощью дозиметра Грач. Принцип работы прибора – счетчик Гейгера. Дозиметр предназначен для контроля радиационной обстановки, обнаружения и оценки участков радиоактивного загрязнения, учета накопленной дозы. Предназначен для профессионалов, а также для широкого круга потребителей, интересующихся радиационной обстановкой. В режиме измерения МЭД происходит непрерывное уточнение показаний по мере увеличения

продолжительности замера. Одновременно на табло индицируется уменьшающееся значение статистической погрешности, что позволяет считать измерение окончанным при достижении необходимой точности. (П1 Таблица 10)

По результатам исследования было выяснено, что радиационная обстановка не представляет опасности для жизни населения. В табл. 10 П.1 по средним значениям измерений с интервалом в 3 дня можно заметить, что показания не превышают допустимых значений (25/30 мкР/ч), однако на некоторых объектах исследования радиационный фон близок к максимально допустимому значению. [23]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа и оценки радиационной обстановки в Северо-Западном регионе можно сделать вывод, что в целом на настоящее время этот регион по сравнению с Западно-Сибирским или Средне-Азиатским (Семипалатинск) относится к незагрязнённым районам страны, но потенциальная опасность радиоактивного загрязнения существует.

1. На большей части Ленинградской области (в основном над озерами, болотами, лесами и полями) значения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения (МЭД ГИ) колеблются от 5 – 7 мкР/ч до 10 – 12 мкР/ч [6].

2. Природный радиационный фон в целом по региону не превышает величину риска. Больше половины «природной» дозы создается радоном и его дочерними продуктами распада. Потенциально радоноопасные территории – это Красносельский и Пушкинский районы города.

3. В 1986 году, после аварии на Чернобыльской АЭС, радиоактивное облако накрыло юго-запад Ленинградской области, и, в меньшей степени, Ленинград (ныне Санкт-Петербург), что привело к увеличению плотности поверхностного загрязнения почв.

4. Санкт-Петербург и его окрестности насыщены объектами и производствами, являющимися потенциальными источниками загрязнения окружающей среды радионуклидами. Заслуживают внимания исследовательские ядерные установки, размещенные непосредственно в жилых и производственных зонах города, площадки, на которых ранее захоранивались радиоактивные отходы. По территории региона производятся регулярные перемещения ядерных материалов и радиоактивных веществ.

5. Особенностью является и то, что недалеко от Санкт-Петербурга в г. Сосновый Бор расположена Ленинградская АЭС и спецкомбинат по хранению радиоактивных отходов «Радон». При нормальной эксплуатации эти объекты заметной опасности для населения и окружающей среды не представляют.

В плане снижения радиационной опасности могут быть рекомендованы следующие направления:

1. Проведение полного, детального обследования территории с целью выявления и локализации опасных в радиационном отношении участков.
2. Создание системы радиационного мониторинга в рамках региона, сопрягаемого с подобной системой России.
3. Решение проблемы утилизации и захоронения радиоактивных отходов.
4. Повышение образовательного уровня по вопросам радиационной безопасности. Освещение в прессе и других средствах массовой информации состояния радиационной обстановки в регионе в целом и в отдельных районах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Учебное пособие для вузов «Природный радиационный фон» [электронный ресурс] - <http://window.edu.ru/resource/399/65399/files/m08-33.pdf>
2. Научная библиотека журнал «Химия и жизнь» статья «радиоактивность внутри нас [электронный ресурс] -https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/431032/Radioaktivnost_vnutri_nas
3. Зомченко А.И., Польский О.Г., Коренков И.П. Контроль радиационной безопасности / Под ред. член-корр. АМН СССР, проф. Е.И.Воробьева.- М.: Медицина,1989.–192 с.
4. Блинова Л.Д., Крышев И.И., Мельников В.А. Мониторинг радиоактивного загрязнения природной среды в районе Ленинградской АЭС (1973-1990 гг.) /Ядерная энергия в СССР. Проблемы и перспективы (экология, экономика, право). - М.: ЯО СССР, 1990.
5. Комитет по природным ресурсам Ленинградской области [электронный ресурс] – общий доступ <https://nature.lenobl.ru/ru/deiatelnost/ohrana-i-monitoring-okruzhayushej-sredy/obespecheniye-radiacionnoj-bezopasnosti/kontrol-za-radiacionnoj-obstanovkoj-na-territorii-regiona-s-pomoshyu-i/>
6. Экологические проблемы Северо-Запада России и пути их решения / Под ред. Инге-Вечтомова С.Г.– СПб.: Изд. ЗАО "Виктория - Спец. лит.",1997.–527 с.
7. Баев А.С., Колесников Г.А., Решетов В.В. Радиационно-гигиенический паспорт Санкт-Петербурга по состоянию на 1999 год // Жизнь и безопасность, 2000.- №1-2.– С. 244-247.
8. Усманов С.М. Радиация опасная и безопасная. –Уфа: Китап,1999.–192 с.
9. Барабой В.А. Ионизирующая радиация в нашей жизни.– М.: Наука,1991.– 224 с.
10. Авария на Ленинградской АЭС [электронный ресурс] - <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D>

