

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(Р О С Г И Д Р О М Е Т)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ТАЙФУН»

**РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ГОСУДАРСТВ
в 2021 году**

ЕЖЕГОДНИК

**ОБНИНСК
2022**

Утверждено:

Руководителем Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды И.А. Шумаковым.

Согласовано:

с Начальником Управления мониторинга загрязнения окружающей среды, полярных и морских работ Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Ю.В. Пешковым,

с Генеральным директором Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» В.С. Косых.

***Редакционная коллегия: В.М. Шершаков, В.Г. Булгаков,
И.И. Крышев, С.М. Вакуловский, М.Н. Каткова, А.И. Крышев***

УДК 504.054

ББК–20.18

Р–15

В Ежегоднике приводятся в обобщённом виде и анализируются данные наблюдений на территории Российской Федерации и некоторых сопредельных государств за содержанием техногенных радионуклидов в воздухе и атмосферных выпадениях (потоке радиоактивных продуктов из атмосферы на поверхность земли), почвенно-растительном покрове, поверхностных пресных и морских водах, а также данные наблюдений за уровнем гамма-излучения на местности.

Перепечатка и снятие копий с Ежегодника запрещаются.

При использовании материалов ссылка на Ежегодник обязательна.

© Авторы, 2022

© ФГБУ «НПО «Тайфун», 2022

© Росгидромет, 2022

АВТОРЫ

Раздел 1

ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун» Каткова М.Н., Гниломедов В.Д.

Раздел 2

ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун» Каткова М.Н., Богачёва Е.Г., Полянская О.Н., Зубачева А.А., Уваров А.Д., Козлова Е.Г., Яхрюшин В.Н., Степанова К.В., Епифанов А.О.

УГМС
Третьяков В.Н., Андриянова Н.В., Васильковская О.П., Ляшко О.Л., Землякова Н.В., Люцигер А.О., Черешинская В.Ю., Башкиров Н.И., Насыров А.М., Сенкевич Н.В., Новокрещева С.В., Таничева И.В., Климашевский А.В., Репникова И.В., Генералова Е.Н., Чаус О.М., Устинова А.А., Павлова Т.В., Криворучко Н.И., Низовская Н.А., Мингазов А.С., Усатова И.А., Голиков В.А., Кубай Б.В., Скалыга О.Р., Купцов С.С., Захаров С.Д., Девятова Н.Ф., Ульянов Р.Е., Ершов Р.В., Стрежнева Е.Л., Цветкова В.С., Сазонова И.Л., Хрисанфов Ю.В., Костогладов К.Ю., Шлёнская Н.С., Борисенко А.Г., Сердюк Г.Б., Замятина Э.А., Голубцова И.В., Потапов В.В., Руднев В.В., Мурашко Л.И., Гаврильева Л.Н., Горохольская В.З., Иванова И.Н., Паршин В.В., Симоненко Н.Т., Полякова В.С., Шульгина М.А., Эмина Л.А., Пилипенко Т.Е., Ширнин А.В., Ивкин А.С., Худалеева Т.И., Лозовой В.И., Медведева Э.П., Фурсов Н.А., Крюков Д.С., Кейлер В.А., Чеклецова Ю.В.

АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» Якушкин В.С.

ФГУП «Радон» Лужецкий А.В., Пронь И.А., Макаров Е.П., Пташкин А.Г., Чистовский Ю.В., Гордеев С.К., Светличный Ю.А., Чегонов Н.В.

ФГУП «НО РАО» Иванова О.И., Старкова М.В.

ПАО ППГХО Кириченко Т.Г.

Раздел 3

ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун» Крышев А.И., Косых И.В., Павлова Н.Н., Бурякова А.А., Газиев И.Я., Сазыкина Т.Г., Росновская Н.А., Крышев И.И.

УГМС
Сердюк Г.Б., Замятина Э.А., Голубцова И.В., Медведева Э.П., Крюков Д.С., Хрисанфов Ю.В., Голиков В.А., Башкиров Н.И., Руднев В.В. и др.

АО «Концерн «Росэнергоатом» Хлебцевич В.Е.

ФГУП «ГХК» Капустин Н.Ф., Шишлов А.Е., Садырев Д.Ю., Костюк И.В., Петухова О.Л., Суслов К.Ю., Проценко З.С.

Раздел 4

ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун» Булгаков В.Г., Каткова М.Н., Вакуловский С.М., Яхрюшин В.Н., Полянская О.Н., Епифанов А.О., Тарасенко А.О., Храмов М.И., Волков А.С.

Уральское УГМС Сердюк Г.Б., Банникова О.А., Замятина Э.А., Голубцова И.В.

Раздел 5

ФГБУ «НПО «Тайфун» Гниломедов В.Д.

РЦРКМ Республики Беларусь Трафимчик З.И., Глинская С.Н., Замаро А.В., Кадочникова А.В.

ГНО «Центр гидрометеорологии и мониторинга» Министерства окружающей среды Республики Армения Азизян Л., Асикян А.

Приложения

ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун» Гниломедов В.Д., Козлова Е.Г., Богачёва Е.Г., Артюхова Л.И.,
Полухина А.М., Ромашин Д.В., Прякина А.И., Кузьмин В.С.,
Зубачева А.А., Тарасенко А.О.
ФГУП «НО РАО» Иванова О.И., Старкова М.В.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Список сокращений.....	8
Введение.....	12
1. Обобщённые данные о содержании радионуклидов в объектах природной среды на территории Российской Федерации	16
Список литературы к введению и разделу 1	41
2. Радиационная обстановка на территории федеральных округов Российской Федерации	43
2.1. Центральный федеральный округ	43
2.1.1. Радиационная обстановка в Москве и Московской области	48
2.1.2. РОО г. Обнинска.....	55
2.2. Северо-Западный федеральный округ	63
2.2.1. РОО г. Северодвинска	68
2.2.2. РОО на территории Мурманской области	79
2.3. Южный федеральный округ.....	84
2.3.1. Филиал «Южный территориальный округ» ФГУП «ФЭО», г. Ростов	89
2.3.2. Волгоградское отделение филиала «Южный территориальный округ» ФГУП «ФЭО»	89
2.3.3. Республика Крым.....	90
2.4. Северо-Кавказский федеральный округ	93
2.4.1. Грозненское отделение филиала «Южный территориальный округ» ФГУП «ФЭО»	94
2.5. Приволжский федеральный округ.....	95
2.5.1. «АО «ГНЦ НИИАР», г. Димитровград.....	100
2.5.2. РОО на территории Верхне-Волжского региона	104
2.6. Уральский федеральный округ	110
2.6.1. РОО на территории Южно-Уральского региона.....	114
2.6.2. Свердловское отделение филиала «Уральский территориальный округ» ФГУП «ФЭО»	117
2.6.3. Челябинское отделение филиала «Уральский территориальный округ» ФГУП «ФЭО»	118
2.7. Сибирский федеральный округ	119
2.7.1. ПАО «НЗХК»	124
2.7.2. Новосибирское отделение филиала «Сибирский территориальный округ» ФГУП «ФЭО»	130
2.7.3. АО «АЭХК» и ПХРО филиала «Сибирский территориальный округ» ФГУП «ФЭО».....	133
2.8. Дальневосточный федеральный округ	138
2.8.1. РОО на территории Камчатской области.....	142
2.8.2. ПАО «ППГХО».....	145
Список литературы к разделу 2	152
3. Радиационная обстановка в районах расположения АЭС и крупнейших предприятий ядерно-топливного цикла	154
3.1. Балаковская АЭС	154
3.2. Белоярская АЭС и АО «ИРМ».....	163
3.3. Билибинская АЭС	177
3.4. Калининская АЭС.....	182
3.5. Кольская АЭС.....	191
3.6. Курская АЭС	200
3.7. Ленинградская АЭС.....	212
3.8. Нововоронежская АЭС.....	221
3.9. Ростовская АЭС	228
3.10. Смоленская АЭС.....	234
3.11. ФГУП «ПО «Маяк».....	240
3.12. ФГУП «ГХК».....	265
3.13. АО «СХК».....	282
3.14. АО «ПАТЭС»	290
Список литературы к разделу 3	294

4. Радиационная обстановка в районах, загрязнённых в результате аварий на ФГУП «ПО «Маяк» и на Чернобыльской АЭС	297
4.1. Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС).....	297
4.2. Территории ЕТР, загрязнённые в результате аварии на Чернобыльской АЭС	300
Список литературы к разделу 4	302
5. Радиационная обстановка на территориях сопредельных государств	303
5.1. Республика Беларусь	303
5.2. Республика Армения	309
Список литературы к разделу 5	310
Основные выводы о содержании техногенных радионуклидов в объектах природной среды на территории РФ в 2021 году	311
Приложение А	314
Приложение В	326
Приложение С	327
Приложение D	338
Приложение E	339
Приложение F	341

Список сокращений

АГС	–	автомобильная гамма-съёмка
АМБ	–	реактор канального типа на тепловых нейтронах
АМЦ	–	авиационный метеорологический центр
АО	–	автономный округ
АО	–	акционерное общество
АПЛ	–	атомная подводная лодка
АРМЗ	–	Атомредметзолото
АСКРО	–	автоматизированная система контроля радиационной обстановки
АСМРО	–	автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки
АСРК	–	автоматизированная система радиационного контроля
АТР	–	Азиатская территория России
АЭС	–	атомная электростанция
Аэфф	–	удельная эффективная активность естественных радионуклидов
АЭХК	–	Ангарский электролизный химический комбинат
БАЭС	–	Белоярская АЭС
БиАЭС	–	Билибинская АЭС
Бк/кг в.-с.	–	Бк/кг воздушно-сухой массы
БН	–	ядерный реактор на быстрых нейтронах
БНТ	–	бак низких течек
ВВЭР	–	водо-водяной энергетический ядерный реактор
ВММ	–	высотная метеорологическая мачта
ВМФ	–	Военно-морской флот
ВНИИ	–	Всероссийский НИИ
ВНИИНМ	–	ВНИИ неорганических материалов
ВНИИТФ	–	ВНИИ технической физики
ВНИИТФА	–	ВНИИ технической физики и автоматизации
ВНИИХТ	–	Ведущий НИИ химической технологии
ВНИИЭФ	–	ВНИИ экспериментальной физики
ВУРС	–	Восточно-Уральский радиоактивный след
ВТ	–	вентиляционная труба
ВФУ	–	воздухофильтрующая установка
ГМЗ	–	гидрометаллургический завод
ГМК	–	горно-металлургический комбинат
ГНО	–	государственная некоммерческая организация
ГНЦ	–	государственный научный центр
ГО	–	городской округ
ГУ	–	государственное учреждение
ГУП	–	государственное унитарное предприятие
ГХК	–	горно-химический комбинат
ГЭС	–	гидроэлектростанция
ДВ	–	допустимый выброс
ДВФО	–	Дальневосточный федеральный округ
ДЖН	–	долгоживущие радионуклиды (с периодом полураспада более 24 ч)
ДК _б	–	допустимая среднегодовая концентрация радионуклида в воздухе для населения категории Б по НРБ-76/87
ДОА _{нас.}	–	допустимая среднегодовая объёмная активность радионуклидов в воздухе для населения по НРБ-96, НРБ-99, НРБ-99/2009
ДПС	–	дорожно-постовая служба
ДС	–	допустимый сброс
ДОУ	–	детское образовательное учреждение
ДУА _{нас.}	–	допустимая удельная активность радионуклидов в воде для населения по НРБ-96 (см. УВ)
ЕТР	–	Европейская территория России

ЖБК	– железобетонный контейнер
ЖРО	– жидкие радиоактивные отходы
ЗАТО	– закрытое административно-территориальное образование
ЗН	– зона наблюдения
ЗПУПД РЭ	– защищённый пункт управления противоаварийными действиями района эвакуации
ЗС	– замасленные стоки
ИАЦ	– информационно-аналитический центр
ИИИ	– источники ионизирующего излучения
ИПМ	– Институт проблем мониторинга окружающей среды
ИРГ	– инертные радиоактивные газы
ИРМ	– Институт реакторных материалов
ИТЭФ	– Институт теоретической и экспериментальной физики
ИФВЭ	– Институт физики высоких энергий
КлнАЭС	– Калининская АЭС
КЖН	– короткоживущие радионуклиды (период полураспада – менее 24 часов)
КоАЭС	– Кольская АЭС
КП	– контрольный пункт
КПО	– комплекс переработки отходов
КС	– контрольные скважины
КУ	– контрольный уровень
КуАЭС	– Курская АЭС
КФО	– Крымский федеральный округ
ЛАСКРО	– лаборатория АСКРО
ЛАЭС	– Ленинградская АЭС
ЛБК	– левобережный обводной канал
ЛВД	– лаборатория внешней дозиметрии
ЛВДК	– лаборатория внешнего дозиметрического контроля
ЛВРК	– лаборатория внешнего радиационного контроля
ЛГХП	– ландшафтно-геохимический полигон
ЛКВРБ	– лаборатория контроля внешней радиационной безопасности
ЛКРЗ	– лаборатория контроля радиационного загрязнения
ЛКВРБ	– лаборатория контроля внешней радиационной безопасности
ЛООС	– лаборатория охраны окружающей среды
МАЭД	– мощность амбиентного эквивалента дозы внешнего гамма-излучения
МДА	– минимально детектируемая активность
МЗУА	– минимально значимая удельная активность
МИА	– минимально измеряемая активность
МИФИ	– Московский инженерно-физический институт
МНТЦ	– Международный научно-технический центр
МСЗ	– машиностроительный завод
МЯВ	– мирный ядерный взрыв
НАО	– низкоактивные отходы
НВАЭС	– Нововоронежская АЭС
НЗХК	– Новосибирский завод химконцентратов
НИАЭП	– Нижегородский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «Атомэнергопроект» (в настоящее время АО ИК «АСЭ»)
НИИ	– научно-исследовательский институт
НИИАР	– НИИ атомных реакторов
НИИП	– НИИ приборов
НИС	– научно-исследовательское судно
НИТИ	– Научно-исследовательский технологический институт
НИФХИ	– Научно-исследовательский физико-химический институт
НИЦ	– национальный исследовательский центр
НИЯУ	– национальный исследовательский ядерный университет
НПИ	– научно-прикладные исследования
НПО	– научно-производственное объединение

НРБ	–	нормы радиационной безопасности
НС	–	наблюдательная скважина
ОГМС	–	объединённая гидрометеорологическая станция
ОДЦ	–	опытно-демонстрационный центр
ОИЯИ	–	Объединённый институт ядерных исследований
ОКБМ	–	Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова
ОНАО	–	очень низкоактивные отходы
ОРБ	–	отдел радиационной безопасности
ОРМ ЦМС	–	отдел радиационного мониторинга центра по мониторингу загрязнения окружающей среды
ОСК	–	объединённый спецкорпус
ОСПОРБ	–	основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности
ОТВС	–	отработавшая тепловыделяющая сборка
ОФХМА	–	отдел физико-химических методов анализа
ОЯРБ	–	отдел ядерной и радиационной безопасности
ОЯТ	–	отработавшее ядерное топливо
ПАТЭС	–	плавучая атомная теплоэлектростанция
ПБК	–	правобережный обводной канал
ПДВ	–	предельно допустимый выброс
ПДС	–	предельно допустимый сброс
ПЛК	–	промливневая канализация
ПНЗ	–	пост наблюдения за загрязнением
ПНРЗ	–	пост наблюдения за радиоактивным загрязнением
ПО	–	производственное объединение
ППГХО	–	Приаргунское производственное горно-химическое объединение
ПРЭЛ	–	передвижная радиозоологическая лаборатория
ПСЗ	–	приборостроительный завод
ПФО	–	Приволжский федеральный округ
ПХРО	–	пункт хранения радиоактивных отходов
РАН	–	Российская академия наук
РАО	–	радиоактивные отходы
РБМК	–	реактор большой мощности кипящий
РДУ	–	республиканские допустимые уровни
РИ	–	Радиевый институт
РМЗ	–	ремонтно-механический завод
РОО	–	радиационно опасный объект
РосРАО	–	ныне ФЭО (с 2020 г.)
РРМЛ	–	региональная радиометрическая лаборатория
РТ	–	Республика Татарстан
РФ	–	Российская Федерация
РФЯЦ	–	Российский федеральный ядерный центр
РЦРКМ	–	Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды
РЭМ	–	радиационно-экологический мониторинг
СанПиН	–	санитарные правила и нормы
САЭС	–	Смоленская АЭС
СВО	–	спецводоочистка
СЗЗ	–	санитарно-защитная зона
СЗФО	–	Северо-Западный федеральный округ
СК «Радон»	–	спецкомбинат «Радон»
СКФО	–	Северо-Кавказский федеральный округ
СКЦ	–	серно-кислотный цех
СНЛК	–	станция наблюдений лабораторного контроля
СП АС	–	санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций
СПРК	–	стационарный пост радиационного контроля
СРК	–	система радиационного контроля
СРМ	–	система радиационного мониторинга
СУЗ	–	система управления и защиты
СФ НИКИЭТ	–	Свердловский филиал Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники
СФМ	–	станция фонового мониторинга
СФО	–	Сибирский федеральный округ
СХК	–	Сибирский химический комбинат

США	–	Соединённые Штаты Америки
ТВС	–	тепловыделяющая сборка
ТВЭЛ	–	тепловыделяющий элемент
ТиНАО	–	Троицкий и Новомосковский автономные округа
ТЛД	–	термолюминесцентный дозиметр
ТПА	–	телеуправляемый подводный аппарат
ТРО	–	твёрдые радиоактивные отходы
ТСРК	–	технологический специализированный ремонтный комплекс
ТЭЦ	–	теплоэлектроцентраль
УВ	–	уровень вмешательства при поступлении радионуклидов с водой для населения по НРБ-99 и НРБ-99/2009
УГМС	–	управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
УГРУ	–	Урановое горнорудное управление
УМЗА	–	Управление мониторинга загрязнения окружающей среды, полярных и морских работ
УМФ	–	установка малофоновая
УРКОС	–	участок радиационного контроля окружающей среды
УФО	–	Уральский федеральный округ
УЭХК	–	Уральский электрохимический комбинат
ФГБУ	–	Федеральное государственное бюджетное учреждение
ФГУП	–	Федеральное государственное унитарное предприятие
ФИАЦ	–	Федеральный ИАЦ
ФМБА	–	Федеральное медико-биологическое агентство
ФПП	–	фильтр Петрянова полихлорвиниловый
ФЭИ	–	Физико-энергетический институт
ФЭО	–	Федеральный экологический оператор (ФГУП «ФЭО», бывш. ФГУП «РосРАО»)
ХЖО	–	хранилище жидких отходов
ХЖТО	–	хранилище жидких и твёрдых отходов
ХМЗ	–	химико-металлургический завод
ХОРО	–	хранилище отверждённых радиоактивных отходов
ХОЯТ	–	хранилище отработавшего ядерного топлива
ХСО	–	хранилище слабоактивных отходов
ХССО	–	хранилище сухих слабоактивных отходов
ХТО	–	хранилище твёрдых отходов
ХТРО	–	хранилище твёрдых радиоактивных отходов
ХФК	–	хозфекальная канализация
ЦГиЭ	–	Центр гигиены и эпидемиологии
ЦГМС	–	Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
ЦГМС-Р	–	ЦГМС с региональными функциями
ЦЗЛ	–	центральная заводская лаборатория
ЦЛ КИПиА	–	Центральная лаборатория контрольно-измерительных приборов и автоматики
ЦС	–	центр судоремонта
ЦФО	–	Центральный федеральный округ
ЦЧО	–	Центрально-Чернозёмные области
ЧАЭС	–	Чернобыльская АЭС
ЧМЗ	–	Чепецкий механический завод
ЭВЗ	–	экстремально высокое загрязнение
ЭГП	–	электродуговой плазменный генератор
ЭРОА	–	эквивалентная равновесная объёмная активность
ЭХЗ	–	Электрохимический завод
ЭХП	–	комбинат «Электрохимприбор»
ЮФО	–	Южный федеральный округ
ЯРОО	–	ядерно и радиационно опасные объекты
ЯТЦ	–	ядерно-топливный цикл

ВВЕДЕНИЕ

В Ежегоднике представлены обобщённые за 2021 г. данные о содержании техногенных радионуклидов в приземной атмосфере, атмосферных выпадениях, почве, растительности, снежном покрове, атмосферных осадках, пресных и морских водах на территории Российской Федерации, а также на территориях федеральных округов и субъектов Российской Федерации. Приведены данные о радиационной обстановке в районах расположения радиационно опасных объектов (РОО), к которым относятся предприятия ядерно-топливного цикла (ЯТЦ), радиационно опасные объекты Министерства обороны, пункты хранения радиоактивных отходов (РАО), предприятия по ремонту и обслуживанию судов с ядерно-энергетическими установками, а также научные учреждения, при работе которых образуются радиоактивные отходы. В Ежегоднике также приводится анализ радиационной обстановки на ранее загрязнённых территориях в результате крупных радиационных аварий на ЧАЭС и ПО «Маяк».

Данные, включённые в Ежегодник, получены главным образом путём анализа и обобщения результатов наблюдений, проводившихся в стационарных пунктах, входящих в систему радиационного мониторинга (СРМ) Росгидромета. В Ежегодник также включены представленные в ФГБУ «НПО «Тайфун» данные радиационного мониторинга на территориях отдельных сопредельных государств, результаты наблюдений служб внешней дозиметрии РОО и материалы научных публикаций.

В Ежегоднике за 2021 г.:

в разделе 1 приводятся обобщённые данные о содержании техногенных радионуклидов в объектах природной среды на территории РФ;

в разделе 2 даётся описание радиационной обстановки на территориях федеральных округов и находящихся в них субъектов Российской Федерации с анализом влияния на радиационную обстановку расположенных там РОО;

в разделе 3 приводятся результаты радиационного мониторинга окружающей природной среды в районах расположения АЭС и крупнейших предприятий ядерно-топливного цикла;

в разделе 4 описана радиационная обстановка в районах, загрязнённых в результате аварий;

в разделе 5 представлены данные о радиационной обстановке на территориях сопредельных государств – Республики Беларусь и Армении.

В Ежегоднике для оценки радиационной ситуации используются НРБ-99/2009 [1], СанПиН-2001 [2], а также Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности, ОСПОРБ-99/2010 [3]. В табл. 1 для удобства пользователей приведено соотношение допустимых для населения объёмных активностей некоторых радионуклидов в воздухе и питьевой воде по старым и новым нормам радиационной безопасности.

Таблица 1

Наименование радионуклида	Воздух, Бк/м ³			Питьевая вода*, Бк/л			
	НРБ-76/87 [4] ДКБ	НРБ-96 [5] ДОА _{НАС.}	НРБ-99/2009 ДОА _{НАС.}	НРБ-76/87 ДКБ	НРБ-96 ДУА _{НАС.}	НРБ-99 УВ	НРБ-99/2009 УВ
³ H	11·10 ³ (пары)	7,6·10 ³	1,9·10 ³	15·10 ⁴	3·10 ⁴	7,7·10 ³	7,6·10 ³
⁹⁰ Sr	1,5	5,7	2,7	15	45	5,0	4,9
¹³¹ I	5,6	18	7,3	37	57	6,3	6,2
¹³⁷ Cs	18	29	27	560	96	11	11
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1,1·10 ⁻³	2,9·10 ⁻³	2,5·10 ⁻³	81	5,0	0,56	0,55

Примечание: * – предварительная оценка качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности может быть дана по удельной суммарной альфа- ($\Sigma\alpha$) и бета-активности ($\Sigma\beta$). При значениях $\Sigma\alpha$ и $\Sigma\beta$ ниже 0,2 и 1,0 Бк/кг соответственно дальнейшие исследования воды не являются обязательными. В случае превышения указанных уровней проводится анализ содержания радионуклидов в воде в соответствии с НРБ-99/2009, в том числе природных радионуклидов ²²⁶Ra, ²³⁸U, ²³²Th и техногенных радионуклидов.

В настоящем Ежегоднике изложение результатов измерений ведётся в основном в системе единиц СИ. В связи с тем, что приборные шкалы используемых при измерениях дозиметров и радиометров в некоторых случаях отградуированы в старых единицах измерений, а некоторые нормативные документы и справочники пока не полностью переизданы в системе единиц СИ, ниже приведены используемые соотношения между старыми и новыми производными единицами [3]:

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк};$$

$$1 \cdot 10^{-15} \text{ Ки/м}^3 = 1 \cdot 10^{-18} \text{ Ки/л} = 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3; 1 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3 \approx 0,27 \cdot 10^{-15} \text{ Ки/м}^3;$$

$$1 \text{ мКи/км}^2 = 37 \text{ Бк/м}^2; 1 \text{ Ки/км}^2 = 1 \text{ мКи/м}^2 = 37 \text{ кБк/м}^2; 1 \text{ кБк/м}^2 \approx 27 \cdot 10^{-18} \text{ Ки/км}^2;$$

$$1 \cdot 10^{-12} \text{ Ки/л} = 37 \text{ мБк/л}; 1 \text{ Бк/л} \approx 27 \cdot 10^{-12} \text{ Ки/л};$$

$$1 \text{ ТЕ} = 3,25 \cdot 10^{-12} \text{ Ки/л} = 120,25 \text{ мБк/л воды (для трития)};$$

$$1 \text{ рад} = 1 \text{ сГр}; 1 \text{ мрад} = 10 \text{ мкГр} = 10^{-3} \text{ сГр}; 1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад};$$

$$1 \text{ бэр} = 1 \text{ сЗв}; 1 \text{ мбэр} = 10 \text{ мкЗв} = 10^{-3} \text{ сЗв}; 1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр};$$

$$1 \text{ Р} = 0,87 \text{ рад} = 0,87 \text{ сГр}; 1 \text{ Гр} \approx 115 \text{ Р}.$$

При мониторинге радиационной обстановки для характеристики гамма-фона используется мощность амбиентного эквивалента дозы (МАЭД). Для перехода от шкалы дозиметров, измеряющих мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в мкР/ч, к МАЭД в мкЗв/ч используется соотношение [3]: $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} = 115 \text{ Р}$, т.е. следует показания этих дозиметров разделить на 115.

Для первичной оценки радиационной обстановки используется наиболее просто определяемый критерий – суммарная бета-активность в объектах окружающей среды (вода, воздух, атмосферные выпадения и др.). Суммарная (общая) бета-активность ($\Sigma\beta$, Бк) радионуклидов в источнике – это отношение числа dN бета-частиц, испускаемых всеми радионуклидами в источнике (образце) за интервал времени dt , к этому интервалу времени. Аналогично определяется суммарная альфа-активность. Если суммарная бета-активность источника за равные интервалы времени не меняется, то существенного дополнительного радиоактивного загрязнения не происходит.

Наблюдения за содержанием радионуклидов в объектах природной среды (воздух, поверхностные и морские воды, почва) и МАЭД на территории РФ проводятся стационарными пунктами наблюдения (гидрометеостанциями и постами), входящими в СРМ Росгидромета.

Научно-методическое руководство работой СРМ, сбор, анализ, обобщение и архивацию информации, получаемой на территориальном и региональном уровнях, осуществляет лаборатория

«Научно-методическое руководство СРМ Росгидромета» Института проблем мониторинга окружающей среды ФГБУ «НПО «Тайфун» («НПО «Тайфун», г. Обнинск).

Руководство работой СРМ на федеральном уровне осуществляется Управлением мониторинга загрязнения окружающей среды, полярных и морских работ (УМЗА) Росгидромета Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Министерства природных ресурсов и экологии через территориальные управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС) и региональные радиометрические лаборатории (РРМЛ).

По состоянию на начало 2021 г. количество работающих пунктов наблюдения СРМ Росгидромета на территории Российской Федерации было следующим:

1268 – по измерению МАЭД и более 30 постов наблюдения за загрязнениями (ПНЗ) в крупных городах; кроме этого дополнительно проводились измерения МАЭД с помощью автоматических постов;

362 – по отбору проб радиоактивных выпадений;

53 – по отбору проб радиоактивных аэрозолей;

32 – по отбору проб атмосферных осадков для определения содержания в них трития;

15 – по отбору проб воды из рек для определения содержания в них трития;

44 – по отбору проб воды из пресных водоёмов для определения содержания в них ⁹⁰Sr;

10 – по отбору проб морской воды для определения содержания в них ⁹⁰Sr;

10 – по отбору проб морского грунта на содержание гамма-излучающих радионуклидов.

На рисунке показано расположение пунктов радиационного мониторинга приземного слоя атмосферы на территории РФ, указаны атомные электростанции (АЭС) и основные радиационно опасные объекты. Полный перечень РОО на территории РФ представлен в Приложении А.1.

Состав сети радиационного мониторинга в федеральных округах РФ представлен в табл. 2.

Таблица 2

Виды наблюдений и количество постов СРМ в федеральных округах РФ

Федеральный округ	МАЭД*	Количество постов наблюдения					
		Радиоактивные аэрозоли в атмосферном воздухе (ВФУ)	Радиоактивные выпадения (планшеты)	Стронций в речной и озёрной воде (С)	Стронций в морской воде (М)	Тритий в речной воде (Р)	Тритий в атмосферных осадках (Т)
Центральный	147	6	46	3	-	1	2
Северо-Западный	166	11	35	9	6	2	4
Северо-Кавказский	44	-	9	-	-	-	-
Южный (с учётом Крыма)	89 (105)	4	22 (28)	3	1	2	2
Приволжский	189	6	36	4	-	1	5
Уральский	134	6	57	12	-	1	1
Сибирский	221	13	66	4	-	2	6
Дальневосточный	262**	7	85	9	3	6	12
Всего по РФ	1268	53	362	44	10	15	32

Примечания: - - наблюдения не проводятся;

* - не учитываются станции, где МАЭД измеряется дозиметром ДП-5 с порогом обнаружения 50 мкЗ/ч;

** - с учётом станции, где МАЭД измеряется только с помощью автоматических комплексов.

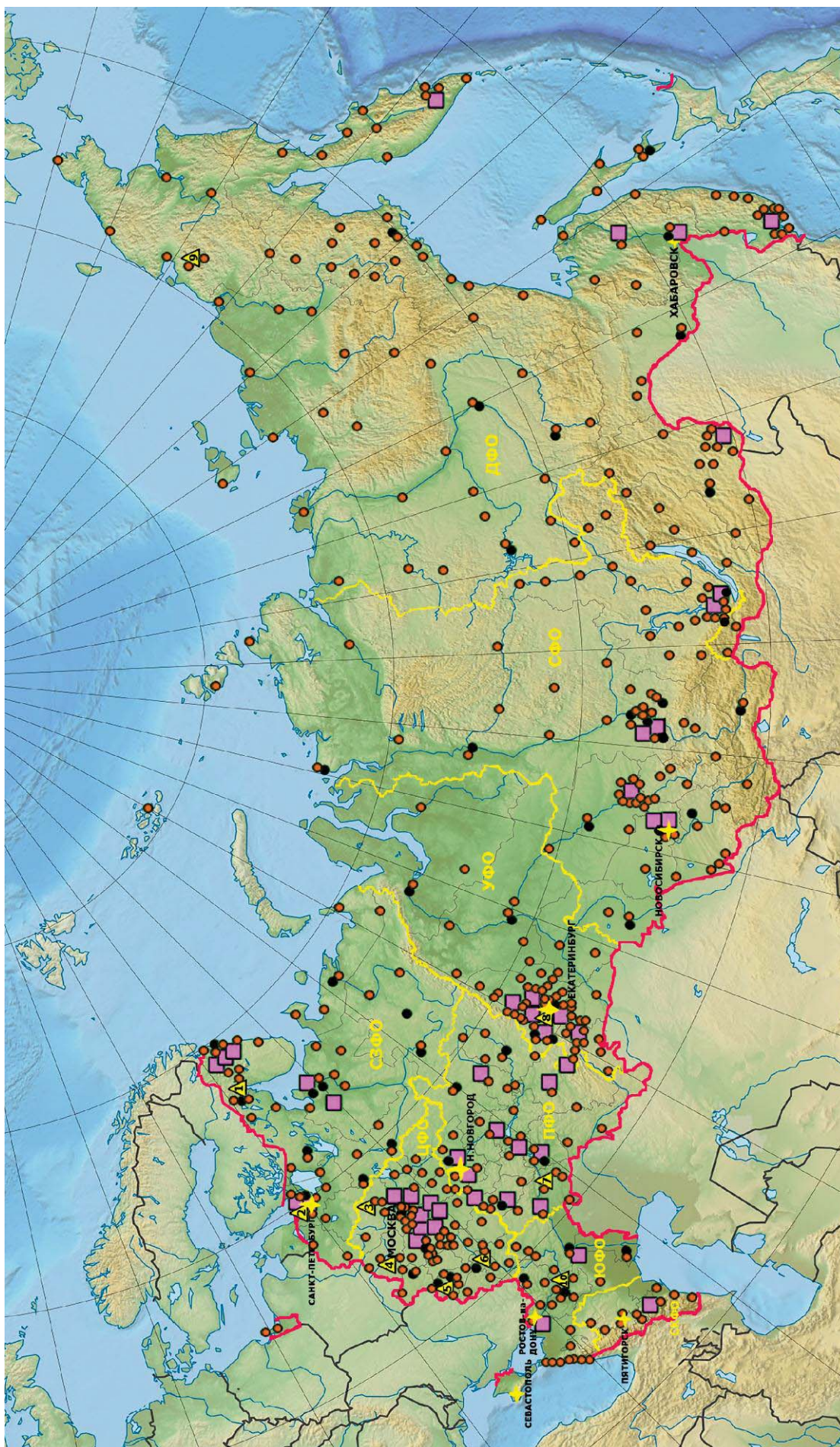


Рис. Схема расположения радиационно опасных объектов и пунктов радиационного мониторинга Росгидромета:

- — отбор радиоактивных аэрозолей с помощью воздухофильтрующих установок;
- — отбор радиоактивных выпадений с помощью планшетов;
- ▲ — АЭС;
- — радиационно опасные объекты.

1. ОБОБЩЁННЫЕ ДАННЫЕ О СОДЕРЖАНИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Наибольшее загрязнение окружающей среды техногенными радионуклидами территории РФ произошло в 1954–1980 годах в период испытаний ядерного оружия в атмосфере.

На некоторых территориях РФ имело место дополнительное радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды: на ЕТР в 1986 г. вследствие радиационной аварии на Чернобыльской АЭС; на АТР в 1957 г. вследствие радиационной аварии на ПО «Маяк», расположенном в Челябинской области, и в 1967 г. из-за ветрового выноса радионуклидов с обнажившихся берегов оз. Карачай, куда сливались жидкие радиоактивные отходы этого предприятия.

Источниками локального радиоактивного загрязнения окружающей среды являются предприятия ядерно-топливного цикла, такие как Сибирский химический комбинат в Томской области (СХК), Горно-химический комбинат (ГХК) в Красноярском крае, ПО «Маяк» в Челябинской области. Существенно меньшее влияние оказывают атомные электростанции (АЭС).

В 2011 г. поступление аварийных выбросов японской АЭС «Фукусима-1» привело к значительному увеличению радиоактивного загрязнения приземной атмосферы на всей территории России, но долговременного загрязнения компонентов природной среды не произошло.

Наблюдения за содержанием радионуклидов в компонентах природной среды (приземная атмосфера, речные, озёрные и морские воды, почва) на территории РФ проводятся стационарными пунктами наблюдения (гидрометеорологическими станциями и постами), входящими в систему радиационного мониторинга (СРМ) Росгидромета.

Приземная атмосфера

Наблюдения за содержанием радионуклидов в приземном слое атмосферы на территории РФ в 2021 г., как и в предыдущие годы, проводились путём непрерывного отбора проб аэрозолей воздухофильтрующими установками на фильтр ФПП-15-1,5 с экспозицией 1–5 суток. Суммарная β -активность ($\Sigma\beta$) суточных проб аэрозолей определялась дважды, через сутки и через пять суток после окончания отбора пробы с помощью тонкоплёночного сцинтилляционного детектора или полупроводникового кремниевого детектора. По результатам измерений $\Sigma\beta$ проб аэрозолей рассчитывалась объёмная $\Sigma\beta$ в приземном слое воздуха. В Ежегоднике приводится объёмная $\Sigma\beta$ радионуклидов с измерением через пять суток после отбора. Если среднесуточная объёмная $\Sigma\beta$ по измерению через сутки превышает $3,7 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³ или по измерению через пять суток в 5 и более раз превышает фоновый уровень за предыдущий месяц, то определяется радиоизотопный состав суточной пробы с помощью γ -спектрометрического анализа. Если значения объёмной $\Sigma\beta$ не превышают вышеуказанных критериев, то пробы из пунктов, расположенных в 100-км зонах РОО, объединяются за месяц, а из пунктов вне 100-км зон РОО – за квартал. Затем проводится γ -спектрометрический анализ объединённых проб для определения активности техногенных и природных γ -излучающих радионуклидов и радиохимический анализ определения содержания ⁹⁰Sr. Методики отбора проб объектов природной среды, подготовка счётных образцов и их анализа описаны в [6–14].

На рис. 1.1 показаны среднегодовые значения объёмной $\Sigma\beta$, взвешенные по территориям отдельных географических районов России на Европейской и Азиатской частях (ЕТР и АТР) и по территории России в целом. Города Брянск и Курск показаны отдельно, вне географических районов, в связи с тем, что они расположены вблизи территорий, загрязнённых в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Также отдельно показан п. Новогорный в Челябинской области, расположенный вблизи ПО «Маяк».

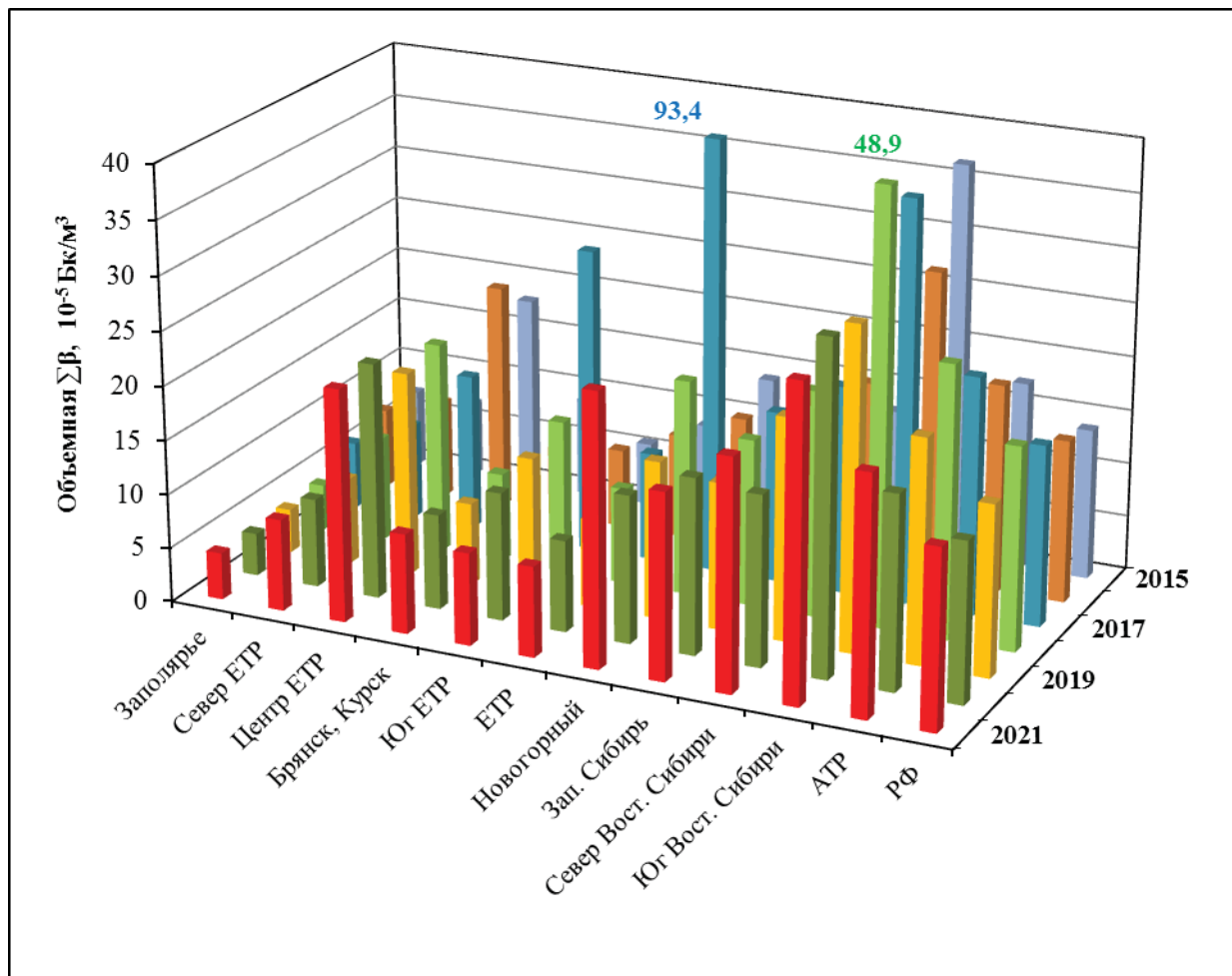


Рис. 1.1. Среднегодовые значения объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе приземного слоя атмосферы на территории РФ в 2015–2021 годах

Группировка пунктов наблюдения за объёмной активностью радиоактивных продуктов в воздухе по географическим регионам РФ дана в Приложении А.2. В Приложениях А.3–А.5 даны средневзвешенные значения объёмной $\Sigma\beta$ активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое атмосферы отдельных географических районов РФ и в целом на территории РФ в 2021 году.

Территориальная принадлежность субъектов РФ географическим регионам, принятым в данном Ежегоднике, приведена в Приложении В.

В 2021 г. наиболее высокие значения объёмной $\Sigma\beta$ наблюдались в центре ЕТР и на юге Восточной Сибири – $21,4$ и $28,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ соответственно. Средневзвешенное по территории РФ значение объёмной $\Sigma\beta$ в приземном слое воздуха в 2021 г. составляло $16,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ и было в пределах диапазона за предшествующие 10 лет ($13,9 \cdot 10^{-5}$ – $19,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). Выраженной временной тенден-

ции изменения величины объёмной $\Sigma\beta$ в последние годы не наблюдается, что можно расценивать как свидетельство стабилизации общей радиационной обстановки в приземном слое атмосферы (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Радиоактивность объектов окружающей среды на территории России в 2010–2021 годах

Радионуклид, параметр	Единицы измерений	Среднегодовые данные по стране												Допустимые уровни
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Воздух													ДОА _{нас.} , Бк/м ³	
Объёмная активность радионуклидов в приземной атмосфере														
$\Sigma\beta$	10 ⁻⁵ Бк/м ³	14,5	14,9	15,1	17,4	16	13,9	15,0	19,6	18,7	15,7	14,7	16,4	-
¹³⁷ Cs	10 ⁻⁷ Бк/м ³	2,4	54,8	2,5	2,6	2,6	2,4	1,8	1,6	1,6	1,4	1,7	1,4	27
⁹⁰ Sr	10 ⁻⁷ Бк/м ³	0,73	0,83	0,89	0,88	0,63	0,85	1,19	1,23	1,07	1,04	1,13	1,15	2,7
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu (Обнинск)	10 ⁻⁹ Бк/м ³	11	6	3	24,9	7,1	27,0	8,2	9,45	3,5	4,9	5,6	5,6	2,5·10 ⁻³
Радиоактивные атмосферные выпадения														
$\Sigma\beta$	Бк/м ² сут	1,2	1,1	1,14	1,1	1,13	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	-
¹³⁷ Cs	Бк/м ² год	< 0,3	0,82	0,16	0,18	0,14	0,19	0,14	0,17	0,12	0,14	0,11	0,16	-
³ H	кБк/ м ² год	1,15	1,21	1,26	1,04	0,8	0,83	0,87	0,87	0,79	0,89	0,72	0,76	-
Объёмная активность радионуклидов в атмосферных осадках														
³ H	Бк/л	2,2	2,5	2,3	1,9	1,7	1,6	1,7	1,75	1,65	1,78	1,34	1,50	-
Вода													УВ, Бк/л	
Объёмная активность радионуклидов в речной воде														
⁹⁰ Sr*	мБк/л	4,2 (4,3)	4,1 (4,5)	4,8 (5,0)	4,3 (4,5)	4,9 (5,0)	4,8 (5,0)	4,6 (5,2)	5,5 (5,8)	3,7 (4,1)	3,6 (4,4)	3,6 (5,0)	3,6 (4,6)	4,9
³ H	Бк/л	1,6-2,9	1,6-2,5	1,3-3,4	1,2-2,7	1,2-2,4	1,9	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,55	7 600
Объёмная активность радионуклидов в морской воде														
⁹⁰ Sr	мБк/л	0,9-5,0	1,2-5,1	1,1-5,4	1,0-6,7	1,2-8,9	1,1-3,5	1,5-6,1**	1,6-3,9**	1,2-4,8**	1,1-5,7	1,8-3,0**	1,4-3,6**	-

Примечание: ДОА_{нас.} – допустимая объёмная активность радионуклида в воздухе для населения по НРБ-99/2009;
 УВ – уровень вмешательства для населения (допустимая объёмная активность питьевой воды) по НРБ-99/2009;
 * – дано осреднение объёмной активности ⁹⁰Sr в воде без учёта проб, отобранных в 2009–2012 годах в водах рек Кама, Вишера, Колва, в 2013–2015 годах – без р. Нева, в 2016–2021 годах – без рек Кама, Вишера, Колва, данные в скобках с учётом всех проб;
 ** – без Таганрогского залива Азовского моря;
 "-" – допустимые уровни не установлены.

Наибольшая средняя по региону величина объёмной $\Sigma\beta$ в последние годы наблюдается на юге Восточной Сибири. Значительный рост здесь произошёл в 2013 г. – до 38,5·10⁻⁵ Бк/м³ (с 16,8·10⁻⁵ Бк/м³ в 2012 г.). В 2014–2017 годах значения колебались в диапазоне 28,7·10⁻⁵–37,1·10⁻⁵ Бк/м³. В 2018 г. зафиксировано наиболее высокое значение за период с 2012 г. – 48,9·10⁻⁵ Бк/м³. В 2019–2021 годах её значение резко уменьшилось, приблизившись к нижнему пределу диапазона 2014–2017 годов, и составила 29,8·10⁻⁵; 30,5·10⁻⁵ и 28,7·10⁻⁵ Бк/м³ соответственно.

В зоне загрязнения ЧАЭС (Брянск, Курск) средневзвешенная объёмная $\Sigma\beta$ увеличилась с 8,2·10⁻⁵ Бк/м³ в 2020 г. до 9,2·10⁻⁵ в 2021 году. При этом её средняя величина сильно отличается в этих пунктах: в Брянске она равна 5,7·10⁻⁵ Бк/м³, а Курске – 19,4·10⁻⁵ Бк/м³.

В Новогорном объёмная $\Sigma\beta$, которая резко уменьшилась в 2018 г. по сравнению с 2017 г. от $93,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ до $19,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в 2019–2020 годах составила $14,5 \cdot 10^{-5}$ и $13,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, а в 2021 г. вновь увеличилась до $25,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³.

В 2021 г. наиболее высокие значения объёмной $\Sigma\beta$ наблюдались в декабре в Сухобузимском (Красноярский край) ($299,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, при среднемесечном $21,3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³), в феврале в Нижнем Новгороде ($186,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, при среднемесечном $29,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³), в декабре в Обнинске (Калужская обл.) ($159,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, при среднемесечном $28,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). В диапазоне $(100–150) \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ максимальные значения фиксировались ещё в 11 городах, 7 из них расположены в АТР.

Среднегодовая величина объёмной $\Sigma\beta$ по территории ЕТР в 2021 г. мало изменилась по сравнению с 2020 г. – $8,3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ против $8,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. А по территории АТР среднегодовая величина объёмной $\Sigma\beta$ в 2021 г. была $21,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ против $18,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в 2020 году.

Повышенные значения объёмной $\Sigma\beta$, как правило, наблюдались за счёт природных радионуклидов, в пробах обнаруживались только продукты распада радия и тория.

По оперативным данным СРМ Росгидромета, в 2021 г., как и в 2020 г., на территории России не было зафиксировано повышения объёмной $\Sigma\beta$ до экстремально высоких значений. Случаев высоких значений объёмной $\Sigma\beta$ радионуклидов в аэрозолях (более пятикратного превышения над средним уровнем предыдущего месяца) в 2021 г. было 27 (в 2020 г. – 22 случая). Наиболее высокие величины объёмной $\Sigma\beta$ в 2021 г. наблюдались в пунктах Обнинск ($159 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³), Сухобузимское ($299,3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, $129 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, $116,9 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³).

Наиболее высокие случаи ВЗ по выпадениям $\Sigma\beta$ (всего 10 случаев) были зафиксированы в пунктах Туруханск ($113,24$ Бк/м²·сутки; $45,8$ Бк/м²·сутки) и Астрахань ($48,2$ Бк/м²·сутки). Максимальные превышения выпадений $\Sigma\beta$ над фоновыми значениями в Туруханске были в 103 раза, Астрахани – в 44 раза.

Наибольшее количество случаев ВЗ (всего по объёмной $\Sigma\beta$ и выпадениям $\Sigma\beta$) отмечалось на территории Среднесибирского УГМС – 30.

Наибольшее число случаев ВЗ на территории России отмечалось зимой: в декабре – 17, январе – 6, феврале – 3. Причём, что в 2021 г. максимумы величин объёмной $\Sigma\beta$ и выпадений $\Sigma\beta$, а также величины превышения фоновых уровней и количество случаев ВЗ были выше, чем в 2020 году.

На рис. 1.2 показана динамика среднемесечной объёмной $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы в 2020–2021 годах на территории РФ. Среднемесечные величины объёмной $\Sigma\beta$, взвешенные по географическим регионам, приведены в Приложении А.3.

Наиболее высокие среднемесечные значения объёмной $\Sigma\beta$ в отдельных населённых пунктах наблюдались на территории ЕТР в январе: в Нижнем Новгороде – $47,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, Обнинске – $53,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, Нововоронеже – $49,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, Самаре – $51,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³.

На территории АТР наиболее высокие среднемесечные значения объёмной $\Sigma\beta$ наблюдались в течение всего года в Хабаровске – в интервале от $20,4 \cdot 10^{-5}$ в мае до $65,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в январе, в Благовещенске – от $27,6 \cdot 10^{-5}$ в декабре до $64,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в марте, в Иркутске – от $23,0 \cdot 10^{-5}$ в сентябре до $53,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в январе, во Владивостоке – от $17,5 \cdot 10^{-5}$ в июне до $74,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в январе, в

В. Дуброво – от $20,9 \cdot 10^{-5}$ в сентябре до $76,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в январе. В отдельные месяцы объёмная $\Sigma\beta$ в диапазоне $15 \cdot 10^{-5}$ – $50 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ наблюдалась в Ангарске, Омске, Сухобузимском, Якутске.

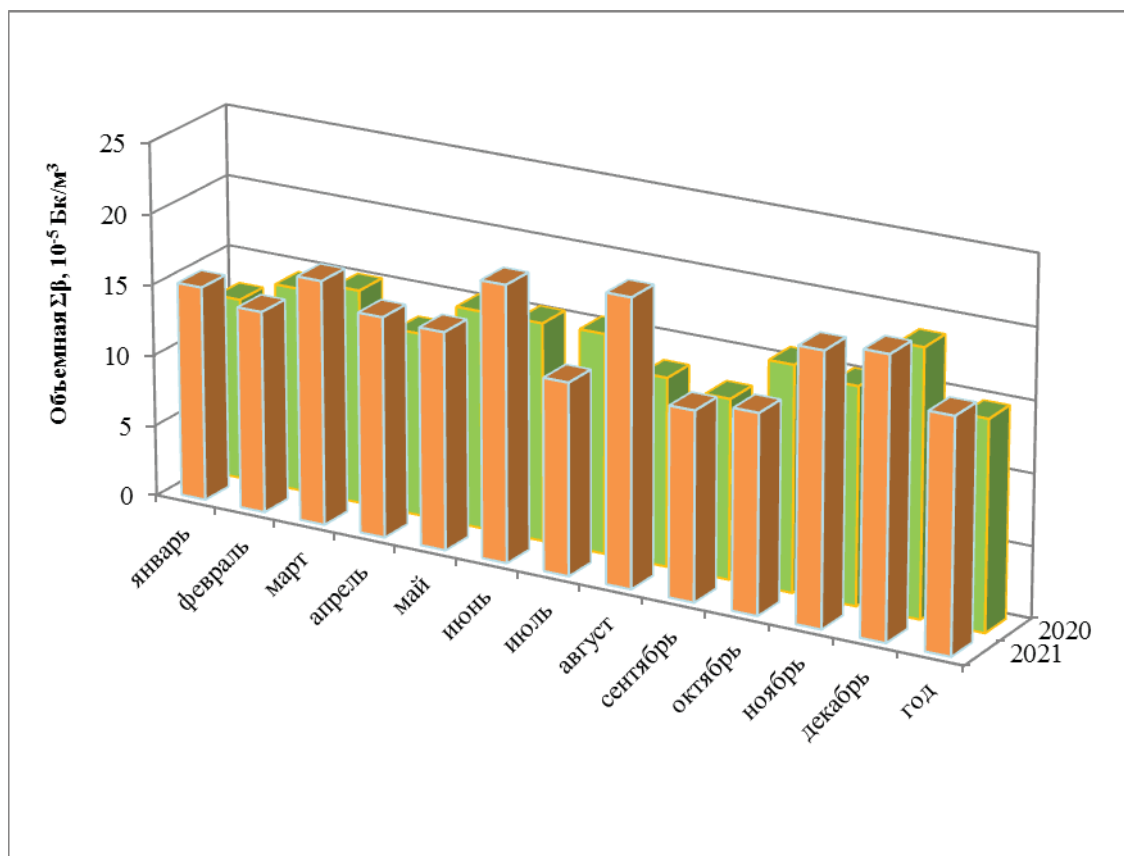


Рис. 1.2. Среднемесячные объёмные $\Sigma\beta$, средневзвешенные по территории РФ в 2020–2021 годах

На рис. 1.3 показаны средние объёмные активности ^{137}Cs в воздухе в 2015–2021 годах, взвешенные по территориям отдельных географических районов России, по ЕТР, АТР и по территории РФ в целом.

Наиболее высокие значения объёмной активности ^{137}Cs постоянно фиксируются в загрязнённой в результате аварии на ЧАЭС зоне (Брянск, Курск).

До 2020 г. они в 1,5–2 раза превышали средние уровни центра ЕТР. Однако в 2020 г. произошло существенное увеличение объёмной активности ^{137}Cs в центре ЕТР (с $3,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ до $6,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и на юге ЕТР (с $2,8 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ до $6,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). В загрязнённой зоне также произошло увеличение, но менее значительное – с $4,2 \cdot 10^{-7}$ до $5,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, т.е. среднегодовая величина в загрязнённой зоне оказалась меньше, чем в промышленно развитых районах ЕТР.

В 2021 г. обычное распределение объёмной активности ^{137}Cs на территории ЕТР восстановилось – в загрязнённой зоне её величина составила $4,9 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ против $3,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ в центре и на юге ЕТР. В целом по ЕТР произошло уменьшение с $2,4 \cdot 10^{-7}$ до $1,9 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, а по АТР – с $1,3 \cdot 10^{-7}$ до $1,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

По другим регионам изменения были незначительны и составляли не более $0,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, а в целом по территории России произошло уменьшение объёмной активности ^{137}Cs от $1,7 \cdot 10^{-7}$ до $1,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Существенно более высокие значения объёмной активности ^{137}Cs наблюдаются в п. Новогорный (Челябинская обл., ПО «Маяк»), наибольшие значения относятся к 2012 г. – $4,4 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$, что на два порядка выше, чем в других регионах, и в 170 раз больше средневзвешенной по РФ в том же году ($2,5 \cdot 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$). В последующие годы она постоянно снижалась по 2017 г., в 2018 г. несколько увеличилась и составила $18,4 \cdot 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$ (в 2015 г. – $67,2 \cdot 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$, в 2016 г. – $28,1 \cdot 10^{-7}$, в 2017 г. – $16,9 \cdot 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$). В 2020 г. уменьшение продолжилось, объёмная активность ^{137}Cs здесь составила $13,8 \cdot 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$ против $16,2 \cdot 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$ в 2019 году. В 2021 г. произошло резкое увеличение объёмной активности ^{137}Cs – до $66,7 \cdot 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$ – главным образом за счёт высокой концентрации в феврале, составившей $480,0 \cdot 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$.

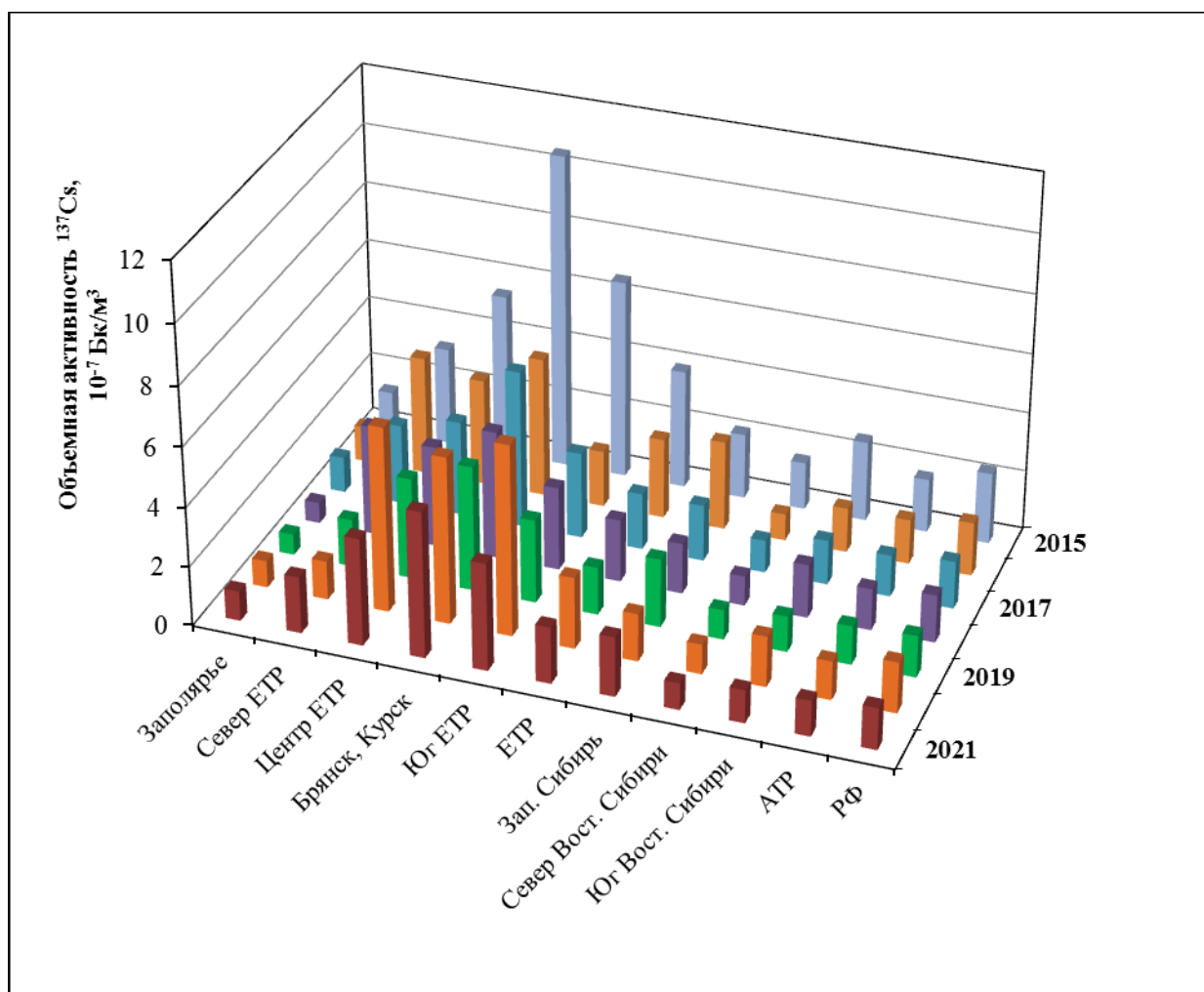


Рис. 1.3. Средние значения объёмной активности ^{137}Cs в воздухе приземного слоя атмосферы на территории РФ в 2015–2021 годах

Повышенные на порядок значения объёмной активности ^{137}Cs по всем регионам и по РФ в целом наблюдались в 2011 г., что было связано с поступлением аварийных выбросов АЭС «Фукусима-1» (табл. 1.1). Наиболее высокие среднегодовые значения объёмной активности ^{137}Cs (не считая п. Новогорный) были на юге ЕТР и в загрязнённой зоне (Брянск, Курск) – $160 \cdot 10^{-7}$ и $127 \cdot 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$ соответственно.

На рис. 1.4 представлены среднемесячные значения объёмной активности ^{137}Cs в воздухе в 2019–2021 годах, взвешенные по территории РФ. Обращает на себя внимание заметное увеличение среднемесячных концентраций ^{137}Cs во втором квартале 2020 г. (до $2,2\text{--}3,3 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), как по сравнению со вторым кварталом 2019 г. ($1,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), так и со вторым кварталом 2021 г. ($1,6\text{--}1,8 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Причём во всех трёх случаях именно во втором квартале наблюдаются наиболее высокие концентрации. В остальные месяцы значения были в диапазоне $1,3\text{--}1,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Средневзвешенные по отдельным районам величины среднемесячной объёмной активности ^{137}Cs приведены в Приложении А.4.

Такое увеличение активности ^{137}Cs в воздухе в 2020 г. в значительной степени определялось концентрациями в апреле в Курчатове (Курская АЭС) – $224 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (среднегодовое – $30,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и в Нововоронеже $86 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (среднегодовое – $15,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

В 2021 г. наиболее высокая активность ^{137}Cs в воздухе в мае в Курчатове – $50,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (среднегодовое – $13,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

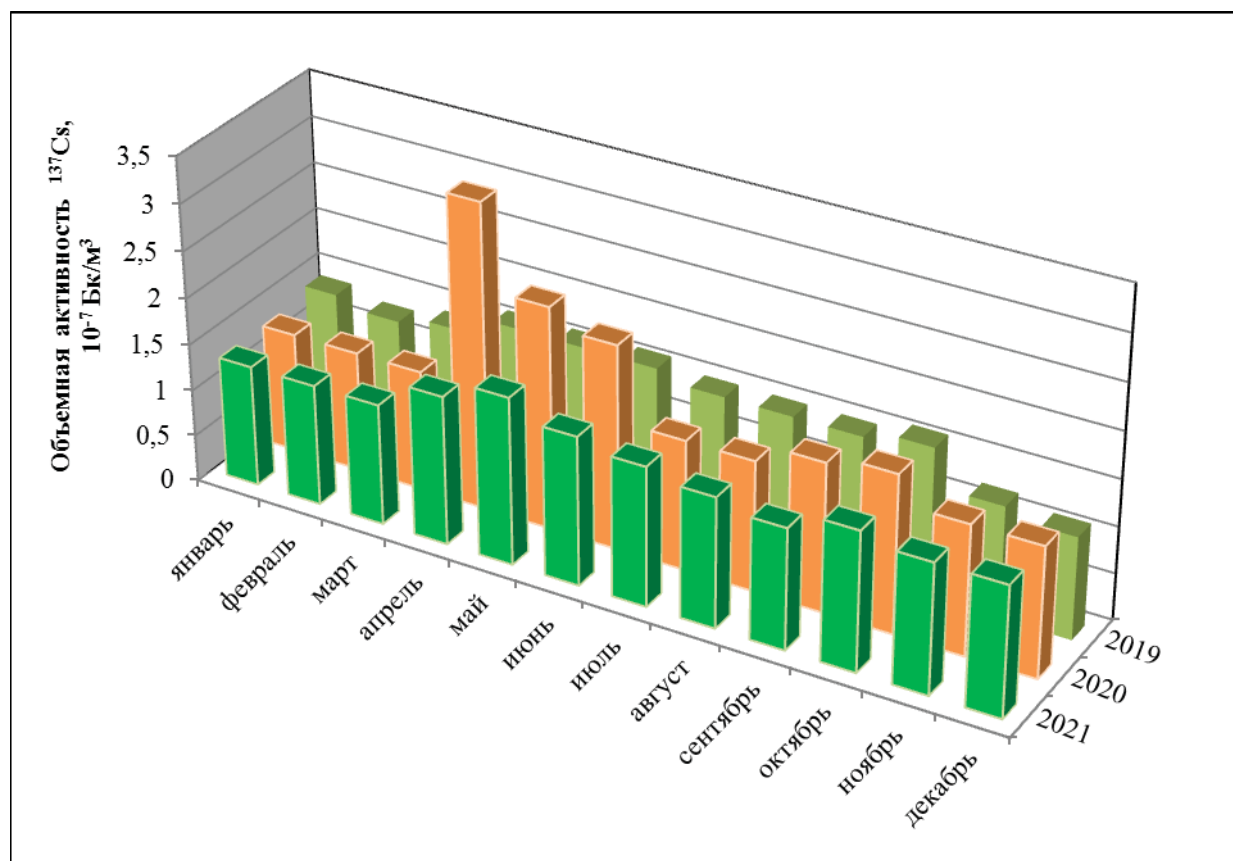


Рис. 1.4. Среднемесячная объёмная активность ^{137}Cs по территории РФ в воздухе приземного слоя атмосферы в 2019–2021 годах

В других пунктах наблюдения среднемесячные объёмные активности ^{137}Cs в воздухе превышали уровень в $10,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ вблизи загрязнённой в результате чернобыльской аварии зоны России в городах Брянске – $12,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ в октябре и Курске в мае – $13,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (среднегодовое – $4,3 \cdot 10^{-7}$ и $6,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). В 100-км зоне ПО «Маяк», в пунктах Новогорный все среднемесячные

значения, за исключением декабря, превышали этот уровень, а наиболее высокое значение зафиксировано в феврале – $480,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, в Аргаяше такое превышение наблюдалось с марта по август и в конце этого периода составило $121 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. В Кыштыме в марте-апреле было $10,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, в августе и сентябре – $47,0 \cdot 10^{-7}$ и $18,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. В остальное время значения были меньше $10,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Приведённые выше максимальные среднемесячные объёмные активности ¹³⁷Cs превышали средневзвешенное значение по территории РФ до 340 раз, однако были на шесть-семь порядков ниже допустимой объёмной активности ¹³⁷Cs в воздухе для населения (ДОО_{НАС} равна 27 Бк/м³ по НРБ-99/2009 [1]).

Средневзвешенная по территории РФ объёмная активность ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы на территории РФ в 2020–2021 годах представлена на рис. 1.5. В 2021 г. во всех регионах ЕТР, за исключением Заполярья, объёмная активность ⁹⁰Sr уменьшилась, как и в целом по ЕТР. В Заполярье она практически не изменилась – $0,26 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ против $0,245 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Значительное уменьшение наблюдалось в загрязнённой зоне (Брянск, Курск) – до $0,75 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ против $1,30 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ в 2020 г. и в центре ЕТР – до $0,54 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ против $0,98 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Средневзвешенная по территории ЕТР объёмная активность ⁹⁰Sr составила $0,46 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. (в 2020 г. – $0,57 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Наибольшая среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы в 2021 г. наблюдалась в Западной Сибири ($1,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и на севере Восточной Сибири ($1,3 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), в 2020 г. в этих регионах было $1,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ и $1,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ соответственно.

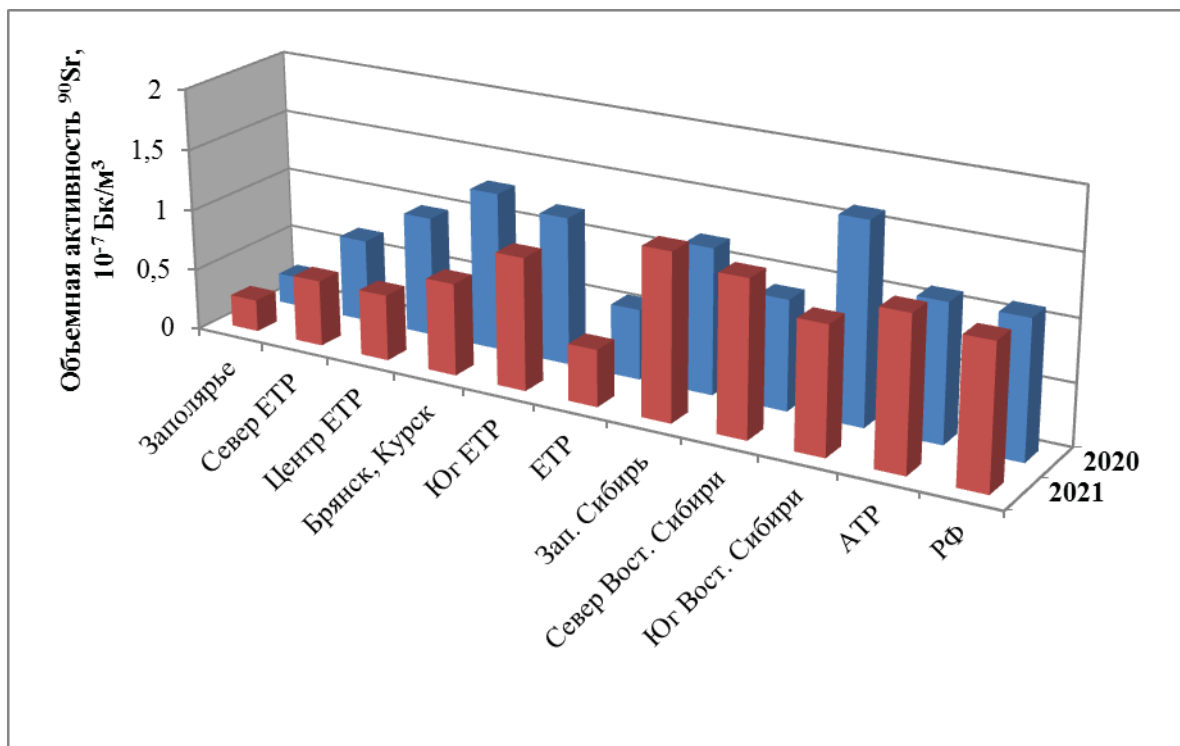


Рис. 1.5. Средневзвешенная объёмная активность ⁹⁰Sr в воздухе приземного слоя атмосферы на территории РФ в 2020–2021 годах

Средневзвешенная по территории РФ объёмная активность ^{90}Sr в 2016–2017 годах заметно увеличилась по сравнению со средними значениями за 2005–2015 гг. (от $0,73 \cdot 10^{-7}$ до $0,97 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и составила $1,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. В 2018 г. она уменьшилась до $1,07 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, в 2019 г. – до $1,04 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, в 2020–2021 годах вновь увеличилась до $1,11 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ и $1,15 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, но по-прежнему остаётся выше диапазона 2005–2015 годов (рис. 1.6).

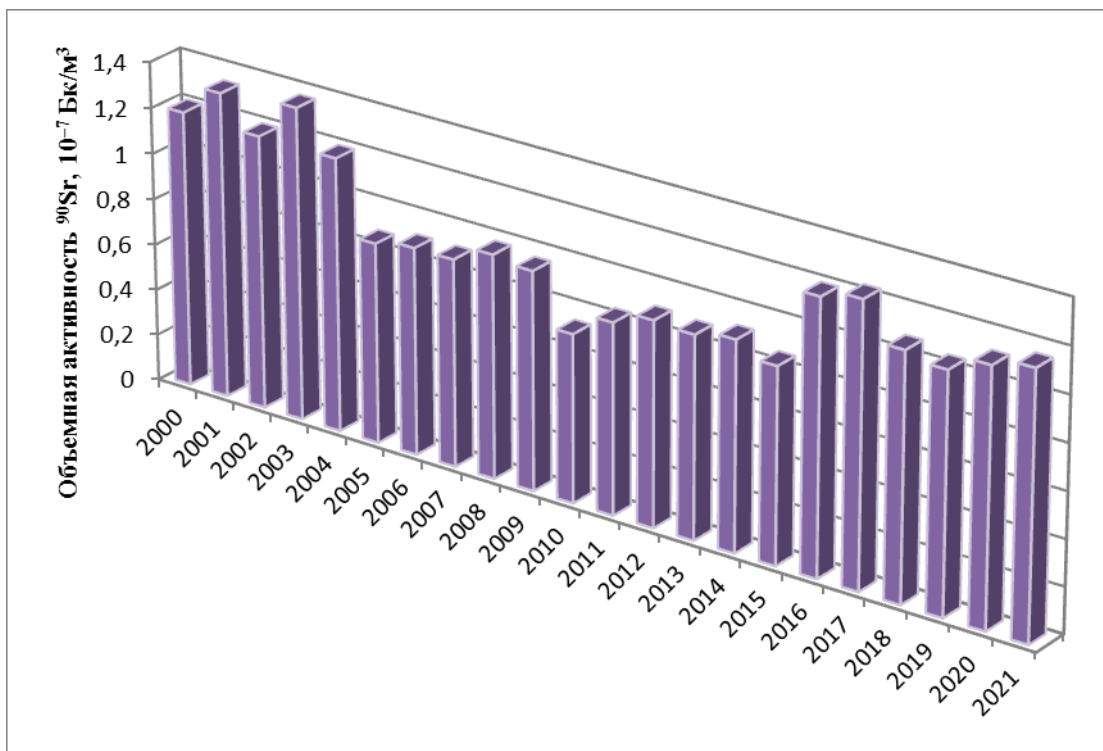


Рис. 1.6. Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в воздухе приземного слоя атмосферы, средневзвешенная по территории РФ в 2000–2021 годы

На ЕТР наиболее высокая объёмная активность ^{90}Sr была зафиксирована в 1-м полугодии на севере – в Северодвинске ($1,98 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и Петрозаводске ($1,86 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и на юге – Астрахань ($1,72 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и Волгоград ($1,47 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), повышенные, по сравнению с фоновыми, объёмные активности ^{90}Sr в 2020 г. были зафиксированы также в 1-м полугодии в Нововоронеже, Курске и Вологде – $1,51 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, $1,42 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ и $1,03 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ и во 2-м полугодии в Цимлянске – $1,15 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Во всех остальных пунктах наблюдения на ЕТР объёмная активность ^{90}Sr была меньше $1,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Наиболее высокие полугодовые объёмные активности ^{90}Sr на АТР в 2021 г. наблюдались: в 1-м полугодии в п. Сухобузимское (100-км зона ГХК) – $4,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (самое высокое значение активности ^{90}Sr , зафиксированное в 2021 г.), Омске – $3,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, Иркутске (АЭХК) – $3,3 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, Ангарске – $2,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Во 2-м полугодии высокие значения зафиксированы только в п. В. Дуброво Свердловской области (Белоярская АЭС) – $4,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, Благовещенске – $2,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ и Омске – $2,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Указанные выше объёмные активности ^{90}Sr до 3,5 раз превышали средневзвешенную активность по территории РФ, но на семь порядков ниже ДОО_{НАС} ^{90}Sr в воздухе ($2,7$ Бк/м³) по НРБ-99/2009 [1].