1%8F_%D0%BD%D0%B0_%D0%9B%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D0%90%D0%AD%D0%A1

11. Томский политехнический Университет, статья «Радиационная обстановка в России, Санкт-Петербурге и Ленинградской области» [электронный ресурс] - <https://studfile.net/preview/4245778/page:93/>

12. Панченко С.В, Линге И.И., Сахаров В.К., Воробьева Л.М, Мелихова Е.М., Уткин С.С., Крышев И.И., Сазыкина Т.Г., Гераськин С.А. Радиоэкологическая обстановка в регионах расположения предприятий Росатома. // Под общей редакцией И.И. Линге и И.И. Крышева. — М.: «САМ полиграфист», 2015. — 296 с.

13. Отчет по экологической безопасности Ленинградской атомной станции за 2020 год [электронный ресурс] – общий доступ <http://xn---2030-bwe0hj7au5h.xn--p1ai/upload/iblock/9c7/9c7b89a361985b86cb1821993e310983.pdf>

14. Экозащита [электронный ресурс] – общий доступ <https://www.cottagesspb.ru/ekologiya/chernobyl/>

15. Дыши свободно.ру – Экология городов и регионов [электронный ресурс] – общий доступ https://www.dishisvobodno.ru/rad_eco_spb_reg.html

16. Ежегодник Росгидромета с 2002-2014 г [электронный ресурс]- общий доступ https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials/radiation_situation/136/?year=2009&ID=136

17. Блинова Л.Д. Радиоэкологический мониторинг атмосферы и гидросферы в районе расположения объектов ядерного комплекса (на примере города Сосновый Бор). Дисс. канд. физ.-мат. наук. Обнинск, 1998.

18. Борисов Н.А., Врубель Н.В., Головина Н.М., и др. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2012 году.

19. Борисов Н.А., Врубель Н.В., Головина Н.М., и др. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2016 году.

20. Азёмов Д.Т., Ахматович Н.А., Богданов Д.В. и др. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2018 году/ Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб.: ООО «Сезам-принт», 2019. - 264 с.
21. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2019 году / Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого – СПб.: ООО «Типография Глори», 2020. – 179 с.
22. Аземов Д.Т., Ахматович Н.А, Богданов Д.В. и др. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году/ Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого – Ижевск.: ООО «ПРИНТ», 2021. - 253с.
23. Открытый урок 1 сентября [электронный ресурс]- общий доступ <https://urok.1sept.ru/articles/648091>
24. Зернова Л. Ленинградский «Чернобыль» 04.04.2016 г. [электронный ресурс] - <https://bellona.ru/2016/04/04/laes75/>
25. Радиоэкологическая обстановка в регионах расположения предприятий Росатома [электронный ресурс] – общий доступ <https://rosatom.ru/upload/iblock/7ec/7ec689c18e2f0c2681901a9186bb79d8.pdf>
26. Экология Петербурга и Ленинградской области [электронный ресурс] – общий доступ <https://www.cottagesspb.ru/ekologiya/karta-geo/>
27. Радиационный фон СПб [электронный ресурс] – общий доступ <https://zivert.spb.ru/>
28. Феоктистов В.И. Основы медицинской радиологии.– М.: МЕДГИЗ,1960.– 164 с.
29. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге за 1980-1999 годы / Под ред. А.С. Баева, Н.Д. Сорокина.– СПб., 2000.-516 с.
30. Воронов А. Родники Санкт-Петербурга // Экохроника, 1999.– №2(40).– С. 20-21.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1

Космогенные радиоактивные изотопы в атмосфере

Элемент	Изотоп	Период полураспада
Тритий	H-3	12,46 года
Бериллий	Be-7	52,6 сут.
	Be-10	$2,5 \cdot 10^6$ лет
Углерод	C-14	5568 лет
Натрий	Na-22	2,6 года
Фосфор	P-32	14,3 сут.
	P-33	25,4 сут.
Сера	S-35	87,1 сут.
Хлор	Cl-39	55,5 мин.

Таблица П.2

Одиночные естественные радионуклиды

Нуклид	Тип превращения	Доля стабильного изотопа, %	Период полураспада, лет	Продукт распада
$^{40}_{19}K$	К-захват, β^-	0,012	$1,484 \times 10^9$	$^{40}_{19}Co, ^{40}_{18}Ar$
$^{87}_{37}Rb$	β^-	27,85	$4,88 \times 10^{10}$	$^{87}_{37}Rb$
$^{115}_{49}Sn$	β^-	95,77	$5,1 \times 10^{15}$	$^{115}_{50}Sn$
$^{40}_{19}Sn$	2 β^-	6,11	$1,5 \times 10^{17}$	$^{124}_{52}Te$
$^{138}_{57}La$	β^-	0,089	$1,35 \times 10^{11}$	$^{138}_{58}Ce, ^{138}_{58}Ba$
$^{150}_{60}Nb$	β^-	5,62	$n \times 10^{16}$	$^{150}_{61}Pm$
$^{147}_{62}Sm$	α	15,07	$1,08 \times 10^{11}$	$^{143}_{60}Nd$
$^{176}_{71}Lu$	К-захват, β^-	2,59	$3,6 \times 10^{10}$	$^{176}_{72}Hf, ^{176}_{70}Yb$
$^{187}_{75}R$	β^-	62,93	$5,0 \times 10^{10}$	$^{187}_{76}Os$

Таблица П.3

Содержание природных радионуклидов в воде, 10^{-2} Ки

Образцы воды	U-238	Ra-226	Rn-222	K-40
Морская	0,2-9	0,02-0,3		300
Речная и озерная	0,005-0,003	0,01-0,12	0,2-0,3	
Радиоактивные источники	До 4	До 139	До 105	
Водопроводная		0,03-0,3		

Таблица П.4

Содержание некоторых радионуклидов в
гидросфере (г), биосфере (б), воздухе (в) и почве (п)

Радионуклид	Объемная и удельная активность	Радионуклид	Объемная и удельная активность
H-3	200-900 Бк/м ³ (г)	Rn-222	3,7-48 Бк/кг (г)
Be-7	3×10^{-3} Бк/м ³ (в)	U-238	0,1-10 Бк/м ³ (в) вне зданий
C-14	227 Бк/кг (б)		5-25 Бк/м ³ в зданиях
K-40	60 Бк/кг (б)		1,2 Бк/м ³ (в)
Rb-87	629 Бк/кг (г)		0,24 Бк/кг (п)
	948 Бк/кг (п)	Th-232	2,64 Бк/кг (г)
Ra-226	0,1-2,7 Бк/кг (г)		10-50 Бк/кг (г)

Таблица П.5

Содержание радия в пищевых продуктах

Продукт	Ra-226, Ки $\times 10^{-9}$	Продукт	Ra-226, Ки $\times 10^{-9}$
Пшеница	2,0	Картофель	0,0
Ячмень	10,5	Свекла красная	4,0
Молоко	1,3-2,4	Морковь	2,9
Говядина	2,2	Горох	19,4
Рыба пикша (филе)	0,74	Лук (молодой)	3,8

Таблица П.7

Годовые эквивалентные поглощенные дозы в организме человека
за счет природного радиационного фона для районов с нормальным фоном

Источник	Дозы облучения, мкЗв/год		
	внешнее	внутреннее	Суммарное
Космическое излучение:			
Ионизирующий компонент	300		300
Нейтронный компонент	55		55
Космогенные радионуклиды		15	15
Примодальные радионуклиды:	150	180	330
K		6	6
Rb		6	6
Нуклиды семейства урана-238:			
$U - U$		5	
Th		7	
Ra	100	7	1300
Rn – Po		1100	
Pb – Po		120	
Нуклиды семейства тория-232:			
Th		3	
Ra – Ra	160	13	340
Rn – Tl		160	
Всего	800	1600	2400