Объёмная активность ^{90}Sr в загрязнённой в результате аварии на ЧАЭС зоны (Брянск, Курск) с 2010 по 2019 год не превышала уровней, наблюдавшихся на незагрязнённой территории центра ЕТР, и только в 2020 г. составила $1,3 \cdot 10^{-7}$ против $0,98 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. В 2021 г. её уровень заметно понизился – до $0,75 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, хотя по-прежнему превышает средний уровень по ЕТР – $0,46 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Средние за квартал и по полугодиям объёмные активности ^{90}Sr даны в Приложении А.5.

Следует отметить, что объёмные активности ^{90}Sr в приземном слое атмосферы имеют сезонный ход, наибольшие значения наблюдаются во II и III кварталах (что обусловлено сельскохозяйственными работами, сопровождающимися пылением почвы). Начиная с 2015 г. определение объёмной активности ^{90}Sr проводится по полугодиям.

На рис. 1.6 приведены средневзвешенные по территории РФ значения объёмной активности ^{90}Sr в приземном слое атмосферы в 2000–2021 годах. В 2016–2021 годах среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в приземном слое атмосферы на территории РФ повысилась до уровней 2000–2004 годов и была в диапазоне от $1,04 \cdot 10^{-7}$ до $1,23 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что выше значений 2005–2015 годов – $(0,73–0,97) \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

В Институте проблем мониторинга окружающей среды ФГБУ «НПО «Тайфун» проводится радиохимический анализ месячных проб аэрозолей, отобранных в г. Обнинске Калужской обл. (ГНЦ РФ ФЭИ им. А.И. Лейпунского), и квартальных проб, отобранных в г. Курске (Курская АЭС), для определения содержания изотопов плутония. Анализ проб после радиохимического выделения плутония проводился на спектрометре 570А-450 фирмы «Ortec». Объёмные активности суммы изотопов плутония $^{239+240}\text{Pu}$ в приземном слое атмосферы г. Обнинска и Курска показаны на рис. 1.7.

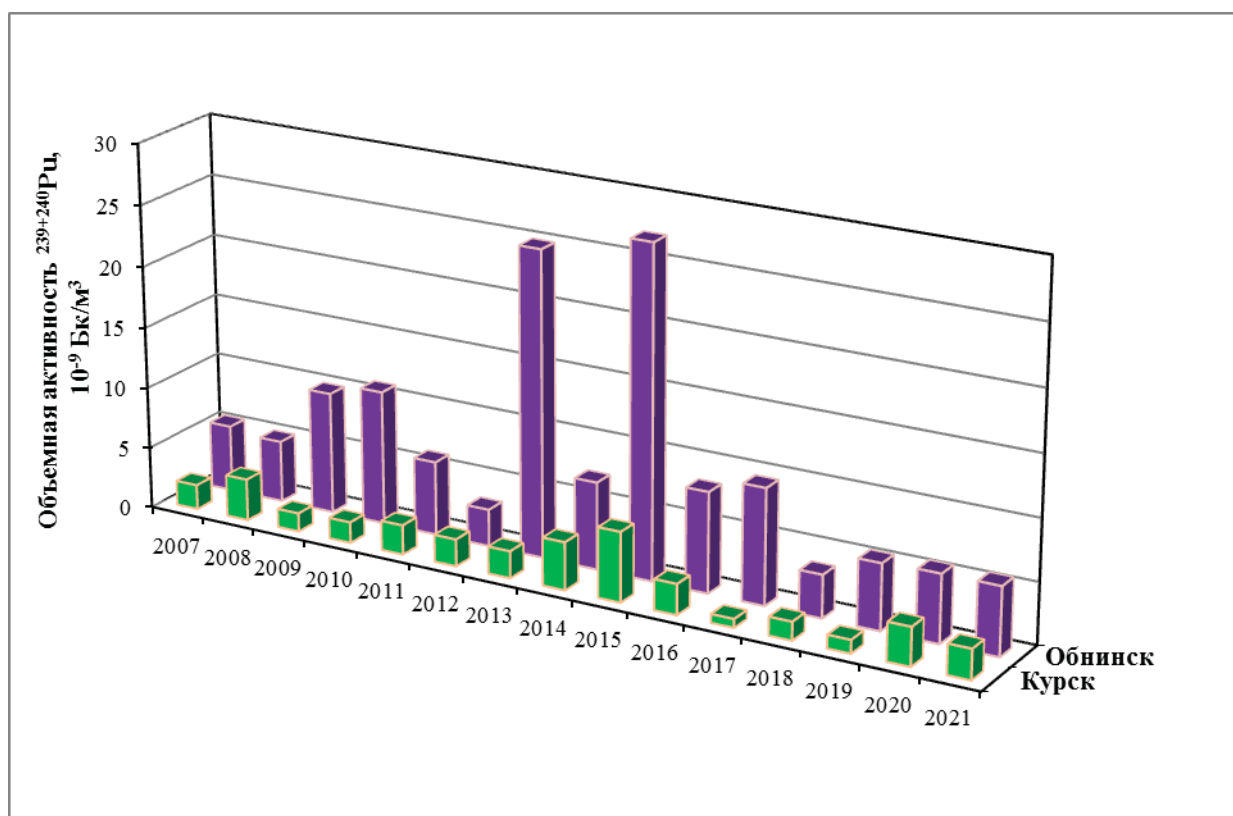


Рис. 1.7. Среднегодовая объёмная активность $^{239+240}\text{Pu}$ в воздухе приземного слоя атмосферы на территории городов Курска и Обнинска в 2007–2021 годах

Хорошо видно, что в г. Обнинске в 2009 и 2010 годах средняя объёмная активность $^{239+240}\text{Pu}$ была в 2 раза больше, чем в 2007–2008 годах ($10,4 \cdot 10^{-9}$ и $5,2 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³). В 2011 и 2012 годах наблюдалось уменьшение объёмной активности до $6 \cdot 10^{-9}$ и $3 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³ соответственно. В 2013 г. среднегодовая объёмная активность $^{239+240}\text{Pu}$ резко выросла до $24,9 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³ за счёт высокого уровня в октябре – $247 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³. В 2014 г. среднегодовая объёмная активность $^{239+240}\text{Pu}$ значительно уменьшилась – до $7,1 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³, а в 2015 г. вновь увеличилась до $27,0 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³, как и в 2013 г., за счёт резких кратковременных скачков активности в феврале и октябре – $123,2 \cdot 10^{-9}$ и $60,2 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³ соответственно. В 2018 г. объёмная активность $^{239+240}\text{Pu}$ имеет наименьшее значение с 2013 г., равное $3,5 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³. В 2019–2020 годах наблюдается стабилизация объёмной активности $^{239+240}\text{Pu}$ на уровне около $5,5 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³. Среднемесячная объёмная активность $^{239+240}\text{Pu}$ в г. Обнинске в этот период изменялась в широком диапазоне, особенно в 2020 г. – от $0,26 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³ в июне до $23,8 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³ в августе.

Все зафиксированные значения на пять-шесть порядков ниже ДОА_{НАС} $^{239+240}\text{Pu}$ ($2,5 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³) по НРБ-99/2009 [1]. Среднемесячные объёмные активности изотопов плутония в 2020 г. приведены в табл. 3 Приложения А.5.

В г. Курске, где измерения до 2017 г. проводились поквартально, а позже – по полугодиям, средняя объёмная активность $^{239+240}\text{Pu}$ имеет меньшую величину и распределена по годам более равномерно – в диапазоне от $0,7 \cdot 10^{-9}$ до $5,7 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³ (в 2017 и 2015 годах соответственно), однако обычно находится в диапазоне от $1,5 \cdot 10^{-9}$ до $2,5 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³.

Объёмные активности ^{238}Pu в Обнинске в этот период (рис. 1.8) распределены очень неравномерно и изменялись от $2 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³ в 2012 г. до $26,5 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³ – в 2020 году. В Курске среднегодовые значения активности ^{238}Pu не превышают $3 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³, и только в 2015 г., как и активность $^{239+240}\text{Pu}$, активность достигла максимальной величины и составила $11,5 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³.

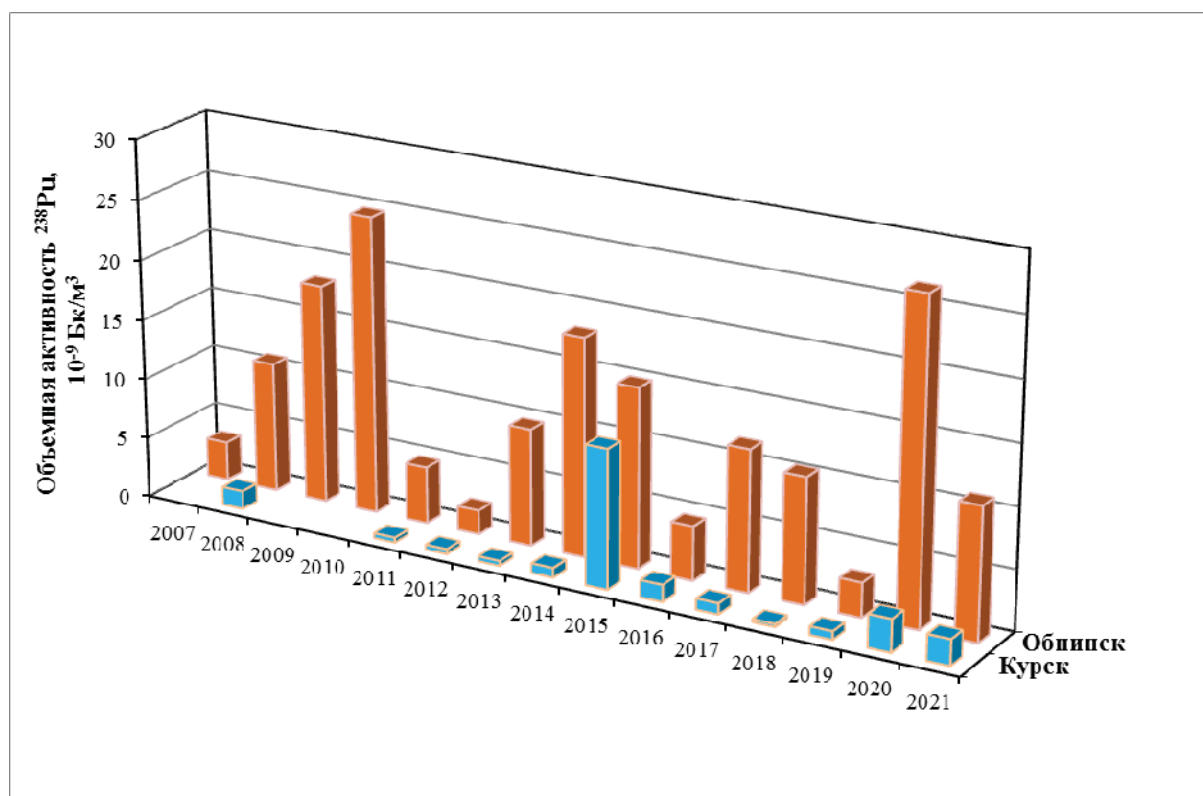


Рис. 1.8. Среднегодовая объёмная активность ^{238}Pu в воздухе приземного слоя атмосферы на территории городов Курска и Обнинска в 2007–2021 годах

Основным источником плутония в Курске является Курская АЭС, для которой, как и для других АЭС в режиме генерации электроэнергии, характерен стабильный и наиболее низкий уровень выбросов радионуклидов. В этот период колебания активности в приземном воздухе связаны в основном с условиями рассеяния. Значительные увеличения, как и в 2015 г., очевидно, связаны с техническим обслуживанием оборудования. Более подробно разные типы источников плутония рассмотрены в [21].

В приземном слое атмосферы г. Обнинска ^{131}I обнаруживается преимущественно в молекулярной форме, в 2021 г. при ежедневных наблюдениях ^{131}I фиксировался 109 раз, его средняя активность в молекулярной форме составляет $114 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в 2020 г. – $124 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). В остальные дни года его активность оказывалась меньше порога обнаружения ($< 0,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³).

В аэрозольной форме в 2021 г. средняя активность ^{131}I практически не изменилась с прошлого года и составила $30,9 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в 2020 г. – $31,3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). Причём из 109 измерений в 36 случаях его активность в аэрозольной форме оказывалась меньше порога обнаружения ($< 0,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³).

Максимальная величина объёмной активности ^{131}I в приземной атмосфере г. Обнинска в 2021 г. наблюдалась в начале февраля и составила $2,9 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³ (в июне 2020 г. – $3,9 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³). В июне суммарная концентрация ^{131}I была наибольшей за год и составила $3,7 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³. Также достаточно высокая концентрация наблюдалась в январе, апреле, августе и октябре – $2,2 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³, $2,0 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³, $1,3 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³ и $3,1 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³ соответственно. В остальные месяцы суммарная концентрация не превышала $0,9 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³. Среднегодовая объёмная активность ^{131}I в 2021 г. увеличилась относительно 2020 г. и составила $40,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в 2020 г. – $38,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). Появление йода обусловлено местным источником – филиалом АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова». Все зафиксированные значения были на два–пять порядков ниже допустимого уровня по НРБ-99/2009 ДОА_{НАС.}, равного $7,3$ Бк/м³.

На рис. 1.9 показана динамика средневзвешенных по территории РФ среднегодовых объёмных активностей ^{90}Sr , ^{137}Cs и объёмной $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы на территории РФ в 1991–2021 годах. Их объёмные активности в течение указанного периода постепенно уменьшаются. Объёмные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr с 1991 г. уменьшились к 2010 г. в 9 и 3 раза соответственно. Величина объёмной активности ^{90}Sr в 2016–2021 годы несколько повысилась по сравнению с 2010–2015 годами и колебалась в диапазоне от $(1,04-1,2) \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

В 2011 г. произошло увеличение объёмной активности ^{137}Cs за счёт поступления аварийных выбросов японской АЭС «Фукусима-1», в 2012–2020 годы вновь установились значения, близкие уровням 2004–2010 годов, что можно рассматривать как стабилизацию на уровне техногенного фона. Объёмная активность ^{90}Sr в воздухе при прохождении аварийных выбросов по территории России практически не изменилась. Среднегодовые объёмные активности радионуклидов за этот период были на шесть–семь порядков ниже допустимых объёмных активностей в воздухе для населения (ДОА_{НАС.}) по НРБ-99/2009 [1].

Среднемесячная величина объёмной активности трития в атмосферных осадках по территории РФ в 2021 г. колебалась в пределах 1,1–2,0 Бк/л и в среднем за год составила 1,49 Бк/л.

Хотя техногенные радионуклиды, поступившие с воздушными массами на территорию России в последней декаде марта и в апреле 2011 г. в результате аварии на АЭС «Фукусима-1»

и кратковременно увеличили содержание техногенных радионуклидов в приземном слое атмосферы. Все зарегистрированные величины были на шесть-семь порядков ниже допустимых объёмных активностей в воздухе для населения (ДОНАС) по НРБ-99/2009 [1].

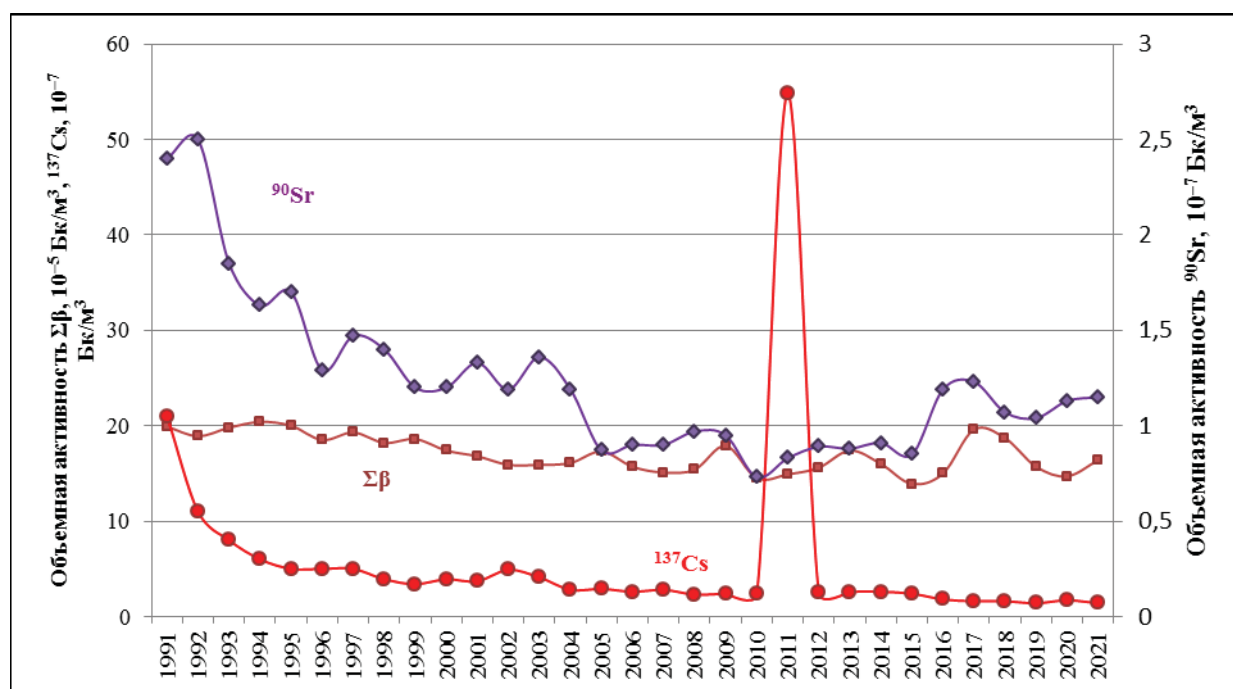


Рис. 1.9. Динамика объёмной активности радионуклидов в приземном слое атмосферы на территории РФ в 1991–2021 годах

Атмосферные выпадения

Отбор проб радиоактивных выпадений на подстилающую поверхность на территории РФ в 2021 г., как и ранее, производился с помощью марлевых планшетов без бортиков с суточной экспозицией. Подготовка проб и измерения величины $\Sigma\beta$ и радиоизотопного состава проб аналогичны методикам обработки и измерений проб аэрозолей [6–13].

Группировка пунктов наблюдений за атмосферными выпадениями по географическим районам РФ приведена в Приложении А.6, а средневзвешенные по территории РФ величины выпадений $\Sigma\beta$ для этих районов – в Приложении А.7, табл. 1. Подробная схема соотнесения географических регионов, принятых в данном Ежегоднике, с субъектами РФ и федеральными округами приведена в Приложении В.

Как видно на рис. 1.10, средневзвешенные годовые значения $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 г., по сравнению с предыдущим годом, увеличились незначительно – увеличение не превышало 0,1 Бк/м², за исключением Западной Сибири, где годовые выпадения $\Sigma\beta$ в 2021 г. составили 1,4 Бк/м² против 1,19 Бк/м² в 2020 году. Главным образом из-за этого прироста увеличились выпадения на территории АТР (от 1,08 Бк/м² до 1,18 Бк/м²) и в целом по России (1,01 Бк/м² до 1,09 Бк/м²).

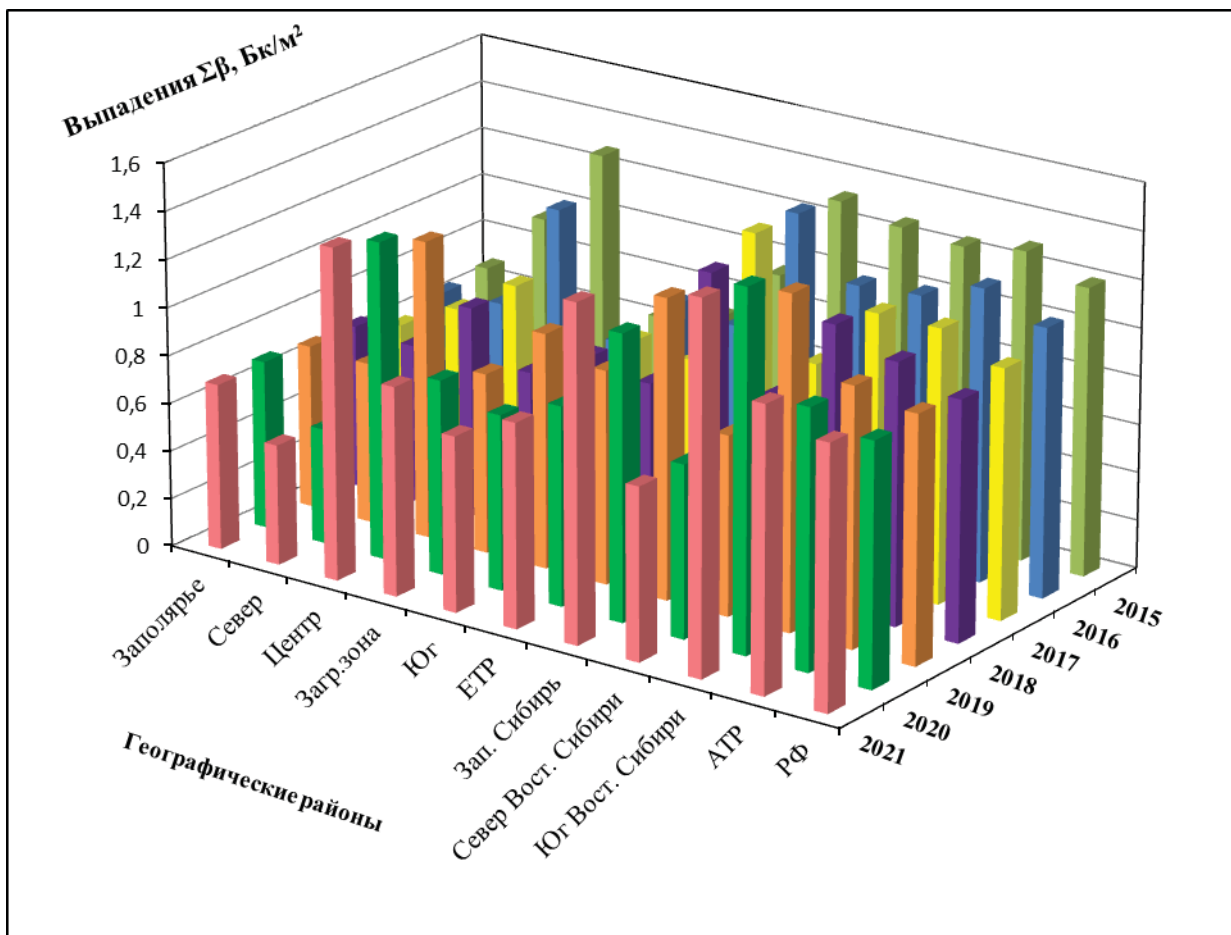


Рис. 1.10. Средневзвешенные годовые значения $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений по географическим районам РФ в 2015–2021 годах

В 2021 г. максимальные величины $\Sigma\beta$ выпадений были зафиксированы в пунктах наблюдения в Астрахани в январе ($48,2 \text{ Бк/м}^2\text{-сут}$), среднегодовая величина $\Sigma\beta$ выпадений здесь составила $1,8 \text{ Бк/м}^2$, что выше средней величины по РФ ($1,1 \text{ Бк/м}^2$). В остальных пунктах наблюдения максимальные суточные величины $\Sigma\beta$ выпадений были меньше 20 Бк/м^2 , а среднегодовые лежат в диапазоне $0,2\text{--}5,4 \text{ Бк/м}^2$.

Атмосферные выпадения ^{137}Cs на территории ЕТР в 2015–2021 годах показаны на рис. 1.11. Средние по кварталам 2020 г. значения выпадений ^{137}Cs , средневзвешенные по регионам ЕТР, приведены в Приложении А.7, табл. 2.

Годовые выпадения ^{137}Cs в центре ЕТР в 2021 г. незначительно уменьшились – до $0,25 \text{ Бк/м}^2$, в 2020 г. было $0,28 \text{ Бк/м}^2$. В целом по ЕТР произошло незначительное уменьшение – с $0,18$ до $0,17 \text{ Бк/м}^2$. Величина квартальных выпадений ^{137}Cs по АТР в основном была ниже предела обнаружения. В целом выпадения ^{137}Cs , средневзвешенные по территории РФ, в 2021 г. составили $0,16 \text{ Бк/м}^2$ против $0,11 \text{ Бк/м}^2$ в 2020 году.

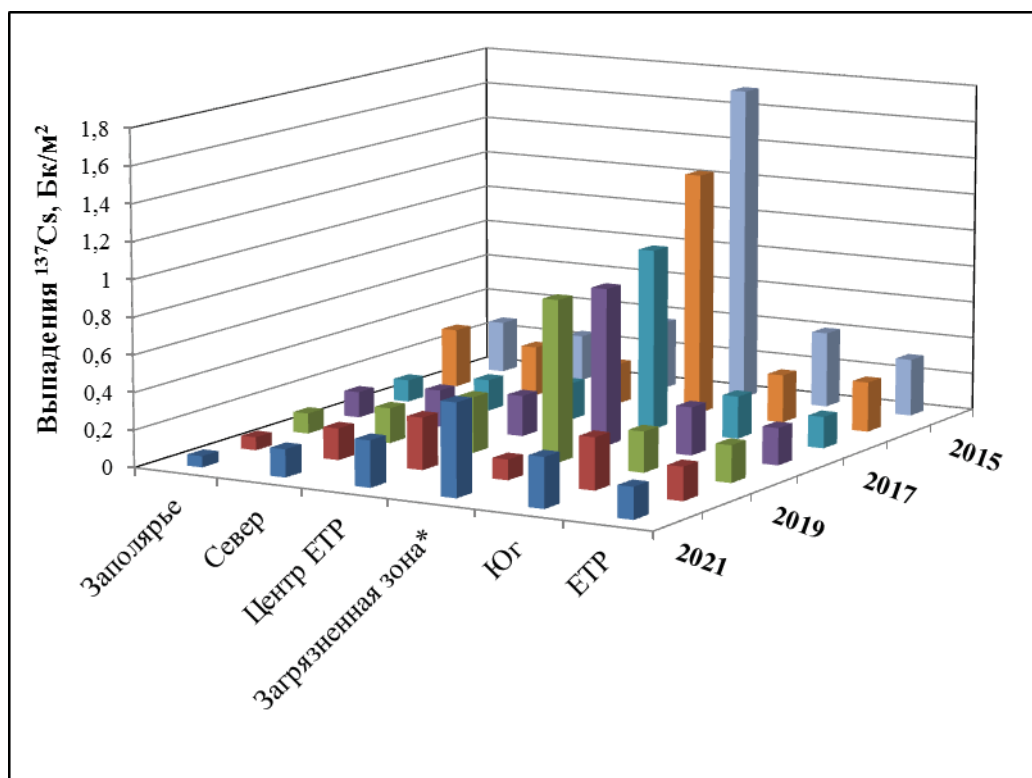


Рис. 1.11. Средневзвешенные годовые значения выпадений ^{137}Cs по регионам ЕТР в 2015–2021 годах.
* – Загрязнённая зона: 2020 г. – 1 квартал; 2021 г. – 3 и 4 кварталы.

На загрязнённых после чернобыльской аварии территориях годовые выпадения ^{137}Cs (усреднённые по 10 пунктам – Брянск; в Тульской области: Волово, Ефремов, Тула, Узловая; в Орловской: Болхов, Дмитровск-Орловский, Орёл; в Курской области: Фатеж; в Калужской области – Жиздра) в 2021 г. – были получены данные только за 2-е полугодие и сумма составила 0,50 Бк/м². Сравнить можно только со 2-м полугодием 2019 г. (0,38 Бк/м²), так как в 2020 г. только в I квартале 2019 г. среднегодовая величина выпадений в 2019 году составила 0,87 Бк/м²·год.

Повышенные выпадения ^{137}Cs на территории ЕТР в 2021 г. наблюдались в Тверской области в п. Максатиха – 1,7 Бк/м², что несколько больше, чем в 2020 г., – 1,5 Бк/м². Такие выпадения наблюдаются здесь со времени радиационного инцидента в г. Электросталь Московской области в апреле 2013 г. (подробнее об инциденте сказано в [20]). Квартальные выпадения ^{137}Cs после инцидента в апреле 2013 г. в среднем по Тверской области повысились на три порядка – с 0,12 Бк/м² в I квартале до 105 Бк/м² – во втором. Центральная часть выброса прошла восточнее Твери через п. Максатиха.

На АТР наибольшие годовые выпадения ^{137}Cs (53,1 Бк/м²·год) наблюдались в 2012 г. в районе ПО «Маяк» в п. Новогорный. Годовые выпадения в 2021 г. здесь составили 6,2 Бк/м²·год (в 2020 г. – 7,8 Бк/м²·год). Средние месячные выпадения ^{137}Cs в п. Новогорный были в пределах 0,09–1,67 Бк/м²·месяц. Причём наибольшая величина выпадений наблюдалась в феврале, в остальное время года выпадения были в диапазоне 0,09–0,54 Бк/м²·месяц.

Величина выпадений ^{90}Sr в среднем по стране была ниже предела обнаружения (<0,1 Бк/м²·год).

Среднемесячные выпадения трития (^3H) с атмосферными осадками в 2016–2021 годах, усреднённые по 32 пунктам, показаны на рис. 1.12. Среднемесячные значения объёмной активности

третия в атмосферных осадках в 2016–2021 годах и суммарная активность трития, выпавшего с атмосферными осадками на всю территорию России, приведены в Приложении А.8, табл. 1.

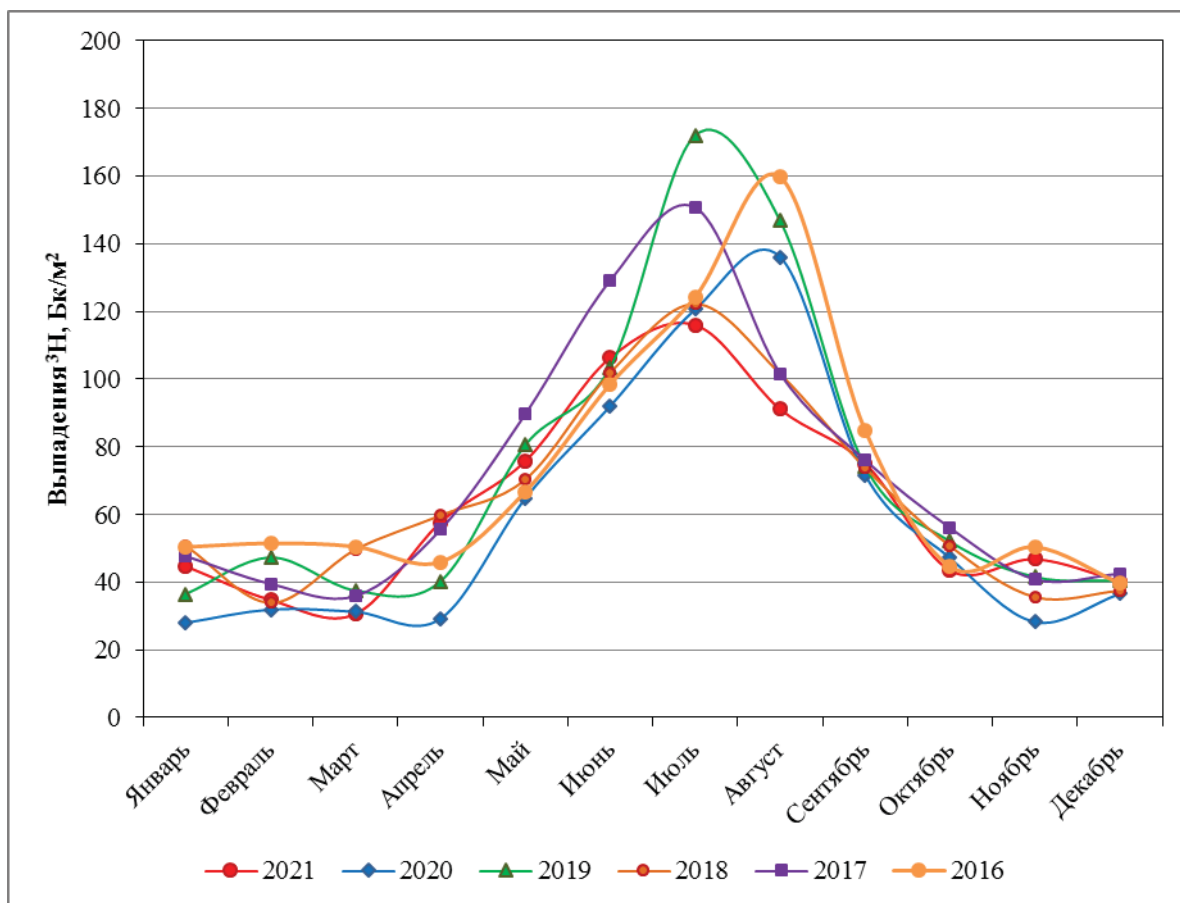


Рис. 1.12. Годовой ход среднемесячных выпадений трития по территории РФ в 2016–2021 годах

Среднемесячные значения объёмной активности трития в атмосферных осадках в 2021 г. изменялись в диапазоне 1,14–2,01 Бк/л. Среднегодовое значение объёмной активности трития в осадках на всей территории РФ в 2021 г. несколько увеличилось, по сравнению с 2020 г. (1,4 Бк/л), и составило 1,5 Бк/л.

На рис. 1.13 отчётливо выражен годовой ход объёмной активности трития в атмосферных осадках с повышенными значениями в тёплый период года – с апреля по сентябрь, устойчиво повторяющийся из года в год. Такое распределение объёмной активности трития в течение года объясняется усилением вертикальной циркуляции воздуха в тёплый период года, что облегчает поступление трития из верхних слоёв атмосферы, где он образуется под влиянием космического излучения, в приземный слой атмосферы. Ещё отчётливее выражен годовой ход атмосферных выпадений трития, так как в тёплый период наблюдается и увеличение количества атмосферных осадков.

На рис. 1.14 показаны среднемесячные значения объёмной активности трития в атмосферных осадках, его среднемесячные выпадения из атмосферы и среднемесячные количества атмосферных осадков, усреднённые по 32 пунктам на территории РФ. Сезонный ход величины выпадений трития выражен особенно контрастно из-за синхронного увеличения в тёплый период его объёмной активности в атмосферных осадках в 1,5 раза и количества атмосферных осадков. Плотность выпадения трития в 2021 г. увеличивается в тёплый период года в 2,2 раза, как и сумма атмосферных осадков – в 1,3 раза.

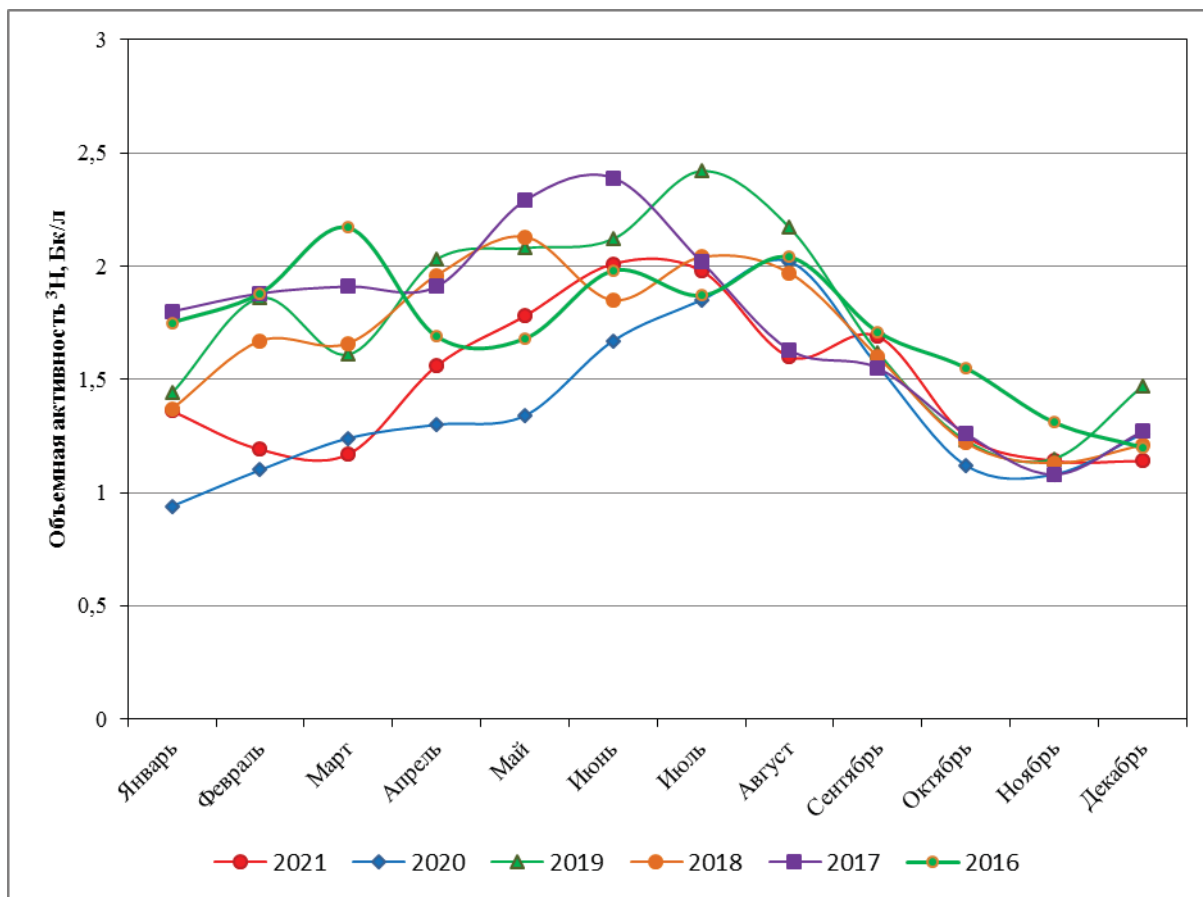


Рис. 1.13. Годовой ход среднемесячных значений объёмной активности трития в атмосферных осадках на территории РФ в 2016–2021 годах

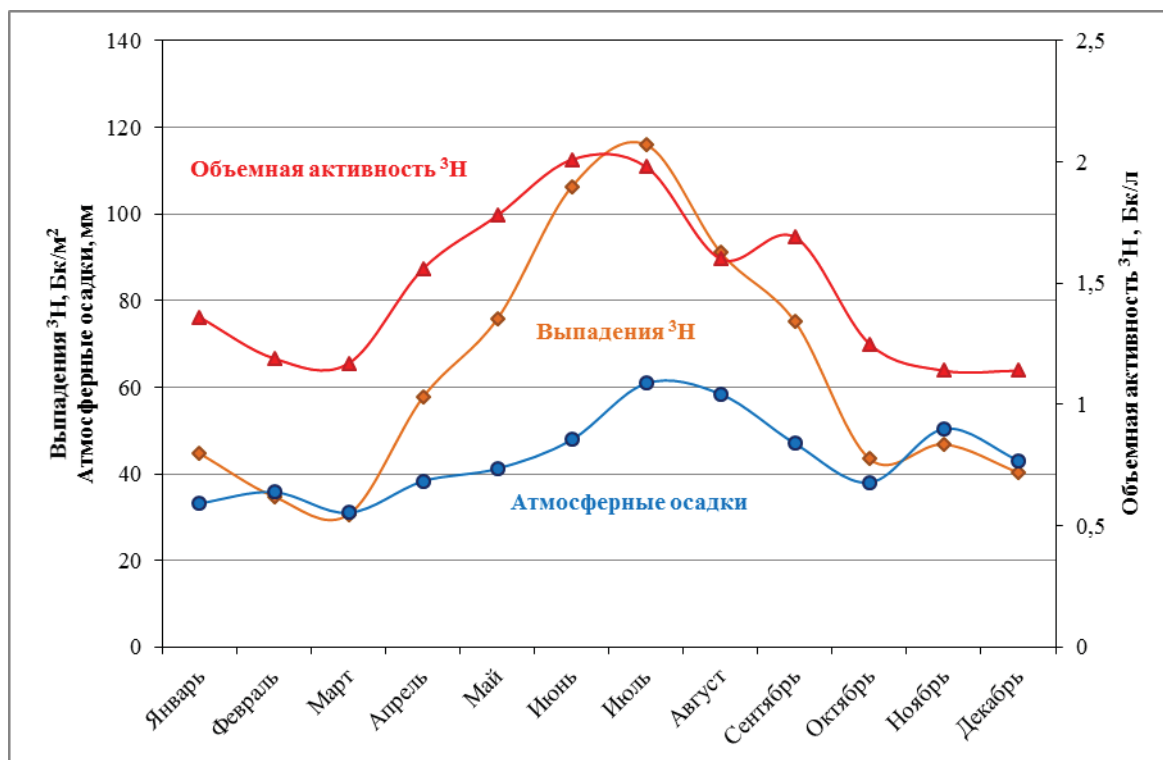


Рис. 1.14. Среднемесячная объёмная активность ^3H в атмосферных осадках, среднемесячные выпадения из атмосферы и среднемесячные атмосферные осадки, осреднённые по 32 пунктам на территории РФ в 2021 году

Средние месячные выпадения трития из атмосферы с осадками в 2021 г. колебались в пределах 31–116 Бк/м², составив в среднем 64 Бк/м². Средняя величина среднемесячных выпадений увеличилась по сравнению с 2020 г. (60,0 Бк/м²), как и сумма выпадений по территории РФ в целом – $13,0 \cdot 10^{15}$ Бк против $12,3 \cdot 10^{15}$ Бк. Выпадения на всю территорию, как и раньше, оценивались как произведение плотности годовых выпадений трития, осреднённых по территории России, на площадь территории России ($17,125 \cdot 10^6$ км²).

Среднегодовое значение объёмной активности трития в атмосферных осадках в 2021 г. 1,50 Бк/л, несколько больше, чем в 2020 г. – 1,35 Бк/л, что по-прежнему ниже интервала значений за период 2004–2019 годов – 1,6–2,8 Бк/л.

Сравнение приведённых данных о содержании трития в атмосферных осадках с данными за предыдущие годы показывает, что наблюдаемые уровни обусловлены тритием естественного происхождения, термоядерными взрывами, проводившимися до 1980 г. в атмосфере, и выбросами трития в окружающую среду предприятиями ядерно-топливного цикла [15, 16]. Снижение содержания трития, происходившее до 2014 г., было связано с постепенным истощением стратосферного резервуара радионуклидов, сформировавшегося в стратосфере в период ядерных испытаний. Относительная стабилизация концентрации трития с 2014 г. свидетельствует об истощении этого источника его поступления в приземную атмосферу.

Авария на АЭС «Фукусима-1» не оказала заметного влияния на среднемесячные величины выпадений и объёмной активности трития в атмосферных осадках, как и на суммарные показатели по всей территории РФ.

На рис. 1.15 показана динамика годовых сумм выпадений из атмосферы на подстилающую поверхность трития, ¹³⁷Cs и значений $\Sigma\beta$ на территории РФ в 1991–2021 годах. Выпадения ¹³⁷Cs за указанный период уменьшились более чем в 12 раз, выпадения трития – в 2–3 раза, а $\Sigma\beta$ выпадений – в 1,5–2 раза. В 2011 г. за счёт вклада аварийных выбросов АЭС «Фукусима-1» увеличилось выпадение ¹³⁷Cs, но в 2012 г. значения вернулись к уровню 2010 года. На величинах $\Sigma\beta$ выпадений и выпадениях трития аварийные выбросы практически не отразились.

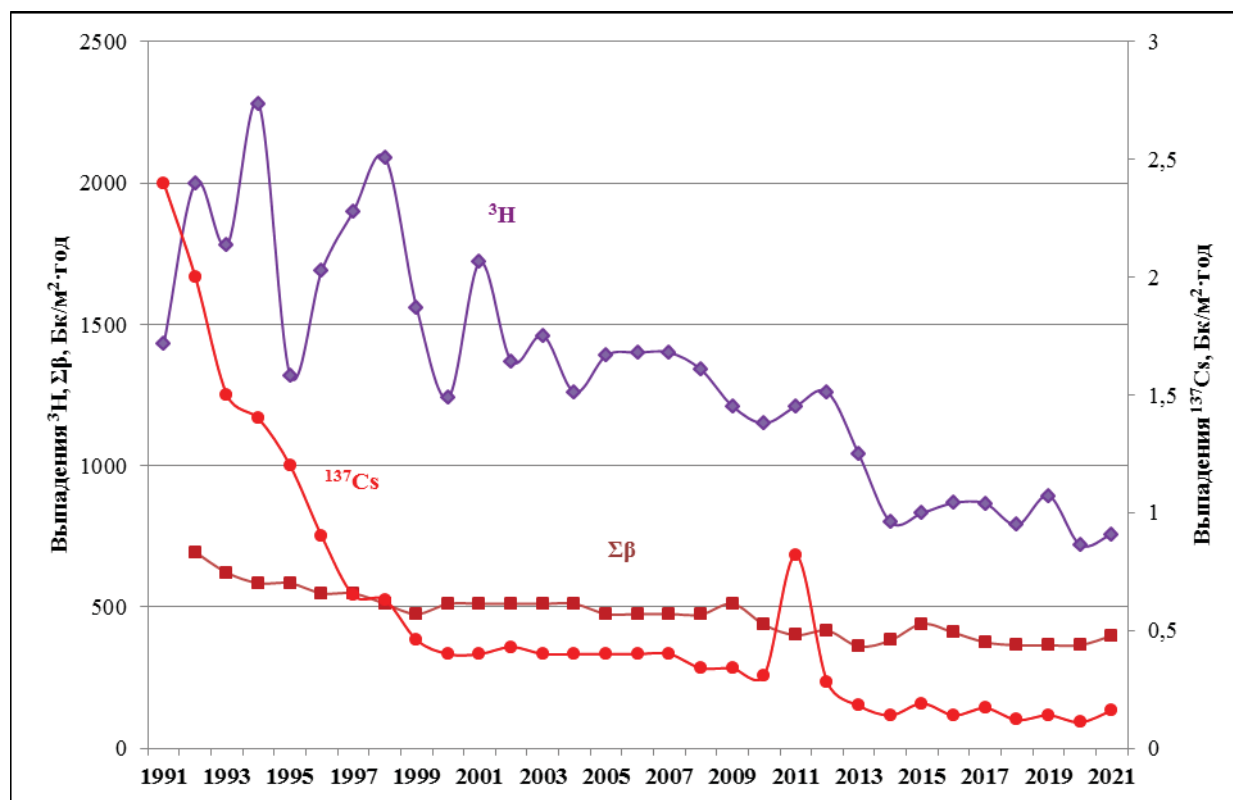


Рис. 1.15. Динамика выпадений радионуклидов на подстилающую поверхность и трития (с осадками) вне загрязнённых зон РФ в 1991–2021 годах

Поверхностные воды суши и морей

При мониторинге радиоактивного загрязнения поверхностных вод суши определяется содержание в воде ^{90}Sr и трития. Отбор проб воды и первичное концентрирование при анализе на ^{90}Sr осуществляются по методике [17] на гидрологических станциях и постах радиометрической сети территориальных УГМС, радиохимический анализ концентратов проб выполняется в ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун», в региональных радиометрических лабораториях Владивостока, Новосибирска, Екатеринбурга и в лаборатории Челябинска. Отбор проб и их анализ на содержание трития проводится по методике [18]. Анализ проб воды на содержание трития, отобранных на станциях и постах на всей территории РФ, выполняется в ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун».

Основным дозообразующим техногенным радионуклидом в поверхностных водах на территории России является ^{90}Sr . Его поступление в основном связано с выносом этого радионуклида с загрязнённых территорий.

В 1991–2011 годах в воде рек России объёмная активность ^{90}Sr постепенно уменьшалась, достигнув в 2011 г. наименьшего значения в 4,0 мБк/л. В 2012–2016 годах она колебалась в диапазоне (4,5–4,8) мБк/л, в 2017 г. составила 5,5 мБк/л. В дальнейшем объёмная активность ^{90}Sr в целом понижалась, при небольшом повышении в 2019 г. (4,4 мБк/л), и в 2021 г. составила 3,6 мБк/л. Эти значения на три порядка ниже уровня вмешательства для населения (4,9 Бк/л).

До 2013 г. и в 2016–2021 годах в осреднение по РФ не включались результаты измерений ^{90}Sr в речной воде, отобранной в реках Колва (п. Чердынь), Вишера (п. Рябино), Кама (п. Тюлькино), расположенных в районе взрыва трёх ядерных зарядов (мощностью 15 кТ каждый), проведённого в мирных целях по проекту «Канал» в марте 1971 г. на глубине 128 метров.

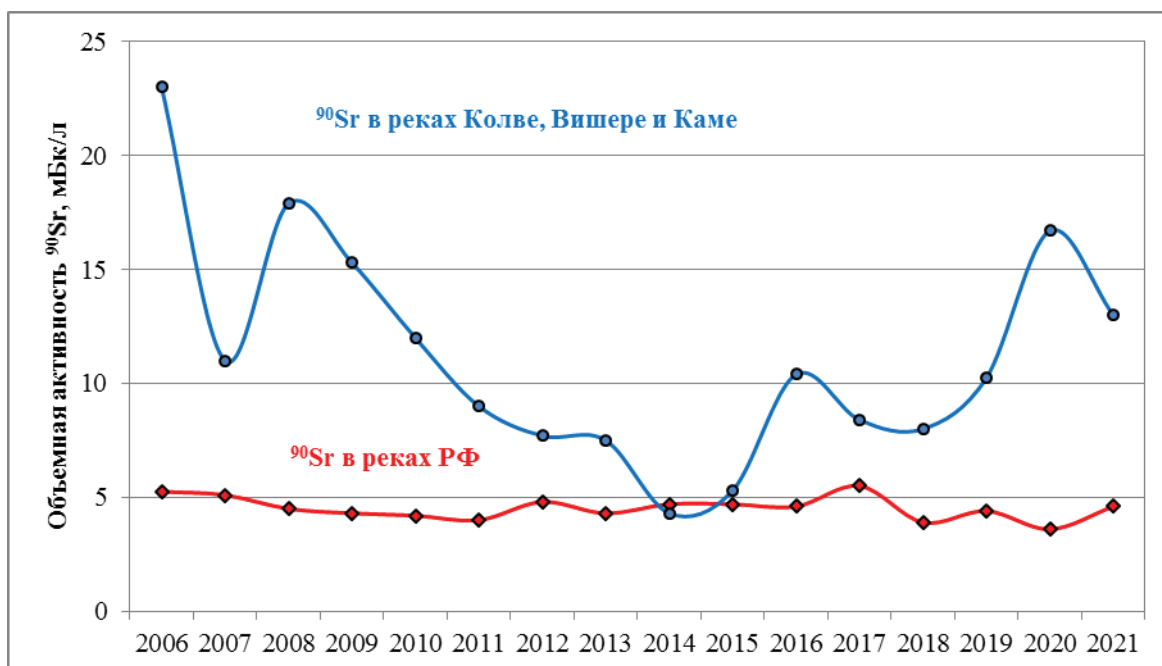


Рис. 1.16. Средние значения объёмной активности ^{90}Sr в воде рек ЕТР и реках Колва (п. Чердынь), Вишера (п. Рябинино), Кама (п. Тюлькино) в 2006–2021 годах

В 2013–2015 годах уровни активности ^{90}Sr в воде этих рек снизились до значений, близких к средним в реках РФ, и целесообразность исключения этих данных из расчёта средней активности отпала. Однако с 2016 г. уровни активности ^{90}Sr здесь вновь превысили средние значения по рекам РФ и в 2020 г. достигли 16,7 мБк/л против 3,6 мБк/л, в 2021 г. произошло снижение до 13,0 мБк/л.

В 2013–2015 годах заметно увеличивалась активность ^{90}Sr в воде р. Невы (п. Новосаратовка), в эти годы она составила 9,7–11,1 мБк/л (рис. 1.18), что примерно в 2 раза превышает среднее значение для рек ЕТР (рис. 1.16).

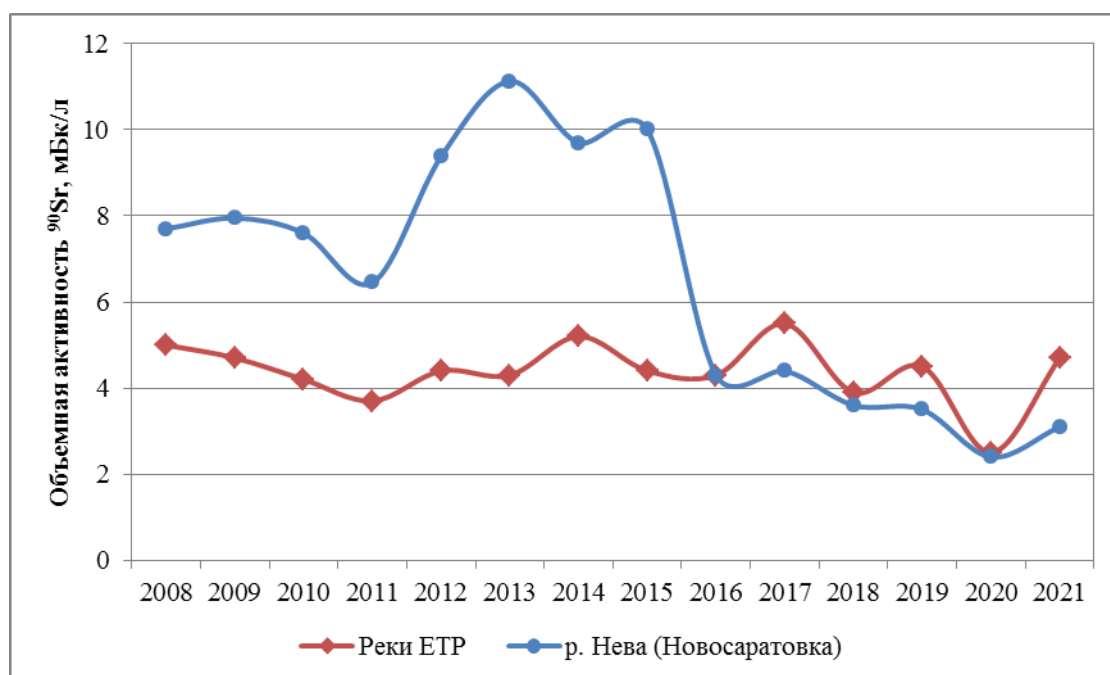


Рис. 1.17. Средние значения объёмной активности ^{90}Sr в воде рек ЕТР и р. Невы (п. Новосаратовка) в 2008–2021 годах

В 2016 г. среднее значение активности ^{90}Sr в р. Неве сравнялось со средним значением для рек ЕТР – 4,3 мБк/л. Однако в пробах, отобранных в тёплый сезон 2016 г., активность ^{90}Sr осталась высокой – 8,7 мБк/л. В 2017 г. среднее значение активности ^{90}Sr в р. Нева составило 3,5 мБк/л, при диапазоне для отдельных проб от 0,8 до 5,3 мБк/л. В дальнейшем средняя активность ^{90}Sr в р. Неве была меньше, чем в реках ЕТР и в 2021 г. составила 3,1 мБк/л против 4,7 мБк/л.

В средние также не включаются результаты определения содержания ^{90}Sr в воде р. Теча, а также рек Исеть, Караболка, Синара и других, загрязнённых ранее сбросами технологических вод ПО «Маяк» и радиоактивными продуктами аварии 1957 г. на ПО «Маяк» (см. подробнее в разделе 3.11). На АТР наиболее загрязнённой остаётся р. Теча вследствие фильтрации вод через плотину из искусственных и естественных водоёмов на территории ПО «Маяк» в обводные каналы и выноса радионуклидов из Асановских болот. В связи с прекращением прямых сбросов в р. Теча жидких радиоактивных отходов, а также вследствие строительства в 1951–1964 годах плотин и обводных каналов поступление радионуклидов в р. Теча существенно уменьшилось. Тем не менее загрязнение реки радионуклидами, в основном ^{90}Sr , до сих пор остаётся достаточно высоким. В настоящее время в воде р. Теча он является основным дозообразующим радионуклидом. Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в воде р. Теча (п. Першинское) в 2020–2021 годах составила 3,3 и 3,45 Бк/л соответственно. В 2017 г. концентрация ^{90}Sr в воде р. Теча впервые уменьшилась ниже уровня вмешательства для населения по НРБ-99/2009 (4,9 Бк/л), но по-прежнему на три порядка выше фонового уровня для рек России в 2021 г. (4,7 мБк/л).

На рис. 1.17 приведены среднегодовые объёмные активности ^{90}Sr в реках РФ отдельно для ЕТР и АТР в 1991–2021 годах. За этот период произошло существенное уменьшение его содержания, и в последние годы можно говорить о стабилизации объёмной активности ^{90}Sr в реках.

Средняя объёмная активность ^{90}Sr в воде рек на ЕТР увеличилась в 2019 г. по сравнению с 2018 годом – 4,5 и 3,7 мБк/л; в 2020 и 2021 годах, без учёта рек Колва, Кама и Вишера, в обоих случаях снизилась до 2,5 мБк/л, а с учётом всех рек составила 5,3 мБк/л и 4,6 мБк/л соответственно.

На рис. 1.18 содержание ^{90}Sr в реках ЕТР показано без учёта значений по этим рекам, которые находятся в диапазоне (12,3–20,0) мБк/л, так как их учёт полностью нивелирует положительную тенденцию очищения рек ЕТР.

На АТР значительное уменьшение произошло в 2018 г., по сравнению с 2017 г., от 6,7 до 4,2 мБк/л, которое сохранилось и в 2019 г., в 2020–2021 годах произошло некоторое увеличение до 4,7 мБк/л и 4,5 мБк/л соответственно.

Наиболее заметные уменьшения содержания зафиксированы в 2018 г., по сравнению с 2017 г., в Енисее (Игарка) – от 13,4 до 3,7 мБк/л, Ангаре (Иркутск) – от 10,9 до 3,4 мБк/л, Оби (Салехард) – от 10,2 до 6,5 мБк/л. В 2020 г. произошло наибольшее увеличение активности ^{90}Sr в этих реках по сравнению с 2019 г.: в Енисее – 5,3 и 3,7 мБк/л, Ангаре – 6,1 и 5,0 мБк/л, Оби – 8,6 и 7,6 мБк/л соответственно, в 2021 г. повышенные уровни в этих реках сохранились: в Енисее – 5,0 мБк/л, Ангаре – 5,8 мБк/л, Оби – 6,7 мБк/л.

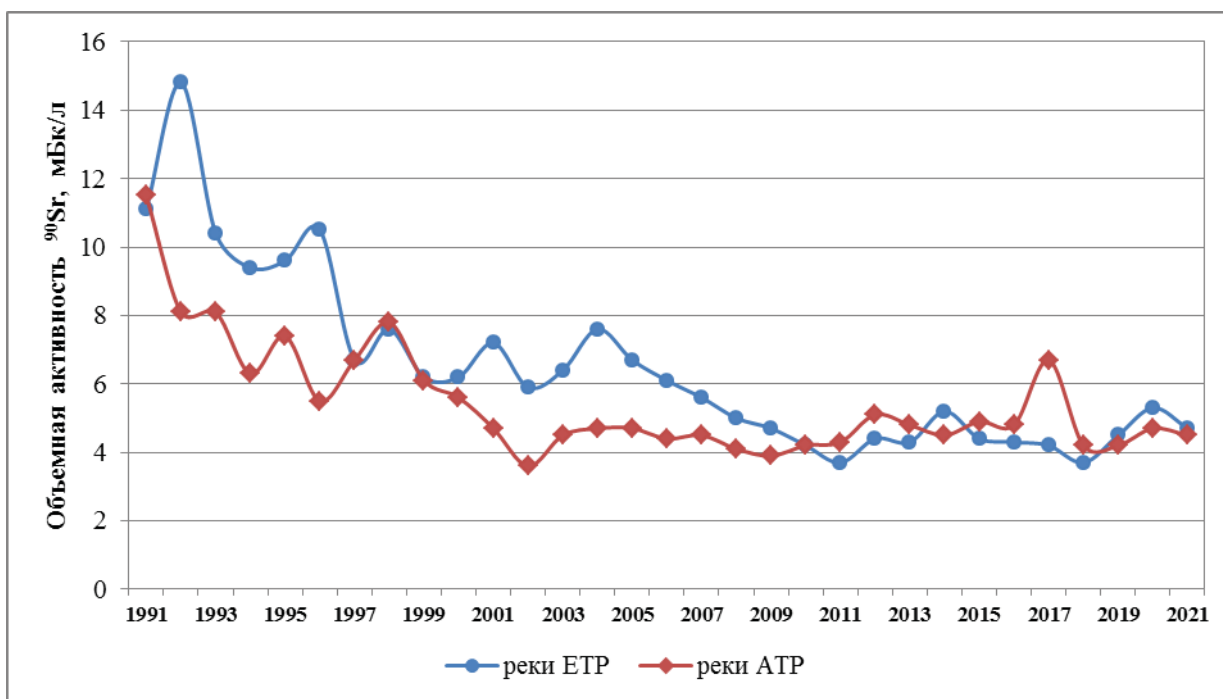


Рис. 1.18. Динамика объёмной активности ^{90}Sr в воде рек ЕТР и АТР в 1991–2021 годах

Приведённые выше значения объёмной активности ^{90}Sr в воде на 2–3 порядка ниже норматива уровня вмешательства для населения (УВ – 4,9 Бк/л по НРБ-99/2009) [1].

На ЕТР в 2021 г. содержание ^{90}Sr определяется в озёрах Имандра и Онежское, а на АТР – в озере Ханка, концентрация ^{90}Sr в озёрной воде составляет 1,4, 1,3 и 5,1 мБк/л соответственно. По озёрам Онежское и Ханка имеется длинный ряд наблюдений. Более ранние результаты ежегодных наблюдений по большому числу водоёмов, проводившихся с 1962 г., содержатся в соответствующих ежегодниках. Данные для озёр в 2001–2021 годах представлены в Приложении А.8, табл. 2.

В Приложении А.9, табл. 1 приведены среднегодовые (осреднённые по 5–6 пробам) объёмные активности ^3H в 2001–2021 годах в основных реках РФ (в основном в их устьевых участках).

Объёмная активность трития в водах рек, рассчитанная по 15 пунктам на 11 реках, постепенно уменьшавшаяся в последние годы, сохранилась в 2013–2020 годах в диапазоне 1,6–1,9 Бк/л (2,6 Бк/л в 2012 г.). Средняя активность трития в обследованных реках РФ в 2021 г. колебалась в пределах 1,0–2,57 Бк/л – меньшее из этих значений относится к р. Волга (п. Верхнее Лебяжье), а большее – к р. Амур (Благовещенск).

На рис. 1.18 показана динамика объёмных активностей ^{90}Sr и трития в реках на территории РФ в 1991–2021 годах, а также для сравнения – динамика объёмной активности трития в атмосферных осадках за тот же период.

Отчётливо видно, что среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в реках РФ (с учётом рек Кама, Колва, Вишера) постепенно уменьшалась до 2011 г., и за период с 1991 г. она уменьшилась в 3 раза. С 2012 по 2019 г. наблюдаются колебания концентрации в пределах 4,1–5,5 мБк/л. В 2020 г. была зафиксирована наименьшая активность за весь период наблюдений – 3,6 мБк/л, в 2021 г. вновь произошло увеличение до 4,6 мБк/л.

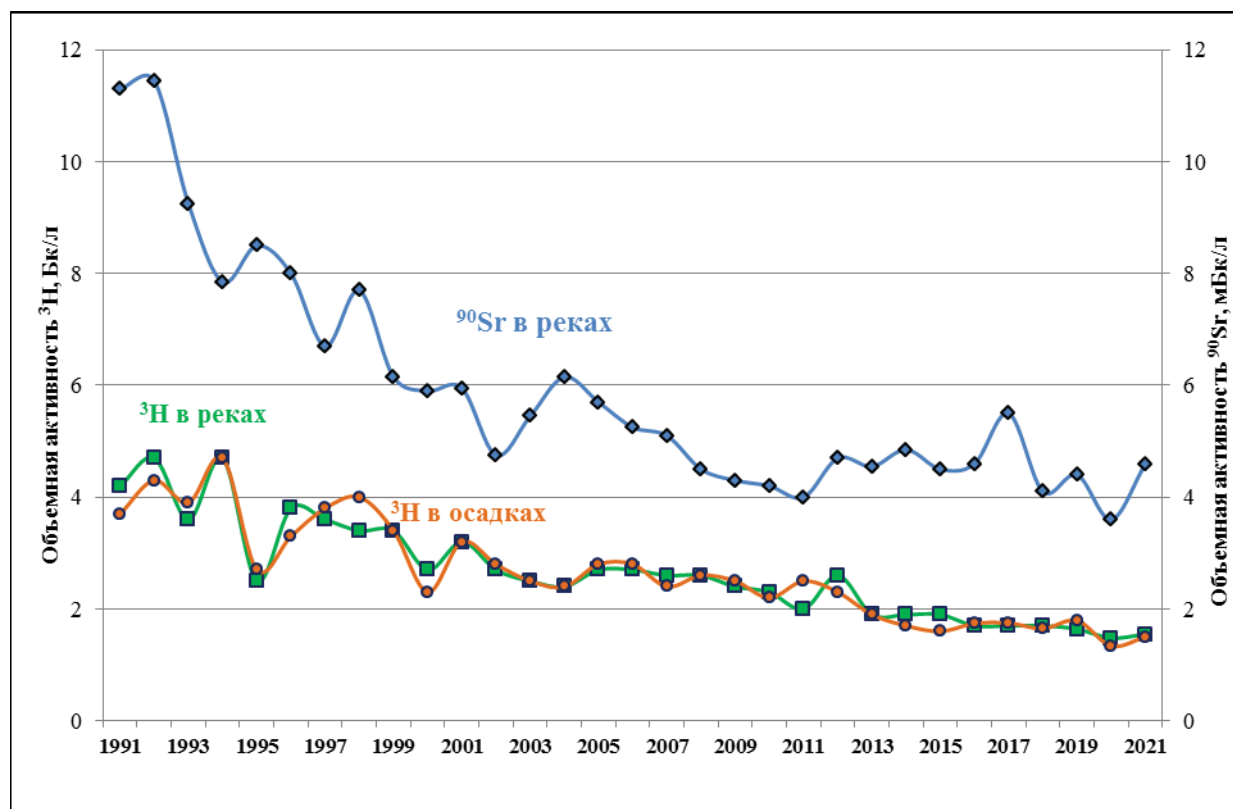


Рис. 1.19. Динамика объёмной активности ^3H в реках и атмосферных осадках и ^{90}Sr в реках на территории РФ в 1991–2021 годах

Содержание трития в водах основных рек России и атмосферных осадках за период 1991–2013 гг. заметно уменьшилось как в осадках, так и в речной воде. Хорошо видно, что объёмная активность трития в реках обусловлена его концентрацией в атмосферных осадках. В 2013–2021 годах содержание трития в осадках и речной воде колебалось в диапазоне 1,3–1,9 Бк/л, что можно рассматривать как стабилизацию концентрации в обоих случаях.

При мониторинге загрязнения ^{90}Sr вод ряда морей, омывающих территорию РФ, пробы в Белом море отбирались на шести гидрологических станциях, в остальных морях работало по одной станции. Отбор проб морской воды объёмом 10 л и их первичная обработка для последующего определения ^{90}Sr осуществлялась морскими гидрометеорологическими обсерваториями. Радиохимический анализ концентратов проб выполнялся в ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун».

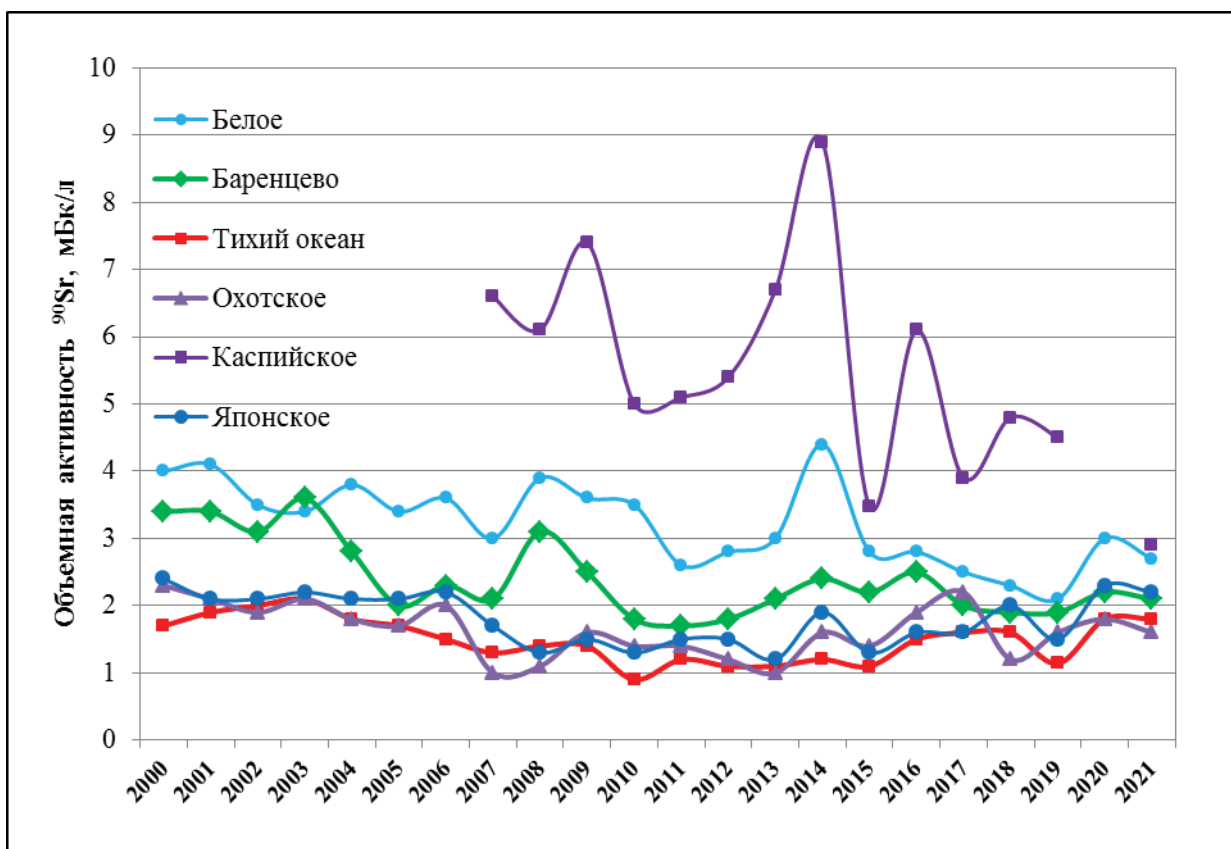


Рис. 1.20. Динамика объёмной активности ⁹⁰Sr в морях и Тихом океане у побережья Камчатки (Авачинская губа) в 2000-2021 годах

Уровень загрязнения морской воды ⁹⁰Sr в 2016 г. во всех обследованных морях и Тихом океане у берегов Восточной Камчатки (Авачинская губа) незначительно увеличился по сравнению с 2015 г., за исключением Каспийского моря, где объёмная активность увеличилась в 1,8 раза (рис. 1.19). В 2017 г. повышенное содержание сохранилось в Авачинской губе и Японском море, а в Охотском море даже несколько выросло – от 1,9 до 2,2 мБк/л. В Белом, Баренцевом и Каспийском морях произошло снижение объёмной активности ⁹⁰Sr, особенно значительное в Каспийском море – в 1,6 раза – до 3,9 мБк/л. Среднегодовые объёмные активности этого радионуклида в 2017 г. в поверхностных водах других обследованных морей и Тихого океана колебались в пределах от 1,56 мБк/л в Авачинской губе до 2,5 мБк/л – в Белом море. В 2018 г. заметное снижение объёмной активности ⁹⁰Sr наблюдается: в Охотском море – от 2,2 до 1,2 мБк/л, Белом и Баренцевом изменения были незначительные. Повысилась активность ⁹⁰Sr в Японском море – от 1,6 до 2,0 мБк/л и наиболее заметно в Каспийском море – от 3,9 до 4,8 мБк/л. В Авачинской губе активность ⁹⁰Sr не изменилась (1,6 мБк/л). В 2019 г. в морях произошло снижение активности и только в Охотском произошёл рост – от 1,2 до 1,6 мБк/л.