Таблица П.8

Выявление территорий и домов с высокой объемной активностью (ОА)
радона по районам Санкт-Петербурга

Район	Максимальны е ОА радона в почвах	Максимальны е ОА радона в помещениях / кол-во помещений*	Примечание
-------	--	--	------------

- Адмиралтейский	- 17	- <100	-
- Василеостровский	- 14	- <100	-
- Выборгский	- 42	- <100	-
- Калининский	- 38	- <100	-
- Кировский	- 37	- <100	-
- Колпинский	- 23	- 300/2	Необходимо дальнейшее обследование
- Красногвардейский	- 10	- <100	-
- Красносельский	- 250	- 9400/412	-
- Кронштадт	- 17	- Измерения не требуются	
- Курортный	- 28	- Измерений нет	-
- Московский	- 27	- 325/2	Превышения на техногенном УРЗ**
- Невский	- 58	- <100	-
- Петроградский	- 29	- <100	-
- Петродворцовый	- 20	- <100	-
- Приморский	- 25	- <100	-
- Пушкинский	- 155	- 760/89	-
- Фрунзенский	- 24	- <100	-
- Центральный	- 12	- <100	-

- *- количество помещений с эквивалентной равновесной активностью радона (ЭРОА) более 100 Бк/м³;

- **- участок радиоактивного загрязнения (УРЗ) ликвидирован.

Выявление территорий и домов с высокой объемной активностью (ОА)
радона по районам Санкт-Петербурга

Район	Максимальные ОА радона в почвах	Максимальные ОА радона в помещениях / кол- во помещений*	Примечание
Адмиралтейский	17	<100	
Василеостровский	14	<100	
Выборгский	42	<100	
Калининский	38	<100	
Кировский	37	<100	
Колпинский	23	300/2	Необходимо дальнейшее обследование
Красногвардейский	10	<100	
Красносельский	250	9400/412	
Кронштадт	17	Измерения не требуются	
Курортный	28	Измерений нет	
Московский	27	325/2	Превышения на техногенном УРЗ**
Невский	58	<100	
Петроградский	29	<100	
Петродворцовый	20	<100	
Приморский	25	<100	
Пушкинский	155	760/89	
Фрунзенский	24	<100	
Центральный	12	<100	

*- количество помещений с эквивалентной равновесной активностью радона (ЭРОА) более 100 Бк/м³;

** - участок радиоактивного загрязнения (УРЗ) ликвидирован.

Таблица П.10

Радиационный фон микрорайона Звёздное Московского района Санкт-Петербурга

объект		мкР/ ч				мкР/ ч
Универсам «Окей»	продуктовый отдел	20	Хозотдел	23	кассы	19
Универсам «Лента»	продуктовый отдел	19	Хозотдел	17	кассы	15
Строительный магазин «Касторама»	вход	17	Товары технические	21	Товары отделочных материалов	19
Строительный магазин «Строитель»	вход	15	Товары технические	18	Товары отделочных материалов	24
Парк Городов-Героев		12				
Площадь Победы	Монумент героическим защитникам Ленинграда	23				
Продовольственный магазин	вход		Центральный зал			
Канцелярский магазин	вход		витрина			
Универсам Призма	вход		Отдел продуктов		кассы	
ГБОУ школа 356	1 этаж	13	3 этаж	12	подвал	17
Метро Московская	Вход 1	16	Вход 2	18	Под землей	16
Метро Звездная	Вход 1	18	Вход 2	20	Под землей	20
Остановки общественного транспорта	Улица Звездная д. 5	12	Улица Орджоникидзе д.17	15	Алтайская улица д.15	14

1.Жилые дома Московское шоссе д.14	прихожая	16	кухня	1 2	комната	
2.Жилые дома Пулковская дом 11	прихожая		кухня		комната	
	прихожая		кухня		комната	
3.Жилые дома	прихожая		кухня		комната	
4.Жилые дома	прихожая		кухня		комната	
5.Жилые дома	прихожая		кухня		комната	
Ж/д остановка «Аэропорт»		12				
Бассейн Газпром	вход	12	Зал с бассейном	1 5	Тренажерн ый зал	15