В 2020 г. в Каспийском море опробование не проводилось, а в 2021 г. было установлено самое низкое содержание ⁹⁰Sr за весь период наблюдения – 2,9 мБк/л. Во всех других морях и Авачинской губе в 2020 г. активность ⁹⁰Sr увеличилась, наиболее заметное увеличение произошло в Белом море – от 1,9 до 3,0 мБк/л, а в 2021 г. также во всех морях произошло небольшое снижение,

за исключением Авачинской губы, где активность осталась на уровне предыдущего года – 1,8 мБк/л.

Максимальная объёмная активность ^{90}Sr была зарегистрирована в Таганрогском заливе Азовского моря: в 2017–2018 годах – 5,6 и 5,5 мБк/л, в 2015–2016 годах здесь также фиксировалось максимальное содержание – 16,8 и 12,2 мБк/л соответственно, в 2019 г. здесь активность ^{90}Sr заметно уменьшилась до 3,7 мБк/л, а в 2020–2021 годах вновь увеличилась до 6,3 и 6,0 мБк/л (Приложение А.9, табл. 2).

Радиационный фон территорий

Накопление на почве радионуклидов, выпавших из атмосферы в течение 2021 г., повсюду было незначительным по сравнению с их суммарным запасом в почве. Географическое распределение плотности загрязнения почвы техногенными радионуклидами на территории России в 2021 г. не изменилось.

По данным ежедневных измерений в 1305 постоянных пунктах наблюдения, в течение 2021 г. на территории РФ величина мощности амбиентного эквивалента дозы γ -излучения (МАЭД) на местности, кроме загрязнённых районов, находилась в основном в пределах колебаний естественного радиационного фона (0,08–0,17 мкЗв/ч). В 100-км зонах вокруг РОО значения МАЭД в основном не превышали фоновых уровней.

Измерения МАЭД, проведённые в марте–апреле 2011 г., во время аварии на АЭС «Фукусима-1» на всей территории РФ не выявили ни одного случая превышения пределов фоновых уровней этого параметра радиационной обстановки.

Превышения фоновых значений МАЭД зафиксированы на загрязнённых после чернобыльской аварии территориях ЦФО с плотностью загрязнения ^{137}Cs 5–15 Ки/км² в Брянской, Калужской, Курской, Орловской и Тульской областях в диапазоне 0,13–0,23 мкЗв/ч. На территориях с плотностью загрязнения ^{137}Cs от 1 до 5 Ки/км² значения МАЭД находились в пределах от 0,12 до 0,19 мкЗв/ч. При плотности загрязнения менее 1 Ки/км² значения МАЭД не превышают фоновых уровней.

В 2021 г. среднегодовое значение МАЭД в районах расположения РОО не выходило за пределы колебания фонового уровня, например, в 100-км зоне Ленинградской АЭС изменялось от 0,11 до 0,17 мкЗв/ч, Кольской АЭС – от 0,08 до 0,13 мкЗв/ч, Курской АЭС – от 0,10 до 0,15 мкЗв/ч.

В 2021 году среднегодовая МАЭД на загрязнённых в результате аварий на ПО «Маяк» 1957 и 1967 годов территориях ВУРСа и карачайского следа по данным 10 пунктов наблюдения составила 0,11–0,16 мкЗв/ч, что находится в пределах колебаний естественного радиационного фона на территории России.

В предгорных и горных районах южной части СФО зафиксированы повышенные уровни МАЭД. Здесь среднегодовые величины колебались от 0,13 мкЗв/ч в Иркутске (исток Ангары) до 0,15 мкЗв/ч – в Красноярске, максимальные значения в течение 2021 г. здесь достигали 0,18 и 0,23 мкЗв/ч соответственно.

Анализ всей совокупности данных 1991–2021 годов показал, что в 2021 году радиационная обстановка на территории РФ за этот период была спокойной и практически по всем наблюдаемым объектам окружающей среды имеет место тенденция к уменьшению радиоактивного загрязнения.

Список литературы к введению и разделу 1

1. СанПиН 2.6.1.2523–09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
2. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы (СанПиН 2.3.2.1078-01). М., 2001.
3. СП 2.6.1.2612–10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 83 с.
4. Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87 и основные санитарные правила ОСП–72/87. Изд-е 3-е. М.: Энергоатомиздат, 1987.
5. Нормы радиационной безопасности (НРБ-96): Гигиенические нормативы ГН 2.6.1.054–96. Госкомсанэпиднадзор России. М., 1996.
6. Руководство по организации контроля состояния природной среды в районе расположения АЭС / Под ред. К.П. Махонько. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 264 с.
7. РД-52.18.826. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 12. Наблюдения за радиоактивным загрязнением природной среды и выполнение радиометрических работ. Обнинск, 2015.
8. Махонько К.П., Силантьев А.Н., Шкуратова И.Г. Контроль за радиоактивным загрязнением природной среды в окрестностях АЭС. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 136 с.
9. Инструкции и методические указания по оценке радиационной обстановки на загрязнённой территории. Изд-е 2-е. Обнинск: НПО «Тайфун», 1993.
10. Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населённых пунктах. Изд-е 2-е. Обнинск: НПО «Тайфун», 1993.
11. Методика массового гамма-спектрометрического анализа проб природной среды / Под ред. А.Н. Силантьева, К.П. Махонько. Л.: Гидрометеиздат, 1984.
12. Козлов А.И., Махонько К.П. Методические указания по использованию дозиметра ДРГ-01Т на радиометрической сети станций. Обнинск: НПО «Тайфун», 1989.
13. Методика контроля радиоактивного загрязнения приземного воздуха и выпадений на поверхность земли в ФГБУ «НПО «Тайфун» (МВК 6.1.10-15). Обнинск: НПО «Тайфун», 2015.
14. Методика измерений активности плутония-239, 240, 238 в пробах окружающей среды с радиохимической концентрацией в ФГБУ «НПО «Тайфун» (МВИ. 1.4.7-15). Обнинск: НПО «Тайфун», 2015.
15. Махонько К.П., Ким В.М., Катрич И.Ю., Волокитин А.А. Сравнительное поведение трития и ^{137}Cs в атмосфере // Атомная энергия. 1998. Т. 85, вып. 4. С. 313–318.
16. Sources and effects of ionizing radiation // United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 1993 Report. UN, 1993. P. 199.
17. Методика контроля радиоактивного загрязнения водной среды и донных отложений в ФГБУ «НПО «Тайфун» (МВК 7.4.8-15). Обнинск: НПО «Тайфун», 2015.

18. Методика измерений объёмной активности трития в пробах природных вод с применением радиометра «Quantulus-1220» в ФГБУ «НПО «Тайфун» (МВИ 7.5.2-15). Обнинск: НПО «Тайфун», 2015.
19. Израэль Ю.А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. СПб.: Прогресс-Погода, 1996.
20. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2013 году. Ежегодник. Обнинск: НПО «Тайфун», 2014.
21. Булгаков В.Г., Гниломедов В.Д., Каткова М.Н. и др. Плутоний в районах расположения локальных источников и его вовлечённость в глобальную циркуляцию // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2017. № 2. 13 с.

2. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

По состоянию на 2021 г. территория РФ разделена на восемь федеральных округов: Центральный, Северо-Западный, Южный, Северо-Кавказский, Приволжский, Уральский, Сибирский, Дальневосточный. В разделе приводятся состав и виды наблюдений, проводимых СРМ Росгидромета для определения радиационной обстановки на территории округов и вокруг РОО, расположенных на их территориях. Радиационная обстановка в 100-км зонах РОО первой категории (АЭС, АО «СХК», ФГУП «ГХК» и ФГУП «ПО «Маяк») охарактеризована в разделе 3.

При анализе радиационной обстановки в районах размещения РОО, кроме данных СРМ Росгидромета, использованы данные служб радиационной безопасности самих предприятий и других организаций, проводящих радиационный мониторинг.

2.1. Центральный федеральный округ

Общая информация по округу

Центральный федеральный округ (ЦФО) расположен в центре ЕТР. В него входят 18 субъектов Федерации, включая г. Москву – административный центр региона: Белгородская, Брянская, Владимирская, Воронежская, Ивановская, Калужская, Костромская, Курская, Липецкая, Московская, Орловская, Рязанская, Смоленская, Тамбовская, Тверская, Тульская и Ярославская области. Площадь территории региона составляет 650,2 тыс. км², население – 39250,9 тыс. человек [1, 2]. ЦФО занимает срединную часть Русской равнины, граничит с Украиной на юге и Беларусью – на западе.

Согласно [3], на территории округа расположено 28 РОО: 20 РОО находятся непосредственно в Москве, 6 – в Московской области, 2 – в Калужской области. По одной АЭС расположено в Смоленской, Курской, Нововоронежской и Тверской областях. В Москве можно выделить два крупных РОО, в которых эксплуатируются исследовательские ядерные реакторы: Институт теоретической и экспериментальной физики имени А.И. Алиханова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» («НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ) и Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ). На территории округа можно выделить следующие РОО: «Объединённый институт ядерных исследований (г. Дубна), ПАО «Машиностроительный завод» (г. Электросталь), АО «ГНЦ РФ–ФЭИ» (г. Обнинск) и АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» (г. Обнинск), а также Калининскую, Курскую, Смоленскую и Нововоронежскую АЭС.

Во время аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. многие субъекты ЦФО подверглись радиоактивному загрязнению. На территориях Белгородской, Брянской, Воронежской, Калужской, Курской, Липецкой, Орловской, Рязанской и Тульской областей до сих пор есть населённые пункты, территории которых вследствие аварии на Чернобыльской АЭС загрязнены ¹³⁷Cs более 1 Ки/км² [4] (подробнее см. раздел 4).

Организация радиационного мониторинга

Радиационный мониторинг на территории округа проводится Центральным, Центрально-Чернозёмным УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета. В составе СРМ на территории округа

действуют (см. рис. 2.1.1): 147 пунктов наблюдения по измерению мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД, ежедневно); 46 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных выпадений с помощью марлевых планшетов (экспозиция проб – одни сутки); семь пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных аэрозолей с помощью ВФУ (на трёх пунктах экспозиция проб – одни сутки, на четырёх – пять суток); два пункта по отбору проб осадков для анализа на содержание трития (п. Балчуг в г. Москве и станция фонового мониторинга (СФМ) в Серпуховском районе); один пункт (п. Брейтово, р. Волга) по отбору проб поверхностных вод для анализа на тритий и три пункта (Бабьегородская плотина, Звенигород, Южный порт, р. Москва) – по отбору проб поверхностных вод для анализа на содержание ^{90}Sr .

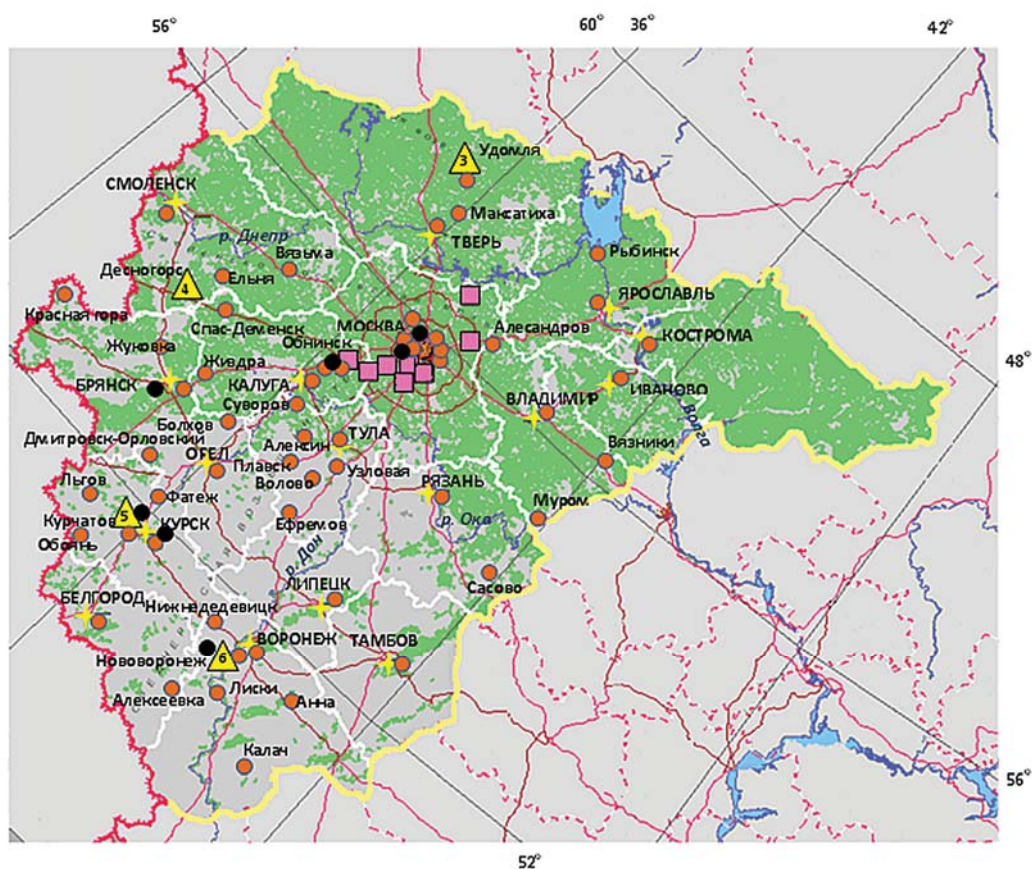


Рис. 2.1.1. Расположение пунктов наблюдения за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы и РОО на территории Центрального федерального округа:

- – отбор радиоактивных аэрозолей с помощью воздухофильтрующих установок;
- – отбор радиоактивных выпадений с помощью планшетов;
- – радиационно опасные объекты;
- ▲ – АЭС;
- ★ – центры субъектов Федерации;
- — — — — магистральные федеральные автодороги;
- — — — — прочие федеральные автодороги;
- — — — — — границы субъектов Федерации;
- ▭ — — — — — границы федеральных округов;
- — — — — государственная граница.

Анализ отобранных проб радиоактивных аэрозолей и выпадений на содержание $\Sigma\beta$ радионуклидов проводится в 8 радиометрических лабораториях и группах. В трёх из них дополнительно проводится анализ проб на содержание гамма-излучающих техногенных и природных

радионуклидов; в одной лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун» – дополнительно анализ проб объектов окружающей среды на содержание ^{90}Sr , трития и изотопов плутония.

Радиационная обстановка

Радиационный фон

Среднегодовые и максимальные измеренные значения МАЭД в субъектах ЦФО приведены в табл. 2.1.1. Среднегодовые значения МАЭД, по данным ежедневных измерений в населённых пунктах ЦФО, изменялись от 0,09 до 0,14 мкЗв/ч при среднем значении 0,11 мкЗв/ч, что не отличается от фоновых уровней, наблюдаемых на территории РФ.

Максимальные измеренные значения МАЭД наблюдались в основном на территории населённых пунктов, загрязнённых в результате чернобыльской аварии: максимальное среднегодовое значение МАЭД (0,19 мкЗв/ч) наблюдалось в Красной Горе Брянской области, максимальное измеренное суточное значение МАЭД (0,23 мкЗв/ч) – в пункте Узловая Тульской области.

Таблица 2.1.1

Среднегодовые и максимальные суточные значения МАЭД в субъектах ЦФО в 2021 г., мкЗв/ч

Область	Количество пунктов	Среднегодовые	Максимальные измеренные
Белгородская	7	0,11	0,16 (Старый Оскол, Алексеевка)
Брянская	8	0,13	0,22 (Красная Гора)
Владимирская	7	0,11	0,18 (Муром)
Воронежская	11	0,11	0,29 (Нижнедевицк)
Ивановская	5	0,10	0,16 (Приволжск)
Калужская	7	0,12	0,20 (Калуга)
Костромская	10	0,09	0,17 (Чухлома)
Курская	10	0,12	0,17 (Льгов, Тим)
Липецкая	5	0,10	0,14 (Липецк, Лев Толстой)
Москва	4	0,11	0,20 (Тушино)
Московская	13	0,12	0,20 (Клин)
Орловская	6	0,13	0,20 (Болхов, Верховье)
Рязанская	10	0,11	0,18 (Ряжск)
Смоленская	8	0,12	0,22 (Смоленск)
Тамбовская	7	0,10	0,13 (Тамбов, Жердевка, Обловка)
Тверская	12	0,12	0,19 (Лесной заповедник)
Тульская	8	0,13	0,23 (Узловая)
Ярославская	9	0,10	0,16 (Брейтово)
ЦФО	147	0,11	0,29

По результатам измерений МАЭД, проводимых в июле 2021 г. во время маршрутных обследований в некоторых пунктах на загрязнённых территориях Брянской области, значение МАЭД изменялось: п. Мартьяновка (загрязнение почвы ^{137}Cs в диапазоне 1–5 Ки/км²) – от 0,12 до 0,14 мкЗв/ч, п. Красная Гора (5–15 Ки/км²) – от 0,15 до 0,18 мкЗв/ч, п. Творишино (5–15 Ки/км²) – от 0,19 до 0,24 мкЗв/ч, п. Ущерпье (15–40 Ки/км²) – от 0,29 до 0,33 мкЗв/ч. Маршрутные обследования в 1995–2018 гг. проводились ежемесячно, начиная с 2019 г. – один раз в год. За весь период наблюдается тенденция к снижению среднегодовых значений МАЭД на 10–35 % в населённых пунктах из зон загрязнения.

Приземная атмосфера

Наблюдения за содержанием радионуклидов в приземном слое атмосферы с помощью ВФУ на территории ЦФО проводятся в пяти субъектах Федерации. Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое атмосферы в пунктах наблюдения приведена в табл. 2.1.2 [5, 6]. Приведённые в табл. 2.1.2 пункты наблюдения за содержанием радионуклидов в воздухе, кроме

п. Подмосковная, находятся вблизи РОО (Курск, Курчатов, Нововоронеж, Обнинск), которые могут влиять на радиационную обстановку в местах их размещения или вблизи загрязнённой территории (Брянск), поэтому данные в табл. 2.1.2 приводятся по каждому пункту отдельно.

Таблица 2.1.2

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в отдельных населённых пунктах Центрального округа, 10^{-7} Бк/м³

Пункты наблюдения	¹³⁷ Cs			⁹⁰ Sr		
	2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Московская область						
Подмосковная	3,1	4,0	3,5	0,39	0,91	0,49
Калужская область						
Обнинск (ФЭИ, НИФХИ)	5,1	5,0	3,7	0,47	1,53	0,69
Курская область						
Курск (Курская АЭС)	6,7	11	6,7	1	0,62	0,49
Курчатов (Курская АЭС)	13,6	30	11,2	0,53	4,21	0,84
Воронежская область						
Нововоронеж (НВАЭС)	6,3	15	7,3	1,05	1,19	0,50
Брянская область						
Брянск	4,3	3,9	3,5	0,67	1,52	0,42
Средневзвешенное по Центру ЕТР	3,6	5,9	3,4	0,54	0,98	0,45

Примечание: в скобках указаны РОО, в 100-км зонах которых расположены указанные пункты наблюдения.

Из табл. 2.1.2 видно, что средневзвешенная по территории Центра ЕТР объёмная активность ¹³⁷Cs в 2021 г. уменьшилась в 1,6 раза, по сравнению с 2020 г., и составляла $3,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что на семь порядков ниже допустимой среднегодовой объёмной активности ¹³⁷Cs по НРБ-99/2009. Во всех пунктах наблюдения ЦФО, за исключением пунктов Обнинск и Брянск, среднегодовые значения объёмной активности ¹³⁷Cs в приземном слое атмосферы уменьшились в 1,3–2,2 раза по сравнению с 2020 годом. При этом только в пункте Подмосковная объёмная активность ¹³⁷Cs была ниже средневзвешенного значения по Центру ЕТР. Наибольшее значение ($13,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), как и в 2020 г., наблюдалось в г. Курчатове.

На рис. 2.1.2 показано изменение средневзвешенной объёмной активности ¹³⁷Cs по Центру ЕТР в период с 2007 по 2021 год. Высокие значения среднегодовой объёмной активности ¹³⁷Cs в приземном слое атмосферы в 2011 г. обусловлены трансграничным переносом радионуклидов на территорию РФ вследствие аварии на японской АЭС «Фукусима-1» [7]. Если исключить значение 2011 г., то видно, что объёмная активность ¹³⁷Cs имеет тенденцию к уменьшению. За указанный период она уменьшилась в три раза.

Объёмная активность ⁹⁰Sr в воздухе во всех пунктах наблюдения на территории ЦФО в 2021 г. приведена в табл. 2.1.2. Средневзвешенная объёмная активность ⁹⁰Sr в 2021 г. в Центре ЕТР и среднегодовая объёмная активность во всех пунктах наблюдения ЦФО (кроме Курска) уменьшилась по сравнению с предыдущим годом (см. табл. 2.1.2). В пунктах Курск и Нововоронеж объёмная активность ⁹⁰Sr была почти в 2 раза выше средневзвешенной объёмной активности ⁹⁰Sr в Центре ЕТР, в остальных пунктах – на уровне или ниже. Все наблюдаемые в течение года величины

объёмной активности ^{90}Sr в воздухе на территории ЦФО были на семь порядков ниже допустимой среднегодовой объёмной активности ^{90}Sr по НРБ-99/2009 [8].

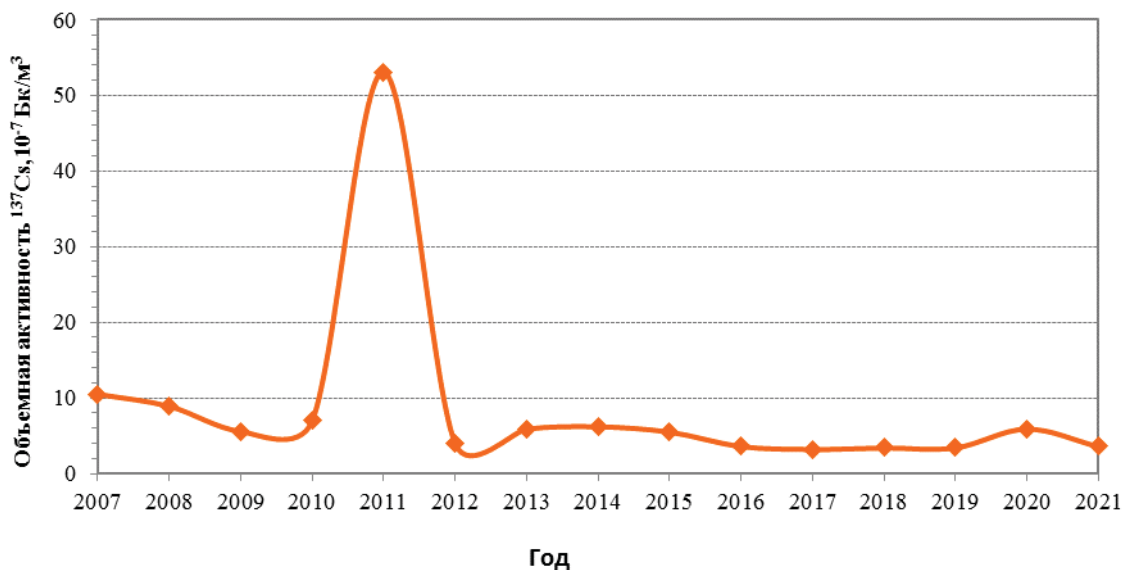


Рис. 2.1.2. Динамика изменения средневзвешенной объёмной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы на территории ЦФО

Радиоактивные выпадения

Выпадения ^{90}Sr на подстилающую поверхность на территории ЦФО в 2021 г. были, как и в предыдущие годы, ниже предела обнаружения. Годовые выпадения ^{137}Cs в субъектах ЦФО в 2020 и 2021 гг. представлены в табл. 2.1.3. Из табл. 2.1.3 видно, что выпадения ^{137}Cs остались примерно на уровне 2020 г. на всей территории ЦФО, за исключением п. Тверь, где среднегодовое значение ($0,21 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$) уменьшилось в 7,6 раза. Средневзвешенные значения выпадений ^{137}Cs на незагрязнённой территории Центра ЕТР осталось на уровне прошлого года. На территории Тверской области в п. Максатиха выпадения ^{137}Cs ($1,7 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$) в течение последних трёх лет остаются примерно на одном уровне, но являются одними из самых высоких на территории ЦФО и в семь раз превышают средневзвешенные выпадения по Центру ЕТР. Через Тверскую область в апреле 2013 г. прошёл след аэрозольного выброса ^{137}Cs , произошедшего на Машиностроительном заводе в г. Электросталь Московской области в результате радиационного инцидента [9]. Высокие выпадения ^{137}Cs в Тверской области, начиная с 2013 г., по-видимому, являются следствием указанного события.

Выпадения ^{137}Cs на загрязнённых после чернобыльской аварии территориях постепенно снижаются – с 1995 г. ($12,9 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$) они уменьшились более чем в 17 раз и находятся на уровне фоновых значений для ЕТР, но остаются значительно выше средневзвешенного значения для незагрязнённых территорий Центра ЕТР. Годовые выпадения ^{137}Cs в Обнинске в 2021 г. наблюдались ниже предела обнаружения.

Характер изменения средневзвешенных выпадений ^{137}Cs по Центру ЕТР вне загрязнённых территорий за период с 2006 по 2021 г. показан на рис. 2.1.3. Повышенные годовые выпадения ^{137}Cs в 2011 г. обусловлены радиоактивными продуктами аварии на японской АЭС «Фукусима-1».

Таблица 2.1.3

Годовые выпадения ¹³⁷Cs в субъектах ЦФО, Бк/м²·год

Область	Выпадения ¹³⁷ Cs	
	2021 г.	2020 г.
Белгородская	-	-
Брянская	-	-
Владимирская	0,17	0,36
Воронежская	-	-
Ивановская	0,17	0,36
Калужская	0,36	0,64
Костромская	0,17	0,36
Курская	-	-
Липецкая	-	-
Москва	0,19	0,27
Московская	0,19	0,27
Орловская	-	-
Рязанская	0,17	0,36
Смоленская	0,89	0,89
Тамбовская	-	-
Тверская (Тверь/Максатиха)	0,21/1,7	1,6/1,5
Тульская	-	-
Ярославская	0,17	0,36
Средневзвешенное для Центра ЕТР (для незагрязнённых территорий)	0,25	0,28

Примечание: - – нет данных.

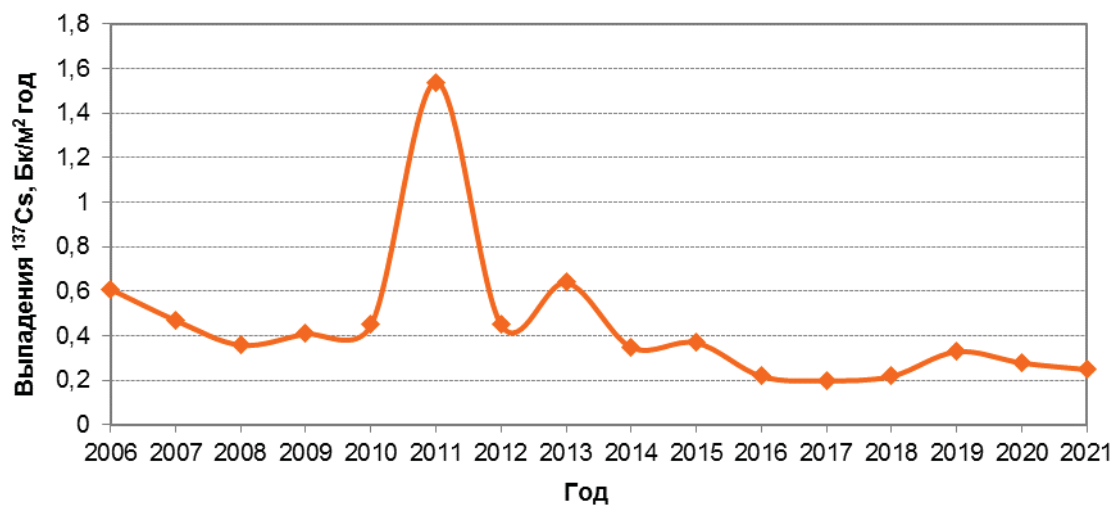


Рис. 2.1.3. Изменение выпадений ¹³⁷Cs вне загрязнённых территорий ЦФО

Ниже подробно рассматривается радиационная обстановка в Москве и Московской области и в 100-км зоне АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» и АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», расположенных в г. Обнинске Калужской области. Радиационная обстановка в 100-км зонах Курской, Нововоронежской, Калининской и Смоленской АЭС приведена в разделе 3.

2.1.1. Радиационная обстановка в Москве и Московской области

В Москве и Московской области мониторинг радиационной обстановки проводится Центральным УГМС. В 2021 г. наблюдения за содержанием техногенных и природных радионуклидов в приземном слое атмосферы проводились непрерывно в п. Подмосковная путём отбора проб

аэрозолей с помощью ВФУ на фильтр ФПП-15-1,5 с экспозицией одни сутки. Радиоактивные выпадения на подстилающую поверхность контролировались в пяти пунктах, два из которых расположены на территории г. Москвы (ВДНХ и Тушино), остальные – на территории области. Отбор проб радиоактивных выпадений производился с помощью марлевых планшетов с суточной экспозицией. МАЭД измерялась ежедневно на 17 станциях. Помимо этого, в двух пунктах наблюдения (Балчуг и СФМ) проводился ежемесячный отбор проб атмосферных осадков для определения содержания в них трития, а в трёх пунктах (Бабьегородская плотина, Бесединский мост (Южный порт) и Звенигород) отбирались пробы воды из р. Москвы для определения содержания в них ^{90}Sr .

Данные об объёмной $\Sigma\beta$ радионуклидов в приземном слое воздуха и выпадениях на подстилающую поверхность представлены в табл. 2.1.4.

Таблица 2.1.4

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) выпадения $\Sigma\beta$ и объёмная $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы г. Москвы и Московской области (данные Центрального УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Пункт наблюдения		Месяц												Среднее		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.	2019 г.
		Выпадения, Бк/м ² ·сут														
Алексин	с	0,90	0,40	0,70	1,10	1,30	0,70	0,60	1,20	1,20	0,80	0,90	0,80	0,88	0,76	0,78
	м	2,20	1,10	2,00	0,10	3,80	1,20	1,80	3,00	3,20	1,50	2,00	2,20			
Балчуг	с	2,40	2,20	1,20	1,60	1,50	1,50	1,40	1,80	1,20	1,40	1,40	1,10	1,56	1,06	0,60
	м	10,10	10,50	4,30	3,30	4,20	4,60	2,70	5,10	3,40	3,90	3,10	2,90			
ВДНХ	с	2,40	1,50	1,30	1,40	1,20	1,60	1,30	1,90	1,50	1,50	1,20	0,80	1,47	0,94	0,63
	м	9,30	3,50	4,30	3,00	3,50	5,80	2,50	3,60	2,90	3,60	2,70	3,10			
Ново-Иерусалим	с	2,10	1,40	1,20	1,10	1,10	1,20	1,20	1,10	1,10	1,20	1,30	1,30	1,28	1,05	0,70
	м	10,70	4,00	5,20	2,60	2,40	2,30	5,90	2,50	2,00	5,00	2,60	2,60			
Подмосковная	с	1,60	1,10	0,80	1,00	0,90	1,20	0,80	0,90	1,30	1,00	1,00	1,00	1,05	0,69	0,64
	м	11,50	3,70	2,30	3,00	2,00	2,80	2,90	2,60	3,90	2,90	1,90	2,40			
Тушино	с	2,80	1,50	1,10	1,50	1,00	1,40	1,30	1,60	1,20	1,00	1,40	1,00	1,4	0,78	0,68
	м	9,80	7,60	2,70	3,40	2,30	3,60	3,00	3,50	2,40	3,00	3,60	2,90			
Среднее, Бк/м ² ·сут:																
- по зоне наблюдения		2,03	1,35	1,05	1,28	1,17	1,27	1,10	1,42	1,25	1,15	1,20	1,00	1,27	0,88	0,71
- по Центру ЕТР		1,83	1,72	1,41	1,32	1,36	1,13	1,19	1,31	1,32	1,28	1,40	1,31	1,38	1,28	1,14
		Объёмная активность, 10 ⁻⁵ Бк/м ³														
Подмосковная	с	34,10	10,90	11,00	13,20	13,70	17,80	17,60	19,30	12,80	15,50	8,70	8,70	15,28	16,53	21,0
	м	139,90	32,60	43,50	45,80	30,10	32,70	35,10	45,60	50,80	46,40	27,00	33,80			

Из табл. 2.1.4 видно, что в 2021 г. среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы в п. Подмосковная составила $15,28 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что в 1,3 раза ниже уровня предыдущего года и средне-взвешенной объёмной $\Sigma\beta$ по Центру ЕТР ($21,41 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). Максимальная среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ ($34,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³) наблюдалась в январе.

Данные радиоизотопного анализа проб аэрозолей из п. Подмосковная за 2015–2021 гг. приведены в табл. 2.1.5.

Из табл. 2.1.5 видно, что среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в приземном слое атмосферы в п. Подмосковная в 2021 г. ($3,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) была в 1,3 раза ниже, чем в 2020 г. ($4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), и в 1,2 раза ниже средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР ($3,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в п. Подмосковная в 2021 г. составляла $0,39 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 2,3 раза ниже, чем в 2020 г., и не превышала средневзвешенного значения по территории

Центра ЕТР ($0,54 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Наблюдаемые в п. Подмосковная среднегодовые объёмные активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr на шесть-семь порядков ниже предельно допустимых среднегодовых объёмных активностей этих радионуклидов в соответствии с НРБ-99/2009 [8].

Таблица 2.1.5

Объёмная активность ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в приземном слое воздуха в п. Подмосковная, 10^{-7} Бк/м³ (данные ОРМ ЦМС Центрального УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Пункт наблюдения	Год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Среднее за год	Средневзвешенное по территории Центра ЕТР
¹³⁷Cs							
Подмосковная	2015	4,0	7,3	2,9	4,0	4,6	5,5
	2016	4,6	2,6	1,9	1,8	2,7	3,6
	2017	2,6	1,9	2,6	2,8	2,5	3,2
	2018	2,2	2,8	2,3	3,4	2,7	3,4
	2019	3,8	4,7	2,6	2,8	3,5	3,4
	2020	3,7	6,6	2,3	3,4	4,0	5,9
	2021	3,1	2,4	2,4	4,4	3,1	3,6
⁹⁰Sr							
Подмосковная		1-е полугодие		2-е полугодие			
	2015	0,58		0,62		0,6	1,01
	2016	0,61		0,29		0,45	0,82
	2017	0,22		0,45		0,34	0,81
	2018	0,11		0,53		0,32	0,58
	2019	0,51		0,47		0,49	0,45
	2020	1,42		0,40		0,91	0,98
2021	0,55		0,23		0,39	0,54	

Среднегодовые значения $\Sigma\beta$ выпадений в пунктах контроля на территории Московской области в 2021 г. (табл. 2.1.4) составляли 0,88–1,56 Бк/м²·сут. Максимальные суточные выпадения (11,5 Бк/м²·сут) были зарегистрированы в январе в п. Подмосковная. Среднегодовое значение $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 г. (1,27 Бк/м²·сут) в г. Москве и Московской области было в 1,4 раза выше значения предыдущего года и примерно равно региональному уровню (Центр ЕТР).

Выпадения ¹³⁷Cs в объединённой по пяти пунктам пробе в 2021 г. (табл. 2.1.3) были в 1,4 раза ниже предыдущего года (0,27 Бк/м²·год) и составили 0,19 Бк/м²·год, что в 1,3 раза ниже уровня средневзвешенного значения для Центра ЕТР (0,25 Бк/м²·год).

Объёмная активность трития в атмосферных осадках в п. Балчуг (центр г. Москвы) и на СФМ (Серпуховской район Московской области), по данным ФГБУ «НПО «Тайфун», в 2021 г. составляла 1,31 и 1,2 Бк/л соответственно, что примерно соответствует среднегодовому значению для всей территории России (1,52 Бк/л).

Среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в воде р. Москвы (данные ФГБУ «НПО «Тайфун») в течение 2021 г. колебалась в пределах от 2,2 до 2,8 мБк/л при среднем значении 2,5 мБк/л, что ниже среднего значения для рек ЕТР (4,7 мБк/л). Самая низкая объёмная активность ⁹⁰Sr наблюдалась в пункте отбора Бабьегородская плотина (1,52 мБк/л) в июле, а самая высокая (4,45 мБк/л) – в том же пункте в ноябре.

Среднегодовая величина МАЭД на территории г. Москвы и Московской области изменялась от 0,10 мкЗв/ч (Немчиновка) до 0,15 мкЗв/ч (Волоколамск), что находится в пределах колебаний естественного γ -фона. Максимальные измеренные значения МАЭД не превышали 0,20 мкЗв/ч (Клин, Тушино).

Радиационная обстановка в г. Москве также систематически с 1987 г. контролируется ФГУП «Радон». Схема размещения элементов системы радиационно-экологического мониторинга г. Москвы в 2021 г. представлена на рис. 2.1.4.

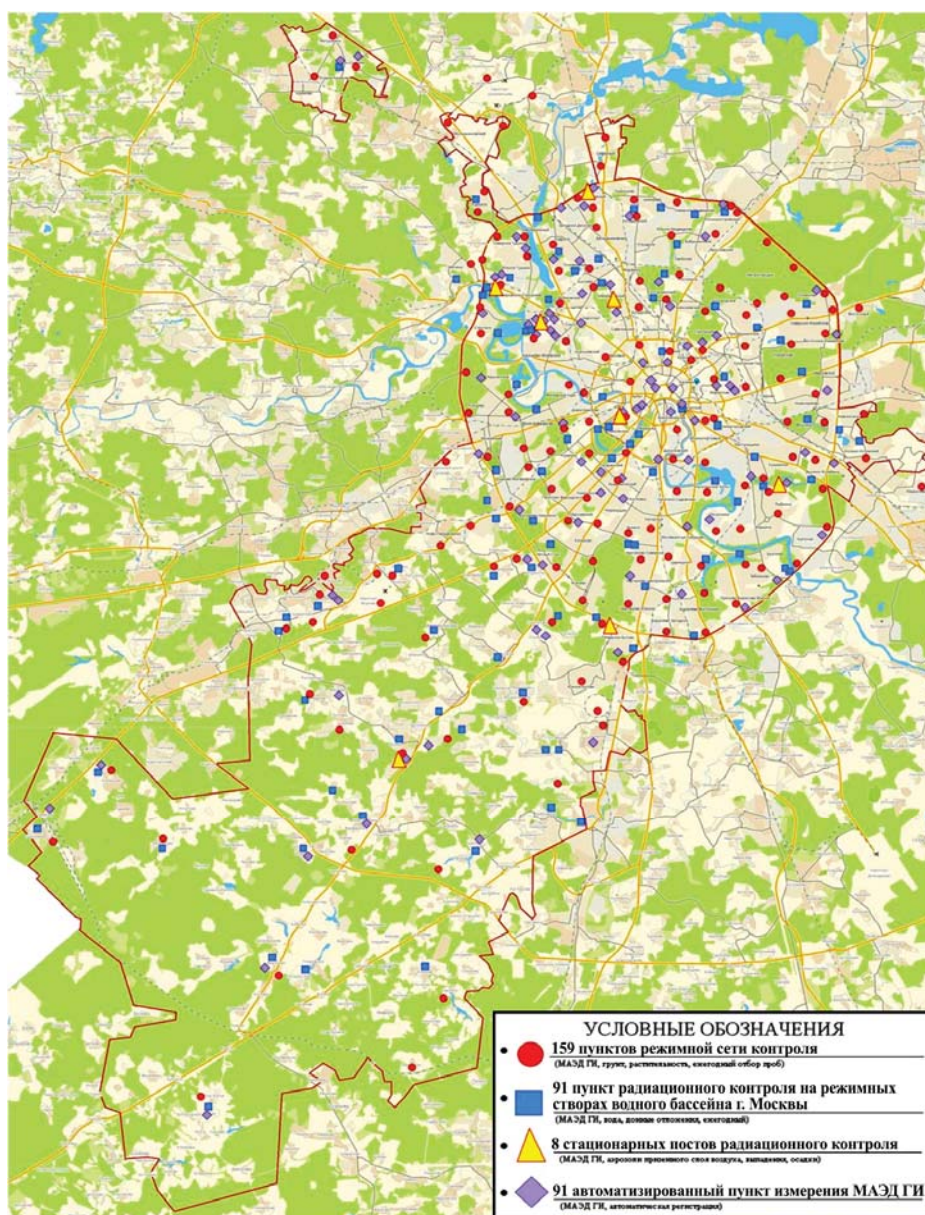


Рис. 2.1.4. Схема размещения элементов системы радиационно-экологического мониторинга г. Москвы

Объёмы выполненных работ по радиационно-экологическому мониторингу на территории г. Москвы общей площадью 2561,5 км² в 2021 году:

– отобрано образцов (проб) атмосферного воздуха приземного слоя – 416; атмосферных выпадений – 416; осадков – 338; почвы (грунта) – 267; воды открытых малых водоёмов (2л) – 91; воды на режимных створах судоходных акваторий Москвы-реки (450л) – 61; донных отложений – 274; растений травянистого яруса – 267;

– проведено 1512 измерений МАЭД гамма-излучения; 562 измерения интегральной поглощённой дозы; 7154 анализа отобранных проб различных объектов окружающей среды; 8500 км автомобильной гамма-съёмки дорог г. Москвы.

Приземная атмосфера и радиоактивные выпадения

Радиоактивность аэрозолей приземного слоя атмосферного воздуха и атмосферных выпадений в г. Москве контролировалась на восьми стационарных постах радиационного контроля (СПРК), расположенных в различных городских зонах шести административных округов.

В пробах аэрозолей атмосферного воздуха приземного слоя, отобранных на стационарных постах радиационного контроля г. Москвы, была определена объёмная радиоактивность основных радионуклидов (табл. 2.1.6).

Таблица 2.1.6
Объёмная активность основных радионуклидов, определённая на СПРК г. Москвы в 2021 г. (данные ФГУП «Радон»)

Радионуклид	Объёмная активность радионуклидов, Бк/м ³				
	минимальная	максимальная	средняя	КУ	ДОО _{НАС}
⁷ Be	6,8·10 ⁻⁴	7,6·10 ⁻³	2,4·10 ⁻³	-	2,0·10 ³
²² Na	1,0·10 ⁻⁷	1,4·10 ⁻⁵	5,5·10 ⁻⁷	-	7,2·10 ⁻¹
¹³¹ I	2,0·10 ⁻⁷	2,3·10 ⁻⁵	6,0·10 ⁻⁶	1,0·10 ⁻⁵	7,3·10 ⁰
¹³⁷ Cs	1,0·10 ⁻⁷	9,0·10 ⁻⁷	3,0·10 ⁻⁷	2,0·10 ⁻⁶	2,7·10 ¹
⁹⁰ Sr	< 1,3·10 ⁻⁸	6,2·10 ⁻⁷	1,8·10 ⁻⁷	5,0·10 ⁻⁷	2,7
^{239,240} Pu	< 2,2·10 ⁻⁸	3,2·10 ⁻⁷	1,4·10 ⁻⁷	-	2,5·10 ⁻³
²²⁶ Ra	1,0·10 ⁻⁷	1,1·10 ⁻⁶	4,7·10 ⁻⁷	1,0·10 ⁻⁵	3,0·10 ⁻²
²³² Th	3,0·10 ⁻⁷	4,7·10 ⁻⁶	1,2·10 ⁻⁶	1,0·10 ⁻⁵	4,9·10 ⁻³
⁴⁰ K	1,7·10 ⁻⁶	3,2·10 ⁻⁵	1,3·10 ⁻⁵	-	3,1·10 ¹
Σβ	< 2,1·10 ⁻⁶	2,6·10 ⁻⁴	8,1·10 ⁻⁵	3,0·10 ⁻⁴	-

Примечание: КУ – контрольный уровень.

Анализ сведений, представленных в табл. 2.1.6, показывает:

- средняя объёмная активность космогенных радионуклидов ⁷Be и ²²Na на 6 порядков меньше ДОО_{НАС};
- средняя объёмная активность терригенных радионуклидов ⁴⁰K, ²²⁶Ra и ²³²Th на 6, 5 и 3 порядка соответственно меньше ДОО_{НАС};
- средняя объёмная активность техногенных радионуклидов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs ниже ДОО_{НАС} на 7 порядков, ¹³¹I – на 6 порядков и ^{239,240}Pu – на 4 порядка.

Объёмная активность природных (космогенных и терригенных) радионуклидов в приземном слое атмосферного воздуха находилась на уровне фоновых значений, характерных для территории Москвы. Объёмная активность регистрируемых техногенных радионуклидов (⁹⁰Sr, ¹³¹I, ¹³⁷Cs, ^{239,240}Pu) не представляла опасности для населения.

В пробах атмосферных выпадений определялось содержание радионуклидов ⁷Be, ⁴⁰K, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ²²⁶Ra, ²³²Th, а также Σβ. Сведения о выпадениях природных и техногенных радионуклидов, а также о выпадениях Σβ, полученные с помощью высокооборотных кювет с планшетами на территории Москвы, приведены в табл. 2.1.7.

Таблица 2.1.7
Данные измерений проб атмосферных выпадений (данные ФГУП «Радон»)

Радионуклид	Выпадения, Бк/м ² ·сут			
	минимальная	максимальная	средняя	КУ
⁷ Be	8,0·10 ⁻²	9,0	1,8	-
⁴⁰ K	6,3·10 ⁻²	1,6·10 ⁻¹	1,3·10 ⁻¹	-
²²⁶ Ra	2,0·10 ⁻²	13·10 ⁻¹	1,7·10 ⁻¹	-
²³² Th	2,0·10 ⁻²	9,7·10 ⁻¹	1,9·10 ⁻¹	-
⁹⁰ Sr	<1,0·10 ⁻³	1,6·10 ⁻²	4,7·10 ⁻³	0,2·10 ³
¹³⁷ Cs	1,0·10 ⁻²	11·10 ⁻¹	1,2·10 ⁻¹	0,4·10 ³
Σβ	3,0·10 ⁻²	4,4	4,8·10 ⁻¹	1,4·10 ³

Анализ сведений, представленных в табл. 2.1.7, показывает, что средние значения плотности выпадений ^{90}Sr и ^{137}Cs , а также средние значения плотности выпадений $\Sigma\beta$ на 3–5 порядков ниже КУ для выпадений и осадков.

Удельная активность радионуклидов в почвах (грунтах)

Удельная радиоактивность почв (грунтов) в отчётном году исследована на режимной сети наблюдения окружающей среды. Пробы отобраны из верхнего пятисантиметрового слоя грунта. Значения удельной активности основных радионуклидов в почвах (грунтах) Москвы приведены в табл. 2.1.8.

Таблица 2.1.8

Значения удельной активности основных радионуклидов в почвах (грунтах) г. Москвы в 2021 г. (данные ФГУП «Радон»)

Значение	Удельная активность радионуклида, Бк/кг							
	$\Sigma\beta$	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	$A_{\alpha\text{фф}}$	^{137}Cs	$^{239,240}\text{Pu}$	^{90}Sr
Минимальное	163	56	3	3	36	<2,0	1,1	<0,6
Среднее	534	376	15	19	74	≤7,0	1,5	1,8
Максимальное	1350	840	66	35	118	21	1,7	580
КУ	1200	800	30	40	180	20	-	-

Средние значения удельной активности приведённых радионуклидов не превышают контрольных уровней для почв (грунтов) г. Москвы.

Удельная активность радионуклидов в растительности травянистого яруса

Средние удельные суммарные альфа- и бета-активности радионуклидов ($\Sigma\alpha$, $\Sigma\beta$) и средние удельные активности ^7Be , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{226}Ra и ^{232}Th в растительности травянистого уровня приведены в табл. 2.1.9.

Таблица 2.1.9

Значения удельной активности основных радионуклидов в растительности травянистого яруса г. Москвы (данные ФГУП «Радон»)

Значение	Удельная активность радионуклида, Бк/кг						
	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\beta$	^7Be	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{137}Cs
Минимальное	<20	214	31	68	<16	7	<10
Среднее	42	942	185	780	≤25	18	<13
Максимальное	106	2510	650	2200	187	61	<19

Удельная активность растений травянистого уровня не нормируется, но она может потребоваться при расчётах перехода в цепочке почва – растения – животные – человек.

Активность радионуклидов в воде малых открытых водоёмов и р. Москвы

Для анализа поверхностных вод малых открытых водоёмов отбирались пробы воды объёмом 2 л. Пробы донных отложений отбирались из верхнего слоя.

Значения объёмных активностей радионуклидов в поверхностных водах и удельных активностей радионуклидов в донных отложениях малых открытых водоёмов приведены в табл. 2.1.10.

Радиационное обследование акватории р. Москвы в 2021 г. выполнено с использованием теплохода типа «Ярославец» с мобильным водным комплексом радиационного контроля ФГУП «Радон».

Пробы большого объёма воды (450 л) проходили фильтрацию на установке «Мидия».

В пробах большого объёма исследовалась радиоактивность отфильтрованной воды и взвеси, осаждённой на фильтрах установки «Мидия» (табл. 2.1.11).

Таблица 2.1.10

Значения объёмных активностей радионуклидов в поверхностных водах и удельных активностей радионуклидов в донных отложениях малых открытых водоёмов г. Москвы (данные ФГУП «Радон»)

Значение	Объёмная активность поверхностных вод, мБк/л		Удельная активность донных отложений, Бк/кг						
	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\beta$	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\beta$	^{40}K	^{137}Cs	^{226}Ra	^{232}Th	$A_{\text{эфф}}$
Минимальное	<20	80	<80	120	93	-	<3,0	5	<20
Среднее	40	190	229	390	306	-	13	15	60
Максимальное	130	540	548	878	580	$\leq 10,0$	30	35	120

Таблица 2.1.11

Радионуклидный состав проб воды, р. Москва, мБк/л (данные ФГУП «Радон»)

Проба, величина	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\beta$	^7Be	^{226}Ra	^{232}Th	^{90}Sr	^{137}Cs
Вода, 450 л минимальное	<20	100	-	-	-	2,8	-
Вода, 450 л среднее	50	190	-	-	-	4,3	-
Вода, 450 л максимальное	150	510	-	-	-	5,6	-
Взвесь, 450 л минимальное	0,1	0,5	0,6	0,1	0,1	-	0,04
Взвесь, 450 л среднее	1,5	2,9	3,4	0,3	0,3	-	0,10
Взвесь, 450 л максимальное	3,5	12,2	13,7	1,1	0,6	-	0,16

Содержание радионуклидов в объектах окружающей среды: воде водоёмов и донных отложениях не нормируются НРБ-99/2009 [8].

По результатам, указанным в табл. 2.1.10 и 2.1.11, средние значения содержания радионуклидов в воде малых открытых водоёмов и Москвы-реки не превышают уровней вмешательства по содержанию радионуклидов в питьевой воде, согласно НРБ-99/2009 [8].

Измеренные уровни содержания радионуклидов в воде малых открытых водоёмов и р. Москвы, а также в донных отложениях не превышают величин, соответствующих многолетним наблюдениям на территории города Москвы.

Радиационный фон

МАЭД измерялась с помощью носимых дозиметров на высоте одного метра от поверхности земли в каждом пункте режимной сети наблюдения при отборе проб окружающей среды, а также при установке и снятии термолюминесцентных дозиметров (ТЛД). Кроме этого МАЭД ГИ измерялась в пунктах автоматической системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) и при выполнении автомобильной гамма-съёмки (АГС) с использованием дозиметрических установок «Гамма-сенсор 01».

Средние значения МАЭД гамма-излучения и интегральной поглощённой дозы для г. Москвы приведены в табл. 2.1.12.

Таблица 2.1.12

**Средние значения МАЭД и интегральной поглощённой дозы гамма-излучения
(данные ФГУП «Радон»)**

Территория	Среднегодовое значение			
	Носимые дозиметры, мкЗв/ч	АСКРО, мкЗв/ч	АГС, мкЗв/ч	ТЛД, мГр/год
г. Москва	0,12	0,12	0,09	0,78

Результаты радиационно-экологического мониторинга предоставляются в органы исполнительной власти г. Москвы, используются в «Радиационно-гигиеническом паспорте территорий г. Москвы» и в «Заключении об уровнях индивидуальных доз облучения граждан г. Москвы».

2.1.2. РОО г. Обнинска

В г. Обнинске, расположенном в Калужской области, в 100 км от Москвы, основными РОО являются Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского» (АО «ГНЦ РФ-ФЭИ») и Акционерное общество «Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский физико-химический институт имени Л.Я. Карпова» (АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»). Местные РОО оказывают влияние на окружающую среду, производя газоаerosольные выбросы радионуклидов в атмосферу, жидкие сбросы их со сточными водами в р. Протву, а также загрязняя радионуклидами грунтовые воды. Данные АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» и АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» о составе и величине выбросов радионуклидов в атмосферу в 2021 г. приведены в табл. 2.1.13 и 2.1.14.

Таблица 2.1.13

Выбросы радионуклидов в атмосферу АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», Бк/год

Радионуклид	Предельно допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
⁴¹ Ar	1,81·10 ¹²	1,7·10 ¹⁰	2,3·10 ¹⁰	-6,0·10 ⁹
⁸⁸ Kr	2,55·10 ¹²	1,3·10 ⁸	2,4·10 ⁸	-1,1·10 ⁸
⁵⁷ Co	1,51·10 ¹⁰	3,8·10 ⁵	3,0·10 ⁵	+8,0·10 ⁴
⁶⁵ Zn	2,51·10 ⁸	-	3,9·10 ⁵	
⁶⁸ Ge	1,08·10 ⁹	-	2,6·10 ⁵	
⁹⁰ Sr	1,69·10 ⁸	5,3·10 ⁵	4,4·10 ⁴	+4,9·10 ⁵
¹⁰⁹ Cd	7,28·10 ⁹	-	1,5·10 ⁶	
¹³⁷ Cs	1,17·10 ¹⁰	1,1·10 ⁷	2,0·10 ⁶	+9,0·10 ⁶
²⁴¹ Am	2,99·10 ⁸	-	2,0·10 ⁵	

Таблица 2.1.14

**Выбросы радионуклидов в атмосферу АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», Бк/год
(данные АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»)**

Радионуклид	Допустимый выброс	2021 г.	2020 г.	2019 г.	2018 г.	2017 г.
¹³¹ I	1,5·10 ¹²	1,3·10 ¹²	1,1·10 ¹²	1,2·10 ¹²	2,2·10 ¹²	1,6·10 ¹²
¹³² I	1,5·10 ¹²	8,0·10 ¹⁰	1,0·10 ¹²	8,4·10 ¹¹	2,4·10 ¹²	1,9·10 ¹²
¹³³ I	4,6·10 ¹¹	5,9·10 ¹⁰	3,1·10 ¹¹	1,8·10 ¹¹	1,6·10 ¹²	1,0·10 ¹²
¹³⁵ I	4,3·10 ¹¹	3,1·10 ⁸	1,4·10 ¹⁰	1,1·10 ¹⁰	2,1·10 ¹¹	7,1·10 ¹⁰
⁴¹ Ar	3,0·10 ¹⁴	1,1·10 ¹⁴	9,0·10 ¹³	1,0·10 ¹⁴	8,3·10 ¹³	9,3·10 ¹³
^{85m} Kr	1,0·10 ¹⁴	1,6·10 ¹³	1,4·10 ¹³	1,5·10 ¹³	2,6·10 ¹³	1,3·10 ¹³
¹³³ Xe	7,5·10 ¹⁴	1,0·10 ¹⁴	7,3·10 ¹³	7,2·10 ¹³	7,2·10 ¹³	8,8·10 ¹³
¹³⁵ Xe	8,1·10 ¹⁴	1,5·10 ¹⁴	1,2·10 ¹⁴	1,0·10 ¹⁴	1,4·10 ¹⁴	1,1·10 ¹⁴
^{135m} Xe	3,0·10 ¹⁴	1,9·10 ¹³	1,0·10 ¹³	1,3·10 ¹³	2,6·10 ¹³	1,8·10 ¹³

Из табл. 2.1.13 видно, что в АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» в 2021 г. годовые выбросы радионуклидов не превышали допустимых нормативов и составляли от 0,005 % (^{88}Kr) до 0,96 % (^{41}Ar) предельно допустимых выбросов.

Выбросы АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» в 2021 г. (табл. 2.1.14) были ниже допустимых и составляли для различных радионуклидов от 5,3 % (^{132}I) до 86,7 % (^{131}I) допустимых выбросов. Суммарный выброс нуклидов йода АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» в 2021 г. был ниже, чем в 2020 г. ($2,4 \cdot 10^{12}$ Бк) и составил $1,4 \cdot 10^{12}$ Бк.

В связи с выводом из эксплуатации основных радиационно опасных участков (производств) в АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» и отсутствием источников поступления радионуклидов в открытую гидрографическую сеть, а также в соответствии с пп. 3.12.1, 3.12.11 ОСПОРБ-99/2010, техническим решением от 07.07.10 № 57-01/86, согласованным с РУ № 8 ФМБА России, для АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» нормативы допустимого сброса не устанавливаются, а проводится только периодический технологический контроль сбросов. АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» значимых радиоактивных сбросов в р. Протву в 2021 г. не производилось.

Радиационный мониторинг в г. Обнинске проводит ФГБУ «НПО «Тайфун» (рис. 2.1.5), в 100-км зоне вокруг Обнинска – Центральное УГМС (рис. 2.1.6).

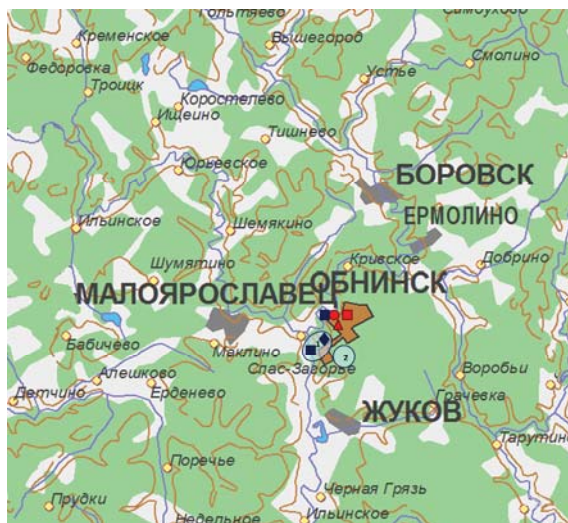


Рис. 2.1.5. Расположение СЗЗ АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» (1), СЗЗ АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» (2) и стационарных пунктов радиационного мониторинга в г. Обнинске:

ФГБУ «НПО «Тайфун»: ФЭИ:

- | | |
|---|--|
| ● | – наблюдения за гамма-фоном; |
| ▲ | – отбор проб атмосферных выпадений; |
| ■ | – наблюдения за атмосферными аэрозолями (ВФУ); |
| ◆ | – отбор проб поверхностных вод. |

Радиационный мониторинг загрязнения окружающей среды в СЗЗ АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» (совпадает с промплощадкой АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»), в ЗН АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» (5-км зона вокруг АО «ГНЦ РФ-ФЭИ») и в СЗЗ АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» (территории 1 и 2 на рис. 2.1.6 соответственно) проводят службы внешней дозиметрии АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» и АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова».

В 2021 г. службой внешней дозиметрии АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» в СЗЗ и ЗН контролировались следующие параметры, характеризующие загрязнение объектов окружающей среды:

- значения МАЭД;

– содержание $\Sigma\alpha$ и $\Sigma\beta$ в почве, растительности, воде р. Протвы и $\Sigma\beta$ в снеге и скважинах хранилища РАО;

– объёмная активность радионуклидов в приземной атмосфере в одной точке (С33).

Отбор проб объёмных активностей радионуклидов приземной атмосферы производится с помощью ВФУ с суточной экспозицией, измерения – один раз в неделю

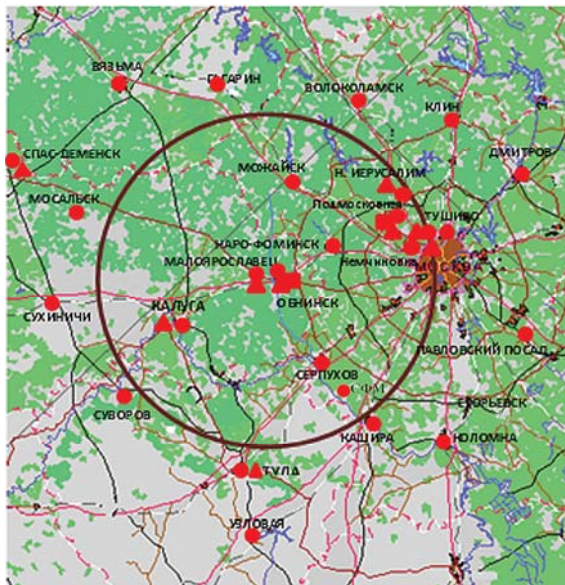


Рис. 2.1.6. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» и филиала АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» (г. Обнинск):

- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – наблюдения за атмосферными аэрозолями.

Радиационный мониторинг в г. Обнинске организован ФГБУ «НПО «Тайфун» в соответствии с [10] следующим образом:

– объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы определяется путём отбора проб аэрозолей с помощью ВФУ, установленной на территории ВММ ФГБУ «НПО «Тайфун» (примерно центр города, в 4–5 км от промплощадок АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» и АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»). Пробы отбираются на фильтры ФПП-15-1,5 и СФМ-И (для улавливания радиоактивного йода в молекулярной форме) с экспозицией одни сутки;

– радиоактивность атмосферных выпадений измеряется путём анализа проб, отобранных с помощью марлевого планшета без бортиков площадью $0,3 \text{ м}^2$, расположенного на территории ФГБУ «НПО «Тайфун», с суточной экспозицией;

– МАЭД измеряется непрерывно на метеоплощадке ФГБУ «НПО «Тайфун» с помощью дозиметра ДГДМ.

В 100-км зоне РОО г. Обнинска в 2021 г. Центральным УГМС осуществлялся контроль (рис. 2.1.6):

- за объёмной активностью радиоактивных аэрозолей в одном пункте (Подмосковная);
- за радиоактивными атмосферными выпадениями в 5 пунктах;
- за величиной МАЭД в 7 пунктах наблюдения.

Приземная атмосфера и радиоактивные выпадения

По данным службы внешней дозиметрии АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», среднегодовая объёмная $\Sigma\alpha$ в 2021 г. в воздухе С33 составила $3 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$, при допустимом значении для предприятия $0,6 \text{ Бк/м}^3$;

среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в воздухе СЗЗ составляла $1,1 \cdot 10^{-4}$ Бк/м³ соответственно при допустимом значении 13,25 Бк/м³.

Значения объёмной активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в воздухе СЗЗ и ЗН АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» в 2021 г. были ниже предела обнаружения (менее $4,1 \cdot 10^{-7}$ и $3,5 \cdot 10^{-6}$ Бк/м³ соответственно).

Данные наблюдений Центрального УГМС за $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений на подстилающую поверхность в пунктах 100-км зоны вокруг РОО г. Обнинска и данные наблюдений ФГБУ «НПО «Тайфун» в г. Обнинске в 2021 г. приведены в табл. 2.1.15.

Таблица 2.1.15

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения выпадений (Р, Бк/м²·сут) и объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе (q, 10⁻⁵ Бк/м³) в 100-км зоне вокруг г. Обнинска в 2021 г. (данные Центрального УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Месяц		Калуга	Малоярославец	Обнинск*		Н-Иерусалим	Тушино	Подмосковная		Центр ЕТР	
		Р	Р	Р	q	Р	Р	Р	q	Р	q
Январь	с	1,0	1,1	1,1	53,4	2,1	2,8	1,6	34,1	1,8	39,5
	м	4,0	2,6	3,7	94,5	10,7	9,8	11,5	139,9		
Февраль	с	0,7	0,7	0,9	29,4	1,4	1,5	1,1	10,9	1,7	23,2
	м	3,4	2,4	2,9	85,8	4,0	7,6	3,7	32,6		
Март	с	0,8	1,1	0,9	28,3	1,2	1,1	0,8	11,0	1,4	17,1
	м	2,4	2,8	2,1	96,4	5,2	2,7	2,3	43,5		
Апрель	с	0,6	0,9	1,7	-	1,1	1,5	1,0	13,2	1,3	19,1
	м	3,0	1,8	6,4	-	2,6	3,4	3,0	45,8		
Май	с	0,9	1,3	-	-	1,1	1,0	0,9	13,7	1,4	22,9
	м	2,5	4,0	-	-	2,4	2,3	2,0	30,1		
Июнь	с	0,6	0,8	-	-	1,2	1,4	1,2	17,8	1,1	20,0
	м	2,3	4,2	-	-	2,3	3,6	2,8	32,7		
Июль	с	0,7	0,7	1,1	22,2	1,2	1,3	0,8	17,6	1,2	21,3
	м	2,4	3,1	5,3	54,5	5,9	3,0	2,9	35,1		
Август	с	0,8	0,9	1,4	24,7	1,1	1,6	0,9	19,3	1,3	25,0
	м	2,1	2,6	5,3	59,9	2,5	3,5	2,6	45,6		
Сентябрь	с	0,7	1,0	1,2	14,9	1,1	1,2	1,3	12,8	1,3	17,3
	м	3,1	3,5	4,7	39,9	2,0	2,4	3,9	50,8		
Октябрь	с	0,7	0,9	1,1	35,3	1,2	1,0	1,0	15,5	1,3	21,1
	м	3,1	3,2	3,6	94,9	5,0	3,0	2,9	46,4		
Ноябрь	с	0,8	0,7	1,1	21,1	1,3	1,4	1,0	8,7	1,4	14,9
	м	2,6	1,7	3,8	77,3	2,6	3,6	1,9	27,0		
Декабрь	с	1,0	0,7	0,9	29,4	1,3	1,0	1,0	8,7	1,3	15,6
	м	1,5	1,5	4,4	159,1	2,6	2,9	2,4	33,8		
Среднее:											
2021 г.		0,78	0,9	1,14	28,74	1,28	1,4	1,05	15,28	1,38	21,4
2020 г.		0,97	0,98	0,95	28,94	1,05	0,78	0,69	16,53	1,28	21,7
Сумма, Бк/м ² ·год:											
2021 г.		292	329	347	468,5	512,4	384,3			505,1	
2020 г.		355	358,7	347,7	384,4	285,5	252,5			468,5	

Примечания: - - нет данных;

* - данные ФГБУ «НПО «Тайфун».

Из табл. 2.1.15 видно, что среднемесячные значения $\Sigma\beta$ суточных выпадений колебались в г. Обнинске в течение года в пределах от 0,9 до 1,7 Бк/м²·сут. Максимальные суточные значения изменялись от месяца к месяцу в пределах 2,1–6,4 Бк/м²·сут. Среднее за год значение $\Sigma\beta$ суточных атмосферных выпадений в г. Обнинске составило 1,14 Бк/м²·сут, что в 1,2 раза выше значения 2020 г. и в 1,2 раза ниже средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР в 2021 г. (1,38 Бк/м²·сут).

Среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ в воздухе г. Обнинска (табл. 2.1.15) в 2021 г., по данным ФГБУ «НПО «Тайфун», колебалась в пределах $(14,9–53,4) \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, а среднее за год значение $(28,74 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³) осталось на уровне прошлого года. Наблюдаемая в 2021 г. среднегодовая

объёмная $\Sigma\beta$ в воздухе г. Обнинска почти в 2 раза выше, чем в п. Подмосковная (табл. 2.1.4), расположенном в 100-км зоне РОО г. Обнинска на расстоянии 85 км, и в 1,3 раза выше средневзвешенной объёмной активности в Центре ЕТР ($21,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³).

Из техногенных радионуклидов в приземном слое атмосферы в центре г. Обнинска в 2021 г., как и в предыдущие годы, регулярно регистрировались ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, изотопы плутония и ¹³¹I (табл. 2.1.16 [6]). Из таблицы видно, что среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr и ²³⁸Pu уменьшилась в 3,3 и 2,4 раза соответственно в сравнении с предыдущим годом, а объёмные активности ¹³⁷Cs, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и ¹³¹I изменились незначительно и остались на том же уровне.

Таблица 2.1.16

Среднемесячная объёмная активность радионуклидов в воздухе г. Обнинска, Бк/м³
(данные ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Месяц	¹³⁷ Cs, ·10 ⁻⁷			²³⁸ Pu, ·10 ⁻⁹		²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, ·10 ⁻⁹		⁹⁰ Sr, ·10 ⁻⁷		¹³¹ I, ·10 ⁻⁵		⁷ Be, ·10 ⁻⁵	
	2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Январь	4,2	3,8	5,2	9,3	0,6	1,8	0,6	} 0,35	} 1,71	72	3,7	188	123
Февраль	7,8	3,7	1,7	2,5	0,5	0,8	0,5			133	1,3	185	86
Март	2,6	5,1	2,8	7,7	31	1,3	1,9			9,7	8,4	134	365
Апрель	4,5	18	5,3	22,6	7,7	2,5	4,4			68	23	163	212
Май	5,3	3,1	4,6	16,2	3,4	7,0	0,9	} 0,58	} 1,35	15	4,1	434	243
Июнь	4,2	2,1	2,7	7,9	2,6	3,6	0,3			11	247	438	340
Июль	3,6	1,8	1,7	9,1	2,2	21,8	0,7			4,6	14	316	307
Август	1,0	2,5	1,7	11,7	61	11,7	23,8			41	14	228	260
Сентябрь	2,4	5,0	4,5	3,5	78,8	1,9	7,9	} 0,58	} 1,35	2,0	2,7	140	288
Октябрь	12	6,9	4,9	5,4	101,9	5,4	18,4			100	86	125	296
Ноябрь	8,0	4,0	3,0	22,4	4,1	2,8	5,1			1,1	20	131	130
Декабрь	5,7	4,0	5,7	13,0	25,1	6,5	2,3			28	42	184	182
Среднее	5,1	5,0	3,7	10,9	26,5	5,6	5,6	0,47	1,53	40	39	222	236

Средняя за год объёмная активность ¹³⁷Cs составила $5,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 1,6 раза выше, чем в п. Подмосковная ($3,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и в 1,4 раза ниже средневзвешенной объёмной активности ¹³⁷Cs для Центра ЕТР в 2021 г. ($3,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr составила $0,47 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 1,2 раза выше, чем в п. Подмосковная ($0,39 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), и на уровне средневзвешенной объёмной активности ⁹⁰Sr для Центра ЕТР ($0,54 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

Все зарегистрированные объёмные активности радионуклидов были на пять–семь порядков ниже допустимой среднегодовой объёмной активности (ДОНАС.) этих радионуклидов в соответствии с НРБ-99/2009 [8]: для ¹³⁷Cs ДОНАС. – 27 Бк/м³, для ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – $2,5 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³, для ²³⁸Pu – $2,7 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³, для ⁹⁰Sr – 2,7 Бк/м³.

Регистрация радиоактивного йода в приземном слое атмосферы г. Обнинска скорее всего обусловлена местным источником – АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова». Количество случаев регистрации ¹³¹I в центре города в 2021 г. (119) увеличилось по сравнению с 2020 г. (100 случаев). Среднегодовая объёмная активность ¹³¹I в воздухе Обнинска в 2021 г. находилась на уровне предыдущего года и составила $4,0 \cdot 10^{-4}$ Бк/м³, что на четыре порядка ниже допустимой среднегодовой активности для ¹³¹I. В течение последних лет в приземном слое атмосферы г. Обнинска регулярно регистрируется 100–130 случаев выявления радиойода в год.

Максимальное содержание ¹³¹I в приземном слое атмосферы г. Обнинска в 2021 г. наблюдалось 03–04 февраля 2021 г. и составляло $2,9 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³ (за сутки), что всего на два порядка ниже допустимой среднегодовой активности для ¹³¹I (ДОНАС. = 7,3 Бк/м³ в соответствии с НРБ-99/2009 [8]).

За весь период наблюдений самые высокие зафиксированные среднесуточные объёмные активности ^{131}I в г. Обнинске составляли: в феврале 1992 г. – $7,36 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³; в марте 1994 г. – $1,4 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³; в феврале 1995 г. – $1,95 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³, в августе 2016 г. – $3,4 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³, в марте 2017 г. – $2,8 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³, в феврале 2019 г. – $6,3 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³, в июне 2020 г. – $3,9 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³. Все наблюдавшиеся в этот период **среднесуточные** объёмные активности были на два-три порядка ниже допустимой **среднегодовой** объёмной активности ^{131}I для населения в соответствии с НРБ-99/2009. Исключение составляет случай, зарегистрированный в ноябре 2015 г., когда содержание ^{131}I составляло 0,11 Бк/м³, и в октябре 2018 г. – 0,25 Бк/м³, что всего на один порядок ниже норматива [8].

Из естественных радионуклидов в составе глобального фона г. Обнинска регулярно определялись ^7Be и ^{40}K . Среднегодовая объёмная активность ^7Be в воздухе от года к году меняется в пределах одного порядка величины и в 2021 г. составляла $222 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Объёмная активность ^{40}K в 2021 г. изменялась в диапазоне $(0,1-1,1) \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ со среднегодовым значением $0,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что равно уровню 2020 года.

В табл. 2.1.17 приведены данные о выпадениях ^{137}Cs из атмосферы в г. Обнинске и средние выпадения по трём пунктам Калужской области (Калуга, Малоярославец, Спас-Деменск), выпадения ^{137}Cs в которых можно считать фоновыми для Калужской области.

Таблица 2.1.17

Выпадения ^{137}Cs в г. Обнинске и других районах Калужской области

Месяц	Обнинск, Бк/м ² ·месяц			Фон*, Бк/м ² ·квартал			Жиздра, Бк/м ² ·месяц		
	2021	2020	2019	2021	2020	2019	2021	2020	2019
Январь	нпо	0,1	< 0,1	} < 0,1	} 0,065	} 0,045	нпо	нпо	нпо
Февраль	нпо	0,1	< 0,1				нпо	нпо	нпо
Март	нпо	< 0,1	< 0,1				нпо	нпо	0,26
Апрель	нпо	0,73	< 0,1	} 0,16	} 0,32	} 0,14	нпо	0,5	0,21
Май	нпо	0,15	< 0,1				0,15	0,4	0,41
Июнь	нпо	< 0,1	0,12				0,16	0,18	< 0,3
Июль	нпо	0,1	0,1	} 0,10	} 0,15	} 0,12	0,20	0,47	0,34
Август	нпо	0,12	0,21				0,16	0,37	0,43
Сентябрь	нпо	0,11	< 0,1				0,13	нпо	0,22
Октябрь	нпо	< 0,1	0,18	} 0,09	} 0,10	} 0,04	0,14	нпо	0,25
Ноябрь	нпо	< 0,1	0,11				нпо	нпо	0,14
Декабрь	нпо	< 0,1	< 0,1				нпо	нпо	< 0,09
Сумма за год, Бк/м ² ·год	< 1,2	1,9	1,5	0,45	0,64	0,35	1,5	2,6	2,9

Примечания: * – среднее по трём пунктам: Калуга, Спас-Деменск, Малоярославец;
нпо – ниже предела обнаружения, < 0,1 Бк/м².

Фоновые выпадения ^{137}Cs в Калужской области (табл. 2.1.17) в 2021 г. уменьшились в 1,4 раза по сравнению с прошлым годом и составили 0,45 Бк/м²·год. В Обнинске годовые выпадения ^{137}Cs в 2021 г. были ниже 1,2 Бк/м²·год. В табл. 2.1.17 также приводятся данные о выпадениях ^{137}Cs в п. Жиздра Калужской области (в 180 км к юго-западу от г. Обнинска), загрязнённом в результате аварии на ЧАЭС. Сумма годовых выпадений ^{137}Cs в п. Жиздра в 2021 г. (1,5 Бк/м²·год) уменьшилась в 1,7 раза по сравнению с 2020 г. и была в 3,3 раза выше фоновых выпадений по Калужской области.

Выпадения ^{90}Sr в г. Обнинске в 2021 г. были ниже предела обнаружения. Выпадения природного радионуклида ^7Be в 2021 г. изменялись в диапазоне 23–144 Бк/м²·месяц, составив за год 906 Бк/м². Выпадения природного ^{40}K составили 38 Бк/м², изменяясь от 1 до 8,2 Бк/м²·месяц.

Наблюдавшиеся в 2021 г. уровни радиоактивного загрязнения окружающей среды техногенными радионуклидами в ближней 10-км зоне РОО Обнинска были значительно ниже существующих нормативов. Однако местные РОО оказывают влияние на загрязнение атмосферы Обнинска ^{131}I , отсутствующим в составе глобального радиоактивного фона.

Вода и другие объекты окружающей среды

Контроль загрязнения подземных вод на территории АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», осуществляемый службой внешней дозиметрии АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», в 2021 г. показал, что объёмная $\Sigma\beta$ в воде наблюдательных скважин в СЗЗ изменялась от 0,1 до 609 Бк/л. Объёмные $\Sigma\alpha$ и $\Sigma\beta$ в воде р. Протвы составляли <0,05 и <0,16 Бк/л соответственно и не превышали контрольных уровней для питьевой воды 0,2 Бк/л для $\Sigma\alpha$ и 1,0 Бк/л для $\Sigma\beta$ в соответствии с НРБ-99/2009.

В подземных водах в окрестностях г. Обнинска в течение ряда лет наблюдается повышенное содержание трития. Поступление трития в подземные воды связано с нарушением герметичности хранилищ твёрдых РАО АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» [12]. В связи с этим из водозаборов и коммуникаций питьевого водоснабжения в разных районах г. Обнинска и других близлежащих населённых пунктах (Малоярославец, Белоусово, Балабаново, д. Мишково) ФГБУ «НПО «Тайфун» периодически проводил отбор проб воды для анализа на содержание в ней трития.

Анализ питьевой воды, отобранной на территории ФГБУ «НПО «Тайфун» в г. Обнинске в 2021 г., показал, что содержание трития в питьевой воде в течение года варьировало в пределах от 2,37 до 7,32 Бк/л при среднем значении 4,62 Бк/л (табл. 2.1.18), что примерно на три порядка ниже УВ [8] и в 4 раза выше среднего содержания трития в пресных водах рек ЕТР (1,14 Бк/л) [6].

Динамика изменения среднегодового содержания трития в питьевой воде на территории ФГБУ «НПО «Тайфун» с 1997 г. представлена на рис. 2.1.7 [5, 6]. Из рисунка видно, что содержание трития в воде постепенно снижается. За указанный период оно уменьшилось примерно в 30 раз. Максимальное измеренное разовое содержание трития было зарегистрировано в 1999 г. и составляло 150 Бк/л, минимальное – 0,86 Бк/л – зарегистрировано в 2017 году.

Таблица 2.1.18

Объёмная активность трития в питьевой водопроводной воде г. Обнинска на территории ФГБУ «НПО «Тайфун», Бк/л (данные ФГБУ «НПО «Тайфун»)

2021 г.		2020 г.	
Месяц	Объёмная активность	Месяц	Объёмная активность
Январь	5,41	Январь	6,47
Февраль	7,32	Февраль	7,29
Март	5,14	Март	10,35
Апрель	2,37	Апрель	4,10
Май	7,15	Май	6,78
Июнь	3,7	Июнь	-
Июль	4,73	Июль	-
Август	4,83	Август	4,25
Сентябрь	2,83	Сентябрь	-
Октябрь	4,68	Октябрь	-
Ноябрь	2,93	Ноябрь	6,34
Декабрь	4,44	Декабрь	1,77
Среднее	4,62	Среднее	5,92

Примечание: - – отбор проб не проводился.

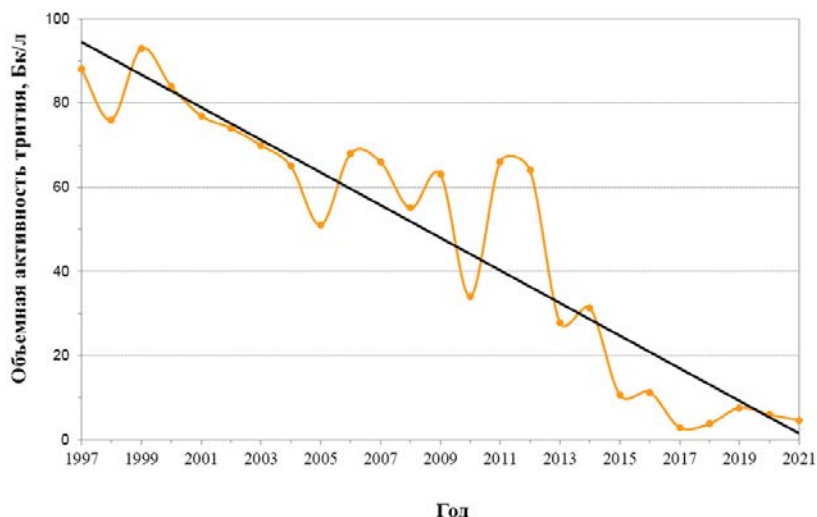


Рис. 2.1.7. Изменение содержания трития в питьевой воде на территории ФГБУ «НПО «Тайфун»

Содержание $\Sigma\beta$ в почве в СЗЗ и ЗН АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», по данным службы внешней дозиметрии АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», составило 845 и 735 Бк/кг соответственно, а $\Sigma\alpha$ в СЗЗ и ЗН – 1170 и 740 Бк/кг соответственно. Содержание $\Sigma\beta$ в растительности в СЗЗ составило 705 Бк/кг, а в ЗН – 600 Бк/кг. Содержание $\Sigma\alpha$ в растительности в СЗЗ составило 225 Бк/кг, а в ЗН – 175 Бк/кг.

Среднегодовые значения МАЭД в Обнинске, а также в пунктах 100-км зоны вокруг РОО (рис. 2.1.6) в 2021 г. не выходили за пределы колебаний естественного γ -фона и составляли: Малоярославец – 0,12 мкЗв/ч, Можайск – 0,11 мкЗв/ч, Наро-Фоминск – 0,13 мкЗв/ч, Немчиновка – 0,10 мкЗв/ч, Москва – 0,11 мкЗв/ч, Ново-Иерусалим – 0,12 мкЗв/ч, Подмосковная – 0,12 мкЗв/ч, Калуга – 0,13 мкЗв/ч, Серпухов – 0,11 мкЗв/ч. Максимальные среднесуточные значения МАЭД не превышали 0,21 мкЗв/ч.

Повышенное, по сравнению с фоновым, содержание трития в питьевой воде в г. Обнинске и превышение УВ по тритию в некоторых родниках в районе АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» [13, 14] требуют организации постоянного радиоэкологического мониторинга (ежегодное обследование) водных объектов, поскольку по результатам исследований, проведенных НПО «Тайфун» в рамках различных проектов в течение последних 20 лет, поступление трития в природные воды с промплощадки АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» продолжается.

Наблюдавшиеся в 2021 г. уровни радиоактивного загрязнения окружающей среды техногенными радионуклидами в ближней 10-км зоне РОО г. Обнинска были ниже существующих нормативов [8]. Однако местные РОО оказывают влияние на загрязнение атмосферы ^{131}I , отсутствующим в составе глобального радиоактивного фона, на повышенное, по сравнению с фоновыми уровнями, радиоактивное загрязнение атмосферы ^{137}Cs , ^{90}Sr , изотопами плутония и на загрязнение подземных вод тритием, создавая дополнительную техногенную нагрузку на население города.

Выводы

Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод, что радиационная обстановка на территории ЦФО в 2021 г. была стабильной. Однако РОО, расположенные на территории округа, оказывают влияние на загрязнение воздуха техногенными радионуклидами. В пунктах, находящихся в 100-км зонах некоторых РОО, объемная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr выше средневзвешенного значения по Центру ЕТР, но на пять–семь порядков ниже допустимых уровней в соответствии с НРБ-99/2009.

2.2. Северо-Западный федеральный округ

Общая информация по округу

Северо-Западный федеральный округ (СЗФО) расположен на севере и северо-западе ЕТР. В него входят 11 субъектов Федерации: Республика Карелия и Республика Коми, Архангельская, Вологодская, Мурманская, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Калининградская области и Ненецкий автономный округ. Санкт-Петербург является центром округа. Площадь территории федерального округа составляет 1 686,9 тыс. км², население – 1 3972 тыс. человек [1, 2].

Северо-Западный федеральный округ граничит с Финляндией, Норвегией, Польшей, Эстонией, Латвией, Литвой, Республикой Беларусь. Имеет выход в Балтийское, Белое, Баренцево, Карское моря.

Согласно [3], на территории округа расположено 16 РОО, в состав которых входят особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты. Две АЭС на территории СЗФО – Кольская и Ленинградская – находятся в г. Полярные Зори Мурманской области и в г. Сосновый Бор Ленинградской области соответственно. Девять РОО расположены в Санкт-Петербурге. Семь РОО, среди которых преимущественно предприятия МО, обслуживающие ВМФ, расположены на территории г. Мурманска и области и в г. Северодвинске Архангельской области. Кроме того, на территории СЗФО находится центральный полигон РФ (о. Новая Земля).

Организация радиационного мониторинга

Радиационный мониторинг на территории округа проводится Мурманским, Северным и Северо-Западным УГМС Росгидромета (рис. 2.2.1).

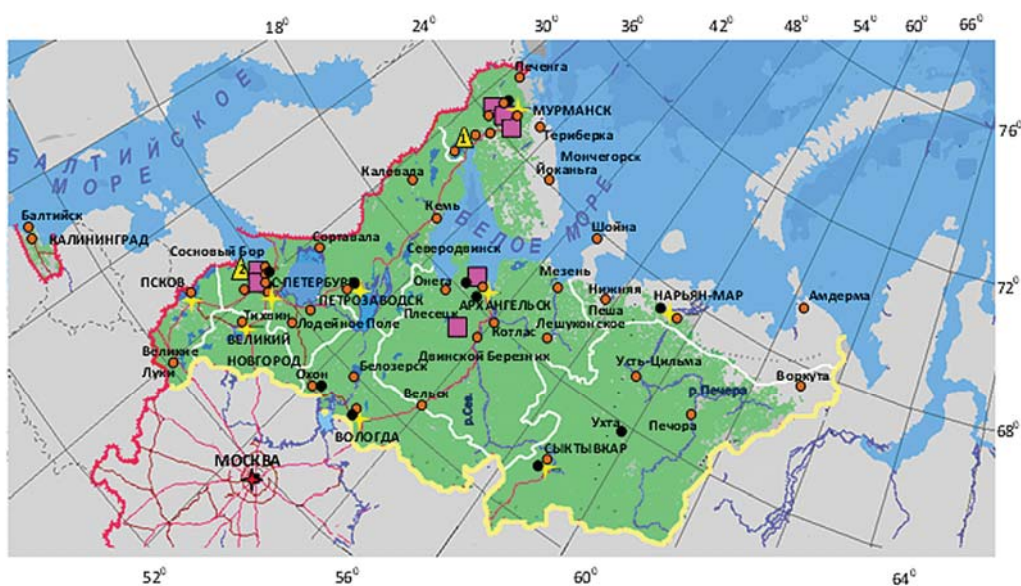


Рис. 2.2.1. Расположение пунктов наблюдения за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы и РОО на территории Северо-Западного федерального округа:

- – отбор радиоактивных аэрозолей с помощью воздухофильтрующих установок;
- – отбор радиоактивных выпадений с помощью планшетов;
- – радиационно опасные объекты;
- ▲ – АЭС;
- ★ – центры субъектов РФ;
- (красная) – магистральные федеральные автодороги;
- (коричневая) – прочие федеральные автодороги;
- (белый) – границы субъектов РФ;
- (желтый) – границы федеральных округов;
- (красная) – государственная граница.

В составе СРМ на территории округа действуют 166 пунктов наблюдений по измерению мощности амбиентного эквивалента дозы (ежедневно); 35 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных выпадений с помощью марлевых планшетов с экспозицией одни сутки; 13 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных аэрозолей с помощью ВФУ (11 работающих); 5 пунктов по отбору проб осадков для анализа на содержание трития; 2 пункта по отбору проб поверхностных пресных вод для анализа на тритий; 9 пунктов по отбору проб поверхностных пресных вод для анализа на содержание ^{90}Sr , 6 пунктов по отбору проб морской воды на содержание ^{90}Sr . Кроме того, в 10 точках Двинского залива Белого моря отбираются пробы морского грунта для определения содержания гамма-излучающих радионуклидов.

Анализ проб аэрозолей и выпадений на содержание гамма-излучающих техногенных и природных радионуклидов, а также на суммарную $\Sigma\beta$ проводится в радиометрических лабораториях УГМС, расположенных на территории СЗФО. Анализ проб поверхностных вод на содержание трития и ^{90}Sr проводится в лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун».

Радиационная обстановка

Радиационный фон

По данным ежедневных измерений, в течение 2021 г. на территории СЗФО МАЭД находилась в основном в пределах колебаний естественного радиационного фона – от $< 0,06$ до $0,21$ мкЗв/ч. Среднегодовые значения МАЭД в 2021 г. на территории СЗФО варьировали от $0,09$ до $0,12$ мкЗв/ч. Среднегодовые и максимальные суточные значения МАЭД в субъектах СЗФО представлены в табл. 2.2.1.

Таблица 2.2.1

Среднегодовые и максимальные измеренные значения МАЭД в субъектах СЗФО в 2021 г., мкЗв/ч

Субъекты Федерации	Количество пунктов	Среднегодовые	Максимальные измеренные
Республика Карелия	20	0,09	0,17 (Паданы)
Республика Коми	18	0,09	0,19 (Кослан)
Архангельская область, в т.ч. Ненецкий автономный округ	40	0,09	0,23 (Канин Нос)
Вологодская область	14	0,10	0,17 (Череповец)
Калининградская область	7	0,12	0,19 (Пионерский)
Ленинградская область, Санкт-Петербург	23	0,11	0,21 (Гогланд)
Мурманская область	30	0,10	0,25 (Териберка)
Новгородская область	7	0,12	0,19 (Старая Руса)
Псковская область	7	0,10	0,15 (Гдов)
СЗФО	166	0,10	0,25

Примечание: в скобках указаны пункты в субъектах СЗФО, в которых было измерено максимальное значение МАЭД.

Среднегодовые значения МАЭД в пунктах наблюдения 100-км зоны Ленинградской АЭС изменялись от $0,10$ до $0,15$ мкЗв/ч, Кольской АЭС – от $0,09$ до $0,12$ мкЗв/ч.

Среднегодовое значение МАЭД по СЗФО в 2021 г. составило $0,10$ мкЗв/ч.

Приземная атмосфера

На территории СЗФО из 11 субъектов только в 8 имеются пункты наблюдения за радиоактивными аэрозолями в атмосферном воздухе с помощью ВФУ. Пункты наблюдения Мурманск, Зашеек, Санкт-Петербург, Архангельск, Северодвинск, Охоны расположены в 100-км зонах РОО, и данные, полученные вокруг этих пунктов, включают влияние источников. Остальные пункты наблюдения за радиоактивными аэрозолями воздуха расположены в фоновых районах. Поэтому данные по объёмной активности радионуклидов в воздухе приводятся по каждому пункту наблюдения отдельно.

В табл. 2.2.2 приведены среднегодовые значения объёмной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в пунктах наблюдения СЗФО в 2019–2021 гг. [5, 6].

Таблица 2.2.2

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в населённых пунктах СЗФО, 10^{-7} Бк/м³

Пункты наблюдения	^{137}Cs			^{90}Sr		
	2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Мурманская область						
Мурманск	1,0	н/р	1,1	0,15	0,10*	0,26
Кандалакша	1,1	н/р	н/р	0,15	0,38*	н/р
Зашеек	1,1	н/р	1,5	0,10	0,09*	0,15
Республика Коми						
Сыктывкар	1,4	0,7	0,6	0,43	0,32	0,35
Ухта	1,8**	0,7	0,5	0,23*	0,19	0,14
Ленинградская область и г. Санкт-Петербург						
Санкт-Петербург	3,1	2,9	3,7	0,56	0,79	0,91
Карелия						
Петрозаводск	3,1	2,5	3,4	1,17	1,25	0,76
Вологодская область						
Вологда	0,7	0,8	0,5	0,59	1,69	0,14
Архангельская область						
Архангельск	0,7	0,5	1,1	0,41	0,46	0,64
Северодвинск	1,6	1,0	1,4	1,11	0,69	0,38
НАО						
Нарьян-Мар	0,8	0,7	0,6	0,09	0,60	0,21
Новгородская область						
Охоны	н/р	1,0	1,4	н/р	0,24**	0,48
Среднее по округу	1,5	1,2	1,4	0,46	0,75	0,45

Примечания: н/р – станция не работала;

* данные за 2-е полугодие (сентябрь, IV квартал), в 1-е полугодие станция не работала;

** данные за 1-е полугодие, во 2-е полугодие станция не работала.

Увеличение среднегодовой объёмной активности ^{137}Cs в 2021 г., по сравнению с 2020 г., произошло в Северодвинске – в 1,6 раз, в Сыктывкаре – в 2 раза, в Петрозаводске в 1,2 раза, в пунктах Сыктывкаре, Архангельске, Санкт-Петербурге и Нарьян-Маре уровень среднегодовой объёмной активности ^{137}Cs остался таким же, как и в 2020 году. Максимальная среднегодовая объёмная активность наблюдалась в г. Санкт-Петербурге и Петрозаводске.

На рис. 2.2.2 представлена динамика среднегодовой объёмной активности ^{137}Cs на территории СЗФО в 2010–2021 годах. Пик (рис. 2.2.2) связан с аварией на АЭС «Фукусима-1» в 2011 году.

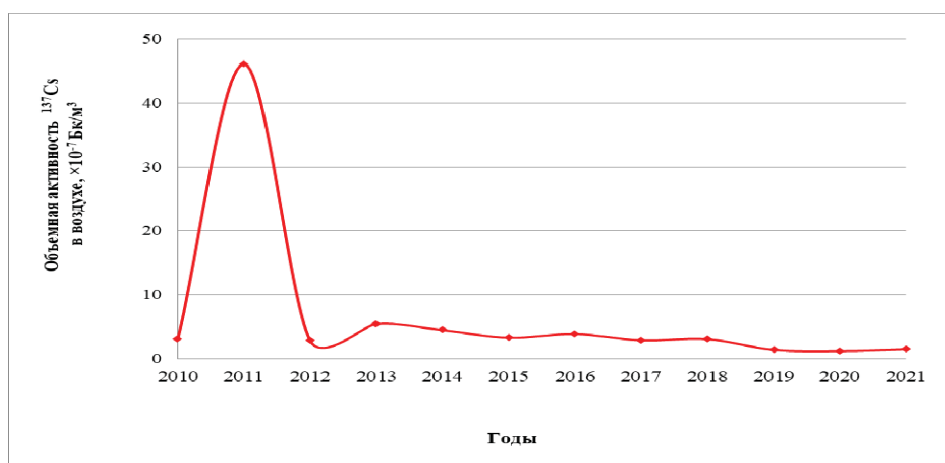


Рис. 2.2.2. Динамика объёмной активности ^{137}Cs на территории СЗФО в 2010 – 2021 годах

Среднегодовое значение объёмной активности ^{137}Cs по всей территории СЗФО увеличилось в 1,3 раза по сравнению с предыдущим годом и составило $1,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в 2021 г. (табл. 2.2.2) увеличилась по сравнению с 2020 г. в пунктах Сыктывкаре – в 1,3 раза, Мурманске – 1,5 раза и Северодвинске – в 1,6 раза. В Архангельске, Петрозаводске и Зашеек среднегодовые объёмные активности ^{90}Sr в 2021 г. остались на уровне предыдущего года. В остальных пунктах СЗФО объёмная активность ^{90}Sr уменьшилась в 1,4–6 раз. Осреднённые по всей территории СЗФО объёмные активности ^{90}Sr в 2021 г. уменьшились по сравнению с 2020 г. в 1,6 раза.

Радиоактивные выпадения

Выпадения ^{90}Sr на подстилающую поверхность территории СЗФО в 2021 г. и в предшествующие годы были ниже предела обнаружения ($< 0,1$ Бк/м²·год). Годовые выпадения ^{137}Cs в субъектах СЗФО представлены в табл. 2.2.3.

Таблица 2.2.3

Годовые выпадения ^{137}Cs из атмосферы на территории субъектов СЗФО в 2021 г., Бк/м²·год

Субъекты Федерации	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Республика Карелия	<0,32	0,29	0,35
Республика Коми	0,08	0,12	0,11
Архангельская область	0,08	0,12	0,11
Ненецкий автономный округ*	0,08	0,12	0,11
Вологодская область	0,08	0,12	0,11
Калининградская область	<0,35	<0,35	<0,2
Ленинградская область	<0,32	0,29	0,35
Мурманская область*	0,18	0,26	0,23
Новгородская область	<0,32	0,29	0,35
Псковская область	<0,32	0,29	0,35
Санкт-Петербург	<0,32	0,29	0,35
Среднее для СЗФО	<0,22	0,22	0,26
Средневзвешенное для Севера ЕТР	0,15	0,17	0,19
Средневзвешенное для Заполярья	0,06	0,07	0,11

Примечание: * – субъекты, расположенные в Заполярье.

Для субъектов РФ, расположенных за полярным кругом, в 2021 г. значения годовых атмосферных выпадений ^{137}Cs выше средневзвешенного значения для Заполярья (0,06 Бк/м²·год): на территории Мурманской области (0,18 Бк/м²·год) – в 3 раза, на территории Ненецкого автономного округа – значение на уровне средневзвешенного значения. В Республике Коми, Архангельской и Вологодской областях годовые выпадения ^{137}Cs составили 0,8 Бк/м²·год, в Республике Карелия, Ленинградской, Новгородской, Псковской областях и в г. Санкт-Петербурге – $< 0,32$ Бк/м²·год.

Средние выпадения ^{137}Cs за год на территории СЗФО в 2021 г. ($< 0,22$ Бк/м²·год) находились на уровне предыдущего года.

На рис. 2.2.3 представлены изменения годовых выпадений ^{137}Cs на территории округа в период с 2011 по 2021 год.

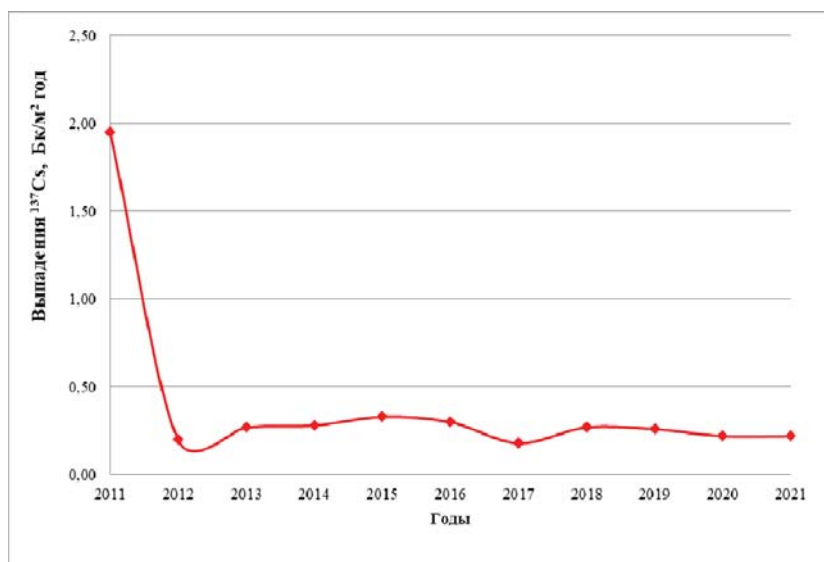


Рис. 2.2.3. Динамика выпадений ¹³⁷Cs на территории СЗФО в 2011–2021 годах

Поверхностные воды

На территории СЗФО осуществляются наблюдения за содержанием ⁹⁰Sr в речных, озёрных и морских водах, содержанием ¹³⁷Cs – в морских грунтах, а также за содержанием трития – в атмосферных осадках и в речной воде. Наблюдения за содержанием ⁹⁰Sr и трития ведутся в следующих субъектах СЗФО: Республика Карелия, Мурманская, Архангельская и Ленинградская области, Ненецкий автономный округ. Тритий в осадках и речной воде определяют на территории Мурманской, Архангельской, Калининградской области, а также в Ненецком автономном округе. Наблюдения за ⁹⁰Sr в морской воде проводят в Кандалакшском и Онежском заливах Белого моря и в Баренцевом море; за ¹³⁷Cs – в морских донных отложениях Двинского залива Белого моря.

В табл. 2.2.4 представлены данные о содержании ⁹⁰Sr в реках и озёрах, расположенных в субъектах СЗФО, в 2019–2021 годах.

Таблица 2.2.4

Среднегодовые объёмные активности ⁹⁰Sr в реках и озёрах СЗФО, мБк/л

Субъекты Федерации	Водный объект	Пункт наблюдения	2021	2020	2019
Республика Карелия	оз. Онежское	Петрозаводская губа (2 точки отбора)	1,3	2,3	5,0
Мурманская область	оз. Имандра	Губа Молочная	1,3	1,6	1,3
	оз. Имандра	Зашеек	1,4	1,8	1,8
Архангельская область	р. Северная Двина	Архангельск (п. Соломбала)	3,0	2,8	2,7
	р. Мезень	Дорогорское	2,3	1,5	1,7
	р. Онега	Порог (Каргополь ОГМС)	3,5	3,1	3,0
Ненецкий автономный округ	р. Печора	Нарьян-Мар (водопост Мор. Порт)	1,6	2,4	2,0
Ленинградская область	р. Нева	Новосаратовка	3,1	2,4	3,5
Среднее по рекам ЕТР			4,7	4,5	4,1
Среднее по рекам и озёрам ЕТР			3,0	3,3	3,8

Из табл. 2.2.4 видно, что среднегодовые значения объёмной активности ⁹⁰Sr в р. Северной Двине и р. Онеге в 2021 г. остались на уровне 2020 года. Уменьшение среднегодовой объёмной активности наблюдалось для р. Печоры – в 1,5 раза, для оз. Онежское – в 1,8 раза, для оз. Имандра (Губа Молочная) – в 1,2 раза и для оз. Имандра (Зашеек) – в 1,3 раза. Для р. Мезень и р. Нева,

напротив, отмечается незначительное увеличение среднегодового значения объёмной активности ^{90}Sr в 1,5 раза и в 1,3 раза соответственно.

Значения среднегодовых объёмных активностей ^{90}Sr в озёрах и реках СЗФО не превышали среднее значение по рекам и озёрам ЕТР (3,0 мБк/л) (кроме р. Онега – превысило в 1,2 раза) и среднее значение по рекам ЕТР (4,7 мБк/л).

Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в поверхностных водах Баренцева и Белого морей в 2021 г. составила 2,1 и 2,7 мБк/л соответственно. Аналогичный параметр в 2004–2020 гг. для Баренцева моря изменялся от 1,8 до 3,6 мБк/л, а для Белого моря – от 2,5 до 4,4 мБк/л. Таким образом, содержание ^{90}Sr в поверхностных водах Баренцева и Белого морей в 2021 г. находилось в пределах колебаний уровней предшествующих лет.

Среднегодовая объёмная активность трития в р. Печоре на территории Ненецкого автономного округа и в р. Северной Двине в Архангельской области в 2021 г. составила 1,1 Бк/л соответственно, что ниже среднегодового значения для основных рек России – 1,6 Бк/л. Сравнительный анализ результатов по содержанию трития в указанных реках в 2021 г. и в предыдущие годы (2004–2020) также указывает на стабильную ситуацию с содержанием трития в реках СЗФО.

Среднегодовые значения трития в атмосферных осадках в пунктах наблюдения, расположенных в Архангельске, Калининграде, Мурманске и Нарьян-Маре, в 2021 г. составили 1,0; 0,9; 1,0 и 1,3 Бк/л соответственно и были ниже среднегодового содержания трития в осадках для всей территории РФ в 2021 г. (1,5 Бк/л). Суммарные годовые выпадения трития на территорию СЗФО в 2021 г. составили 2610,1 Бк/м².

В СЗФО, в Ленинградской и Новгородской областях, имеются территории, загрязнённые в результате аварии на ЧАЭС. По состоянию на 1 января 2022 г. [4] в Ленинградской области один пункт имеет плотность загрязнения территории ^{137}Cs более 1 Ки/км². В Новгородской области населённых пунктов с уровнями выше 1 Ки/км² на 1 января 2022 г. нет.

Обзор и анализ радиационной обстановки в районах расположения Кольской и Ленинградской АЭС представлены в разделе 3. Ниже подробно рассматривается радиационная обстановка вокруг РОО городов Мурманска, Северодвинска и СЗЦ «СевРАО» – филиал ФГУП «ФЭО».

2.2.1. РОО г. Северодвинска

Радиационно опасные объекты на территории Архангельской области сосредоточены в основном в г. Северодвинске. Здесь, в Двинском заливе Белого моря, расположены АО «Производственное объединение «Северное машиностроительное предприятие» (далее – «Севмаш») и АО «Центр судоремонта «Звёздочка» (далее – ЦС «Звёздочка»). На этих РОО осуществляются строительство, обслуживание, ремонт морских судов с ядерными реакторами на борту, а также хранятся РАО (могильник «Миронова гора», находящийся в ведении «Севмаш»), проводятся отстой и частичная утилизация атомных подводных лодок.

Радиационный мониторинг в 100-км зоне вокруг РОО г. Северодвинска осуществляет Северное УГМС (Архангельский ЦГМС-Р), а в СЗЗ и ЗН РОО – службы радиационной безопасности самих объектов.

В 2021 г. Северным УГМС проводился радиационный мониторинг следующих параметров, характеризующих радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды (рис. 2.2.4):

- объёмной активности радионуклидов в приземном слое атмосферы на двух станциях (в Архангельске и Северодвинске), пробы отбирались с помощью ВФУ с суточной экспозицией;
- радиоактивности атмосферных выпадений на двух станциях (в Архангельске и Онеге);
- содержания трития в атмосферных осадках в г. Архангельске и в пробах воды в р. Северная Двина (в/п Соломбала);
- содержания ^{90}Sr в поверхностных водах в устьях рек Онеги (п. Порог) и Северной Двины (в/п Соломбала), а также в Белом море – в 5 точках;
- содержания гамма-излучающих радионуклидов в донных отложениях в заливах Белого моря в районе г. Северодвинска в 10 точках один раз в год;
- содержания радионуклидов в пробах почвы, отобранных в 6 пунктах в летний период в 100-км зоне вокруг РОО;
- содержания радионуклидов в пробах растительности и снежного покрова, отобранных в 24 населённых пунктах;
- МАЭД гамма-излучения ежедневно на 6 стационарных пунктах;
- ежедневного контроля за радиационной обстановкой с использованием АТ АСКРО.



Рис. 2.2.4. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг РОО г. Северодвинска:

- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – наблюдения за атмосферными аэрозолями;
- T – отбор проб атмосферных осадков;
- ◀ – отбор проб снега и почвы;
- ⊗ – радиационно опасные объекты.

В 2021 г. в зимний и летний периоды проводились маршрутные обследования радиоактивного загрязнения окружающей среды в 30-км зоне вокруг РОО г. Северодвинска (рис. 2.2.5), включая район хранения твёрдых РАО «Миронова гора». Отобрано и проанализировано 25 проб почвы, 25 проб растительности и 21 проба снега. В 10 точках Двинского залива осуществлялся контроль за содержанием ^{137}Cs в морских грунтах.

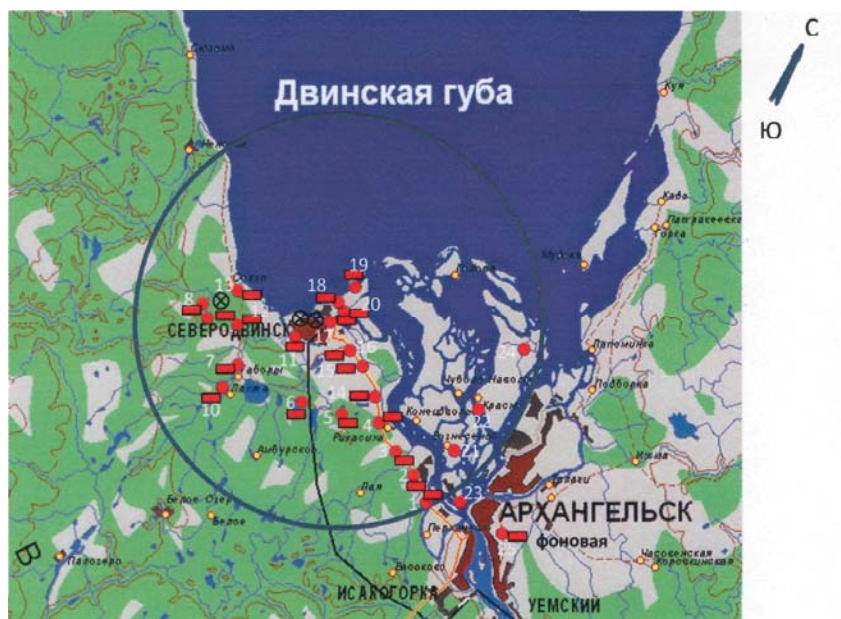


Рис. 2.2.5. Карта-схема обследования 30-км зоны РОО г. Северодвинска:

- ⊗ – радиационно опасные объекты;
- – точки отбора проб почвы и растительности;
- – точки отбора проб снега.

Измерение $\Sigma\beta$ активности в пробах проводилось Северным УГМС на радиометрах типов РУБ-01П и УМФ-2000. Радионуклидный состав проб определялся на сцинтилляционном и полупроводниковом γ -спектрометре в Северном УГМС и на гамма-спектрометре фирмы Ortec с полупроводниковым детектором типа GEM-20180-P в ФГБУ «НПО «Тайфун». Содержание ^{90}Sr в пробах определялось радиохимическим методом в ФГБУ «НПО «Тайфун». Анализ проб на содержание трития также проводился в ФГБУ «НПО «Тайфун» с помощью жидкостного сцинтилляционного спектрометра Quantulus-1220. Для измерения МАЭД использовались дозиметры ДРГ-01Т1, ДБГ-01Н, ДКГ-02У, ДБГ-06Т, ДКГ-03Д.

Приземная атмосфера

Величины среднемесячной и максимальной суточной объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе приземного слоя атмосферы 100-км зоны РОО в 2021 г., а также средние величины объёмных активностей по всему Северному УГМС приведены в табл. 2.2.5.

Из табл. 2.2.5 видно, что в 2021 г. среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы изменялась в г. Архангельске в пределах $(1,6-5,6) \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в г. Северодвинске – $(3,6-9,3) \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ при среднегодовом значении в Архангельске $3,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ и в Северодвинске $5,2 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. В Северодвинске среднегодовая объёмная активность превышала среднее значение по Северному УГМС ($2,9 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³) в 1,8 раза, в Архангельске значение находилось на уровне среднего значения по Северному УГМС.

Таблица 2.2.5

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения выпадений (Р, Бк/м²·сут) и объёмной Σβ в воздухе (q, 10⁻⁵ Бк/м³) в 100-км зоне вокруг РОО г. Северодвинска в 2021 г. (данные Северного УГМС)

Месяц		Архангельск		Онега	Северодвинск	Среднее по Северному УГМС	
		Р	q	Р	q	Р	q
Январь	с	0,95	2,8	0,27	4,9	0,38	2,0
	м	4,07	10,5	0,81	16,8	4,07	16,8
Февраль	с	0,58	2,9	0,33	3,6	0,40	1,6
	м	3,14	9,3	1,11	9,9	4,81	9,9
Март	с	0,47	1,6	0,26	4,4	0,35	2,3
	м	2,75	4,2	1,29	14,1	5,50	17,9
Апрель	с	0,58	3,6	0,23	6,1	0,35	3,6
	м	2,38	8,0	1,86	21,9	4,57	21,9
Май	с	0,30	4,8	0,42	3,9	0,37	4,7
	м	2,00	10,6	1,16	9,8	3,72	33,4
Июнь	с	0,33	5,6	0,28	9,3	0,28	5,2
	м	1,90	14,8	1,05	18,4	3,54	37,8
Июль	с	0,22	2,6	0,34	5,1	0,25	2,7
	м	1,95	7,1	1,75	15,7	2,09	15,7
Август	с	0,30	2,6	0,52	5,3	0,49	2,9
	м	1,30	7,1	1,85	15,8	4,07	15,8
Сентябрь	с	0,63	3,1	0,96	3,8	0,63*	2,3
	м	1,86	12,9	5,18	8,2	5,18*	12,9
Октябрь	с	0,44	3,2	0,80	6,0	0,61*	2,8
	м	1,29	10,9	4,02	18,3	4,02*	18,3
Ноябрь	с	0,57	1,6	0,62	4,7	0,60*	1,9
	м	1,76	4,6	2,25	28,5	4,90*	28,5
Декабрь	с	0,80	2,8	0,56	5,3	0,55*	2,9
	м	4,62	7,1	2,06	18,2	4,62*	18,2
Среднее:							
	2021 г.	0,5	3,1	0,5	5,2	0,4*	2,9
	2020 г.	0,7	2,1	0,5	4,2	0,5	1,7
	2019 г.	0,9	4,4	0,8	5,7	0,7	3,2

Примечание: * – данные за 9 месяцев.

Объёмные активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы 100-км зоны РОО в 2021 г., а также динамика изменения этих величин за период 2019–2021 гг. приведены в табл. 2.2.6.

Таблица 2.2.6

Объёмная активность ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в приземном слое воздуха в пунктах 100-км зоны вокруг РОО г. Северодвинска, 10⁻⁷ Бк/м³ (данные ФГБУ «НПО «Тайфун» и Северного УГМС)

Пункт наблюдения	Год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Среднее за год	Средневзвешенное значение по территории Севера ЕТР
¹³⁷Cs							
Архангельск	2019	0,8	0,1	2,4	1,1	1,1	1,6
	2020	0,4	0,5	1,0	0,3	0,5	1,3
	2021	0,1	1,6	0,6	0,5	0,7	1,9
Северодвинск	2019	0,6	1,4	2,1	1,6	1,4	1,6
	2020	0,7	1,7	1,1	0,4	1,0	1,3
	2021	2,6	1,6	1,3	0,8	1,6	1,9
⁹⁰Sr							
Архангельск	2019	0,6		0,7		0,6	0,6
	2020	0,6		0,3		0,5	0,7
	2021	0,4		0,4		0,4	0,6
Северодвинск	2019	0,2		0,5		0,4	0,6
	2020	0,6		0,8		0,7	0,7
	2021	2,0		0,2		1,1	0,6

Из табл. 2.2.6 видно, что в 2021 г. среднегодовая объёмная активность ¹³⁷Cs в приземном слое воздуха в 100-км зоне РОО составила: в г. Архангельске – 0,7·10⁻⁷ Бк/м³, в г. Северодвинске –

$1,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Самая высокая объёмная активность ¹³⁷Cs наблюдалась в г. Северодвинске в I квартале ($2,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Среднегодовая объёмная активность ¹³⁷Cs в 2021 г. в г. Архангельске выше, чем в 2020 г., в 1,4 раза и ниже средневзвешенного значения по Северу ЕТР ($1,9 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) в 2,7 раза.

Среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в приземном слое воздуха в Архангельске в 2021 г. была на уровне предыдущего года и составляла $0,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 1,5 раза ниже средневзвешенного значения по территории Севера ЕТР. В Северодвинске среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в 2021 г. увеличилась по сравнению с предыдущим годом в 1,6 раза ($1,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) при средневзвешенной объёмной активности по территории Севера ЕТР, равной $0,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Указанные значения объёмных активностей ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в этих двух пунктах были на шесть-семь порядков ниже допустимой объёмной активности для населения по НРБ-99/2009 [8].

Среднемесячные значения суточных атмосферных выпадений $\sum\beta$ в 2021 г. (табл. 2.2.5) изменялись в пределах (0,2–1,0) Бк/м²·сут в Архангельске и (0,2–1,0) Бк/м²·сут – в Онеге при среднегодовых значениях 0,5 Бк/м²·сут соответственно, что находится на уровне среднего значения для территории ответственности Северного УГМС. В 2021 г. в 100-км зоне вокруг РОО г. Северодвинска случаев высокого загрязнения в атмосферных выпадениях не зарегистрировано.

В 2021 г. средние годовые выпадения ¹³⁷Cs на территории деятельности Северного УГМС составляли 0,08 Бк/м²·год (табл. 2.2.3), что ниже среднего значения по территории СЗФО (0,22 Бк/м²·год) и ниже средневзвешенного значения по территории Севера ЕТР в 2021 г. (0,15 Бк/м²·год).

Годовые выпадения трития с осадками в г. Архангельске в 2021 г. составили 600,5 Бк/м²·год при годовом количестве осадков 561,1 мм. Месячные выпадения трития изменялись от 13 Бк/м²·месяц (март) до 122 Бк/м²·месяц (май). Среднемесячная объёмная активность трития в осадках в 2021 г. изменялась в диапазоне от 0,6 до 1,8 Бк/л при среднегодовом значении 1,0 Бк/л, что меньше среднего значения по территории России (1,5 Бк/л).

По данным ежедневных измерений, среднемесячные значения МАЭД в 6 пунктах, расположенных в 100-км зоне вокруг РОО г. Северодвинска, в течение года были на уровне естественного радиационного фона и колебались в пределах 0,07–0,13 мкЗв/ч при среднем значении 0,10 мкЗв/ч. По поступающим с постов автоматического контроля АТ АСКРО данным МАЭД гамма-излучения в течение года не превышала 0,26 мкЗв/ч.

Вода, донные отложения

Содержание ⁹⁰Sr в воде в устьях р. Северной Двины и Онеги по результатам радиохимического анализа, проведённого в ФГБУ «НПО «Тайфун», представлено в табл. 2.2.7.

Там же для сравнения дано среднее значение объёмной активности ⁹⁰Sr в реках ЕТР. Из приведённых данных видно, что среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в р. Северная Двина в 2021 г. находилась на уровне предыдущего года, а в р. Онега ниже в 1,3 раза. В Северной Двине и Онеге среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr составила 3,0 и 2,3 мБк/л соответственно, что в 1,6–2 раза ниже среднего значения для рек ЕТР (4,7 мБк/л) и на три порядка ниже уровня вмешательства в питьевой воде для населения (⁹⁰Sr = 4,9 Бк/л).

Таблица 2.2.7

Объёмная активность ⁹⁰Sr в речной воде в пунктах 100-км зоны вокруг РОО г. Северодвинска в 2021 г., мБк/л (данные ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Место отбора пробы	Дата отбора пробы	Объёмная активность
р. Северная Двина (п. Соломбала)	24.03	2,5
	17.05	3,6
	24.08	2,7
	19.10	3,3
Среднее:	2021 г.	3,0
	2020 г.	2,8
	2019 г.	2,7
р. Онега (п. Порог)	20.02	3,2
	30.04	3,0
	01.08	2,6
	22.10	2,9
Среднее:	2021 г.	2,3
	2020 г.	3,1
	2019 г.	3,0
Среднее по ЕТР:	2021 г.	4,7
	2020 г.	5,3
	2019 г.	4,5

Объёмная активность трития в 2021 г. в р. Северная Двина составляла 1,1 Бк/л (табл. 2.2.8), что в 1,4 раза ниже средней величины для рек России (1,5 Бк/л). Из табл. 2.2.8 видно, что содержание трития в р. Северная Двина в последние 5 лет колеблется от 1,1 до 1,3 Бк/л.

Таблица 2.2.8

Объёмная активность трития в р. Северная Двина, Бк/л (данные ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
³ H	2,5	2,2	2,3	1,6	1,6	1,6	1,3	1,2	1,5	1,4	1,1	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1

Мониторинг загрязнения вод Белого моря ⁹⁰Sr в 2021 г. проводился Северным УГМС на 6 гидрологических станциях. Результаты приведены в табл. 2.2.9.

Таблица 2.2.9

Объёмная активность ⁹⁰Sr в водах Белого моря (данные ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Дата отбора	Место отбора	Объёмная активность ⁹⁰ Sr, мБк/л
19.06	Горло	2,0
21.06	Бассейн, поверхн.	2,6
21.06	Бассейн, дно	3,0
08.08	Двинской залив	2,4
06.07	Онежский залив	3,6
07.08	Кандалакшский залив	2,3
Среднее:	2021 г.	2,7
	2020 г.	3,0

Из табл. 2.2.9 видно, что среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в 2021 г. в Белом море составляла 2,7 мБк/л, значение находилось на уровне 2020 г. [6].

Результаты гамма-спектрометрического анализа проб морских грунтов, отобранных Северным УГМС в 10 точках морского дна Двинского залива Белого моря в районе г. Северодвинска, приведены в табл. 2.2.10. Из табл. 2.2.10 видно, что содержание ¹³⁷Cs в различных точках отбора изменяется от менее 0,5 до 2,9 Бк/кг воздушно-сухой массы проб при среднем значении < 1,3 Бк/кг.

Таблица 2.2.10

Удельная активность ¹³⁷Cs в пробах морских грунтов, отобранных в Двинском заливе в районе г. Северодвинска (данные ФГБУ «НПО «Тайфун»)

№ п/п	Координаты места отбора	Дата отбора	Глубина отбора, м	¹³⁷ Cs, Бк/кг сухого веса
1	64 41 07 сш; 39 38 20 вд	08.08.2021	10	2,4 ± 0,3
2	64 39 06 сш; 39 34 97 вд	09.08.2021	10	2,0 ± 0,3
3	64 38 14 сш; 39 31 91 вд	09.08.2021	11	< 0,4
4	64 38 06 сш; 39 28 05 вд	09.08.2021	13	< 0,5
5	64 38 00 сш; 39 24 99 вд	09.08.2021	13	1,0 ± 0,2
6	64 39 99 сш; 39 28 96 вд	08.08.2021	13	< 0,4
7	64 40 95 сш; 39 31 04 вд	08.08.2021	13	1,9 ± 0,3
8	64 42 06 сш; 39 35 02 вд	08.08.2021	13	< 0,7
9	64 44 00 сш; 39 37 97 вд	08.08.2021	13	1,1 ± 0,2
10	64 44 03 сш; 39 34 99 вд	08.08.2021	13	2,4 ± 0,3
Среднее				< 1,3

В табл. 2.2.11 представлены многолетние данные загрязнения морских грунтов в этом районе, из которых следует, что загрязнение морского дна ¹³⁷Cs постепенно уменьшается. С 2001 г. оно уменьшилось в 5,5 раза.

Таблица 2.2.11

Динамика изменения удельной активности ¹³⁷Cs в донных отложениях Двинского залива Белого моря, Бк/кг в.-с.

Год	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
¹³⁷ Cs	5,9	7,1	3,1	-	4,7	5,8	5,4	5,4	5,7	4,3	3,9	3,8	3,1	4,9	2,4	2,0	2,0	2,2	2,6	< 1,4	< 1,3

Примечание: - - отбор проб не проводился.

Почва, растительность

В 2021 г. Северным УГМС проводились маршрутные обследования в 30-км зоне вокруг РОО (рис. 2.2.5). Были отобраны пробы растительности, почвы в летний период и пробы снега в период перед снеготаянием. Всего в 30-км зоне РОО в период с июля по август было отобрано по 25 проб почвы и растительности. Отбор проб проведён в точках, совпадающих с точками отбора проб снега. Фоновые пробы почвы и растительности были отобраны в г. Архангельске. В отобранных пробах определялось содержание ¹³⁷Cs и природных ²³²Th, ²²⁶Ra и ⁴⁰K. При отборе проб измерялась МАЭД на высоте 1 м и 10 см от поверхности почвы. Точки отбора проб почвы, растительности и данные измерений представлены в табл. 2.2.12.

Из табл. 2.2.12 видно, что значение удельной активности ¹³⁷Cs как основного радионуклида техногенного происхождения в почве находилось на фоновом уровне и составило 0,2–14,0 Бк/кг. Удельная активность природных радионуклидов ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K в пробах почвы была также на фоновом уровне и изменялась от 2,0 до 20,2 Бк/кг для ²²⁶Ra и от 2,5 до 29,7 Бк/кг для ²³²Th. Наибольшие значения удельной активности природного радионуклида ⁴⁰K наблюдались в т. 25 «М2 Архангельск» – 610 Бк/кг. В остальных пробах содержание ⁴⁰K было в пределах от 163 до 468 Бк/кг. Максимальное значение эффективной удельной активности A_{эфф} в 2021 г. рассчитано в пробе почвы т. 25 «М2 Архангельск» и составило 113,8 Бк/кг, что ниже в 3,3 раза безопасного уровня, равного 370 Бк/кг, согласно НРБ-99/2009.

Удельная активность радионуклидов в 5-см слое почвы и в растительности в 30-км зоне вокруг РОО г. Северодвинска в 2021 г., Бк/кг (данные Северного УГМС)

Место отбора пробы (рис. 2.2.5)	МАЭД, мкЗв/ч на высоте		Почва						Растительность			
	1м	10 см	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	А эфф, Бк/кг	плотность загрязнения по ¹³⁷ Cs, Бк/м ²	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
			s	a	h							
т. 1 – Малое Тайнокурье	0,07	0,07	5,0	12,4	13,3	315	58,0	19,0	н	5,1	н	789
т. 2 – Цигломень	0,07	0,07	н	7,3	5,1	197	31,6	0	н	6,0	н	546
т. 3 – Лайский Док	0,04	0,07	0,7	8,6	7,7	280	43,8	3,7	н	н	н	531
т. 4 – Рикасиха	0,08	0,06	н	15,7	17,4	468	80,5	0	н	2,0	н	549
т. 5 – переезд, ст. Рикасиха	0,08	0,07	0,2	5,5	2,5	192	26,0	1,3	н	н	н	469
т. 6 – база отдыха	0,09	0,06	н	2,9	3,3	257	30,4	0	н	н	н	481
т. 7 – Урочище Концебор	0,08	0,06	0,6	5,7	7,2	322	44,0	3,5	н	н	н	479
т. 8 – Миронова гора	0,06	0,08	2,5	2,7	2,7	228	26,7	19,0	15,9	2,6	н	345
т. 9 – р. Солза	0,07	0,06	0,8	4,6	10,1	297	44,5	4,4	н	н	н	648
т. 10 – волость	0,07	0,06	н	5,9	6,8	369	47,9	0	н	н	н	497
т. 11 – Северодвинск (ул. Морская)	0,07	0,06	2,0	3,4	3,0	331	37,1	11,6	н	3,5	н	489
т. 12 – после Мироновой горы	0,09	0,06	0,2	2,4	4,2	288	33,8	1,2	н	н	н	460
т. 13 – переезд у д. Солза	0,07	0,05	0,6	2,0	3,0	234	26,8	3,7	5,4	4,0	4,7	345
т. 14 – дачи	0,06	0,09	н	6,8	3,7	194	29,0	0	н	3,4	н	649
т. 15 – садовые участки	0,10	0,08	н	5,1	2,6	178	24,5	0	н	н	н	512
т. 16 – заправка	0,07	0,06	0,2	10,6	13,0	438	67,0	1,1	н	2,9	н	476
т. 17 – гаражи	0,06	0,06	0,5	4,4	3,9	254	32,4	3,6	н	н	н	673
т. 18 – обелиск	0,05	0,05	13,8	10,3	6,8	206	37,8	71,3	н	н	н	587
т. 19 – военная часть	0,07	0,05	1,6	4,9	3,3	163	23,8	10,8	н	н	н	455
т. 20 – развилка к р. Ягорка	не отбиралась											
т. 21 – о. Андрианов	0,07	0,09	4,0	11,8	7,5	269	45,7	25,3	н	н	н	631
т. 22 – о. Тиноватик	0,09	0,09	14,0	11,4	15,8	430	70,6	64,5	н	н	н	568
т. 23 – о. Кего	0,07	0,08	0,8	7,2	7,5	259	40,3	5,8	н	н	н	395
т. 24 – о. Никольский	0,08	0,09	5,1	8,9	16,8	236	51,9	31,9	н	н	н	317
т. 25 – (фон) М2 Архан- гельск	0,07	0,08	н	20,2	29,7	610	113,8	0	н	н	н	804
т. 26 – Аэрологическая станция	0,07	0,06	н	6,6	2,1	173	24,9	0	н	н	н	132

Примечание: н – значение удельной активности ниже предела обнаружения прибора.

Гамма-спектрометрический анализ проб растительности показал, что удельная активность ²²⁶Ra (68 %) и ²³²Th (96 %) большинства отобранных и измеренных проб растительности была ниже чувствительности прибора. Максимальное значение удельной активности ²²⁶Ra было зафиксировано в т. 2 «Цигломень» и составила 6,0 Бк/кг, удельная активность ²³²Th во всех точках отбора проб растительности была ниже предела обнаружения прибора, кроме т. 13 «переезд у д. Солза» удельная активность ²³²Th в данной точке составила 4,7 Бк/кг. Удельная активность ⁴⁰K по всей зоне наблюдения изменялась в пределах 132–804 Бк/кг. Максимальное значение удельной активности ⁴⁰K было зафиксировано в т. 25 «М2 Архангельск» и составило 804 Бк/кг. Максимальное значение удельной активности ¹³⁷Cs зафиксировано в пункте «переезд у д. Солза» и составило 15,9 Бк/кг.

Значения МАЭД, измеренные при отборе проб почвы и растительности, варьировали от 0,05 до 0,10 мкЗв/ч, что соответствует уровням естественного гамма-фона.

Пробы растительности также анализировались на содержание в них долгоживущих β-активных радионуклидов. Значение удельной суммарной бета-активности радионуклидов в пробах растительности в 2021 г. варьировалось от 84,1 Бк/кг (т. 1 «Малое Тойнокурье») до 1147,7 Бк/кг (т. 21 «о. Андрианов»). Максимальное значение удельной суммарной бета-активности долгоживу-

щих радионуклидов в 2021 г. было зафиксировано в пункте «о. Андрианов» (1147,7 Бк/кг). Среднее по зоне наблюдения значение составило 625,2 Бк/кг.

Отбор проб снежного покрова в 2021 г. проводился в зимний период перед началом весеннего снеготаяния в точках с устойчивым снежным покровом. Была отобрана 21 проба снега. Средние значения МАЭД, измеренные в точках отбора проб, достигали 0,11 мкЗв/ч. Объёмная $\Sigma\beta$ талой воды изменялась от 3,0 Бк/м³ (т. 14) до 56,4 Бк/м³ (т. 13). Минимальная плотность загрязнения снега $\Sigma\beta$ наблюдалась также в т. 14 «дачи» и составила 0,1 Бк/м², максимальная – в т. 13 «переезд у д. Солза» (2,1 Бк/м²). Среднее значение объёмной $\Sigma\beta$ составило 21,9 Бк/м³.

В 2021 г. на 6 станциях (Архангельск, Северодвинск, Онега, Холмогоры, Мудьюг, Унский Маяк), находящихся в 100-км зоне РОО г. Северодвинска, на изотопный анализ Северным УГМС были отобраны 6 проб почвы (рис. 2.2.4). Гамма-спектрометрический анализ показал, что максимальные значения удельной активности ²²⁶Ra (20,2 Бк/кг), ²³²Th (29,7 Бк/кг), ⁴⁰K (610 Бк/кг) в почве зарегистрированы в М-2 Архангельск. Максимальные значения удельной активности ¹³⁷Cs (6,3 Бк/кг) и плотности загрязнения почвы по ¹³⁷Cs зафиксированы у МГ-2 Унский Маяк.

Данные радиационного мониторинга отдела ядерной и радиационной безопасности (ОЯРБ) в СЗЗ и ЗН АО «ПО «Севмаш»

В 2021 г. ОЯРБ «Севмаш» проводился радиационный контроль окружающей среды путём измерений:

– объёмной активности радионуклидов в приземном слое атмосферы в СЗЗ и ЗН. Отбор проб аэрозолей атмосферного воздуха производился с помощью стационарных ВФУ. В качестве фильтра использовалась ткань Петрянова марки ФПП-15-1,5;

– радиоактивности атмосферных выпадений. Для сбора выпадений использовались баки-сборники с площадью сбора 0,25 м² с экспозицией проб один месяц;

– объёмной $\Sigma\beta$ в морской воде (по акватории предприятия) и в пресной воде рек вокруг г. Северодвинска;

– удельной активности отдельных радионуклидов и удельной $\Sigma\beta$ проб донных отложений и водорослей;

– удельной $\Sigma\beta$ в почве и растительности. Слой почвы отбирался на глубину 5 см специальным пробоотборником;

– МАЭД.

В СЗЗ контролировались набережные, вахты предприятия, столовые, пути движения работников по территории предприятия, в ЗН – пути движения работников в парке между городом и предприятием. Данные ОЯРБ по содержанию радионуклидов в объектах окружающей среды в СЗЗ и ЗН «Севмаш» в 2021 г. приведены в табл. 2.2.13.

Как видно из табл. 2.2.13, среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы в СЗЗ «Севмаш» в 2021 г. в 1,5 раза выше, чем в 2020 г., в 4,2 раза выше объёмной $\Sigma\beta$ в приземной атмосфере г. Северодвинска и в 7,6 раза выше среднего значения по Северному УГМС (2,9·10⁻⁵ Бк/м³). Объёмная активность ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co и ⁹⁰Sr в воздухе СЗЗ и ЗН была ниже предела обнаружения прибора или методики измерения.

Содержание радионуклидов в объектах окружающей среды в районе расположения «Севмаш» в 2020 г. (данные ОЯРБ «Севмаш»)

Место отбора проб	$\Sigma\beta$		^{137}Cs	^{90}Sr	^{60}Co
	2020 г.	2021 г.	2021 г.	2021 г.	2021 г.
Атмосферные аэрозоли	10^{-5} Бк/м^3		10^{-6} Бк/м^3		
СЗЗ	15	22	нпо	нпо	нпо
ЗН	20	27	нпо	нпо	нпо
Атмосферные выпадения, Бк/м^2-год					
СЗЗ	53,2	56,9	-	-	-
ЗН	57,0	42,6	-	-	-
Почва, Бк/кг					
СЗЗ, ЗН	391	368	-	-	-
Донные отложения, Бк/кг					
СЗЗ	341	333	нпо	нпо	нпо
ЗН (реки Солза, Ширшима, Рассоха)	515	436	нпо	нпо	нпо
Морская вода, Бк/л					
СЗЗ	4,8	4,8	нпо	нпо	нпо
ЗН	1,8	4,1	нпо	нпо	нпо
Речная вода, Бк/л					
реки Солза, Ширшима, Рассоха	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
Растительность, Бк/кг					
СЗЗ, ЗН	446	346	-	-	-
Водоросли, Бк/кг					
СЗЗ, акватория «Севмаш»	765	876	нпо	3,0	нпо
фоновый район жилого массива (р. Параниха)	765	876	нпо	3,0	нпо

Примечания: - – нет данных;
нпо – ниже предела обнаружения.

Удельная $\Sigma\beta$ проб почвы и донных отложений в СЗЗ и ЗН «Севмаш» в 2021 г. (табл. 2.2.13) была обусловлена природными радионуклидами и колебалась в пределах 224–700 Бк/кг в СЗЗ и ЗН и 247–441 Бк/кг в СЗЗ; удельная $\Sigma\beta$ проб донных отложений в ЗН – 251–652 Бк/кг, что находится на фоновом уровне для территории РФ.

Содержание $\Sigma\beta$ в пробах растительности в 2021 г. в 1,3 раза ниже значения 2020 года.

$\Sigma\beta$ проб водорослей в районе СЗЗ практически осталась на уровне предыдущего года. Удельная активность ^{137}Cs и ^{60}Co в водорослях была ниже предела обнаружения используемой аппаратуры, а ^{90}Sr составила 3,0 Бк/кг.

Среднегодовые значения объёмной $\Sigma\beta$ в морской воде акватории «Севмаш» и в ЗН в 2021 г. составляли 4,8 и 4,1 Бк/л, значение объёмной $\Sigma\beta$ в морской воде в СЗЗ было на уровне предыдущего года, а в ЗН в 2,3 раза выше значения 2020 года. Содержание техногенных радионуклидов в пробах морской воды по акватории предприятия и в фоновом районе было ниже предела обнаружения и значительно ниже контрольных уровней, установленных для «Севмаш».

МАЭД в СЗЗ и ЗН предприятия «Севмаш» колебалась в пределах естественного гамма-фона – от 0,07 до 0,15 мкЗв/ч.

Данные радиационного мониторинга отдела ядерной и радиационной безопасности (ОЯРБ) в ЗН ЦС «Звёздочка»

В 2021 г. ОЯРБ ЦС «Звёздочка» проводился радиационный контроль окружающей среды в ЗН путём измерений:

- объёмной активности радионуклидов в приземном слое атмосферы. Пробы отбирались непрерывно в одной точке с помощью ВФУ на фильтр ФПП-15-1,5 с недельной экспозицией;
- радиоактивности атмосферных выпадений в одной точке с экспозицией один месяц;

- содержания гамма-излучающих радионуклидов в донных отложениях Двинского залива Белого моря один раз в год;
- содержания радионуклидов в морской воде в точке отбора донных отложений один раз в год в летний период;
- содержания радионуклидов в гидробионтах;
- содержания радионуклидов в почве в трёх точках;
- МАЭД.

В ЗН контролировались пешеходные магистрали.

В табл. 2.2.14 представлены данные о радиоактивном загрязнении объектов окружающей среды в ЗН ЦС «Звёздочка».

Таблица 2.2.14

Содержание радионуклидов в объектах окружающей среды зоны наблюдения ЦС «Звёздочка» в 2021 г. (данные ОЯРБ ЦС «Звёздочка»)

Место отбора проб	$\Sigma\beta$	^{137}Cs	^{90}Sr	^{60}Co	^{40}K
Атмосферные аэрозоли	10^{-5} Бк/м³	10^{-5} Бк/м³			
ЗН	29,0	<0,044	<0,021	<0,0053	-
Атмосферные выпадения, Бк/м²·год					
ЗН	5,5	<0,30	<0,83	<0,14	-
Почва, Бк/кг					
пр. Бутомы	410,0	5,0	<0,59	<0,08	300
ул. Макаренко	400,0	0,5	<0,50	<0,33	330
район мемориала	320,0	1,6	<0,55	<0,13	230
Донные отложения, Бк/кг					
ЗН, акватория Никольского устья	400	0,63	<0,64	<0,10	340
Морская вода, Бк/кг					
ЗН	11	<0,0079	<0,0027	<0,0031	-
Гидробионты (рыба), Бк/кг					
Акватория Никольского устья	120	<1,1	<1,5	<0,11	109

Примечание: - – данные отсутствуют.

Как видно из табл. 2.2.14, среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы ЗН ЦС «Звёздочка» в 2021 г. составляла $29 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что находится на уровне предыдущего года и в 5,6 раза выше среднегодовой объёмной активности в г. Северодвинске (табл. 2.2.5). Из техногенных радионуклидов в воздухе на территории ЗН ЦС «Звёздочка» определялись ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{60}Co . Объёмная активность ^{137}Cs составляла $<4,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, среднегодовая объёмная активность в Северодвинске – $1,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (по данным Северного УГМС). Содержание ^{90}Sr было менее $2,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, а ^{60}Co , отсутствующего в составе глобального фона, составляло менее $0,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что на четыре порядка ниже контрольного уровня для предприятия.

В выпадениях также определялись ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{60}Co , годовые выпадения которых составляли 0,16 Бк/м²·год (1-е полугодие), менее 0,43 Бк/м²·год (2-е полугодие) для ^{137}Cs ; менее 0,83 Бк/м²·год для ^{90}Sr и менее 0,14 Бк/м²·год для ^{60}Co .

Содержание ^{137}Cs , ^{90}Sr в почве не превышало уровней глобального фона, а содержание ^{60}Co , отсутствующего в составе глобального фона, было менее 0,18 Бк/кг.

Содержание ^{137}Cs в донных отложениях составляло 0,63 Бк/кг, ^{90}Sr – менее 0,64 Бк/кг и не превышало уровней глобального фона, а содержание ^{60}Co было менее 0,1 Бк/кг.

Суммарная $\Sigma\beta$ воды в Двинском заливе Белого моря составляла 11 Бк/кг, объёмная активность ^{137}Cs была менее 0,008 Бк/кг, ^{90}Sr – менее 0,003 Бк/кг и ^{60}Co – менее 0,003 Бк/кг, что на два – пять порядков ниже УВ по НРБ-99/2009 [8].

В рыбе, выловленной в акватории Никольского устья, содержание суммарной бета-активности составило 120 Бк/кг, ^{137}Cs – менее 1,1 Бк/кг, ^{90}Sr – менее 1,5 Бк/кг, а ^{60}Co , отсутствующего в составе глобального фона, составляло менее 0,11 Бк/кг.

Мощность дозы γ -излучения в ЗН составила 0,10 мкЗв/ч и не превышала естественного гамма-фона.

Из приведённых данных можно сделать вывод, что РОО г. Северодвинска оказывают влияние на загрязнение акватории предприятий техногенными радионуклидами и объектов окружающей среды в ЗН, отсутствующим в составе глобального фона ^{60}Co .

2.2.2. РОО на территории Мурманской области

Радиационная обстановка в Мурманской области определяется деятельностью ядерного технологического комплекса гражданского и военного назначения. На территории Мурманской области расположены:

- Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция» (в эксплуатации 4 реактора);

- Федеральное государственное унитарное предприятие «Атомфлот» (далее – ФГУП «Атомфлот»), в эксплуатации 11 реакторов атомных ледоколов ледокольного флота и суда атомно-технологического обслуживания – обеспечивает весь жизненный цикл эксплуатации гражданских атомных судов, включая безопасное базирование атомных судов и судов атомного технологического обслуживания (АТО) в межрейсовый период, проведение ремонтных работ на данных судах для поддержания их надлежащего технического состояния, включая перезарядку ядерных реакторов и ремонт реакторного оборудования, выполнение всех видов технологического обслуживания указанных судов, включая обращение с отходами, в том числе и с радиоактивными, а также свежим и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ). Объекты береговой инфраструктуры, участвующие в обращении с ОЯТ и РАО, соответствующие нормативным требованиям по ядерной и радиационной безопасности: хранилище твёрдых отходов (ХТО), хранилище кондиционированных РАО, хранилище отработавшего ядерного топлива контейнерного типа (ХОЯТ КТ); береговой пост загрузки ОЯТ; накопительная площадка ОЯТ; спецпрачечная;

- Филиал «35 судоремонтный завод» АО «ЦС «Звёздочка» – судоремонтное предприятие, выполняющее комплексные ремонты кораблей и судов Военно-морского флота;

- Акционерное общество «10 ордена Трудового Красного Знамени судоремонтный завод» (АО «10 СРЗ») – ремонт и сервисное обслуживание кораблей и судов (АТО) и их утилизация;

- Филиал «СРЗ «Нерпа» АО «ЦС «Звёздочка», на производственных площадях которого проводится утилизация атомных подводных лодок, выведенных из эксплуатации; сбор, временное хранение твёрдых и жидких РАО;

- Северо-Западный центр по обращению с радиоактивными отходами «СевРАО» – филиал ФГУП «ФЭО» имеет три отделения – Сайда-Губа, Губа Андреева, Гремиха.

Северное и северо-восточное побережье Кольского полуострова и некоторые губы Кольского залива являются местом дислокации, обслуживания, ремонта и утилизации значительного количества судов с ядерными энергетическими установками, а также временного хранения ОЯТ (в настоящее время здесь хранится около 22 тыс. отработавших высокоактивных сборок ядерного топлива), поэтому одной из основных экологических проблем Мурманской области является организация безопасного обращения с накопившимися РАО и ОЯТ.

ФГУП «Атомфлот» является высокотехнологичным предприятием по техническому обслуживанию и ремонту атомных ледоколов и судов вспомогательного флота, ледокольному обеспечению задач ВМФ и национальных арктических проектов. Промышленная площадка ФГУП «Атомфлот» расположена на восточном берегу Кольского залива, на выходе из его южного колена. Территория предприятия занимает прибрежную акваторию залива, нижнюю морскую террасу и часть склона возвышенности, примыкающей к заливу. ФГУП «Атомфлот» как эксплуатирующая организация, осуществляя свою деятельность в области использования атомной энергии на морском транспорте, направленную на коммерческую эксплуатацию судов с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ) и судов АТО и удовлетворение потребностей заказчиков, тем не менее, первоочередным приоритетом устанавливает обеспечение всех видов безопасности. В табл. 2.2.15 и 2.2.16 приводится информация о сбросах радионуклидов предприятием «Атомфлот» в открытую гидрографическую сеть и атмосферу. В 2021 г. в открытую гидрографическую сеть сбросы ФГУП «Атомфлот» ^{137}Cs и ^{90}Sr увеличились по сравнению с предыдущим годом (см. табл. 2.2.15), но были ниже на один-два порядка допустимых сбросов, также в 2021 г. приводятся данные по сбросу ^3H – $1,14 \cdot 10^{10}$ Бк.

Таблица 2.2.15

**Сброс радионуклидов со сточными водами
в открытую гидрографическую сеть ФГУП «Атомфлот», Бк (данные ФГУП «НО РАО»)**

Радионуклид	Допустимый сброс	Фактический сброс		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2020 г.	2021 г.	
^{60}Co	$1,39 \cdot 10^6$	$8,56 \cdot 10^6$	$7,12 \cdot 10^5$	$-7,85 \cdot 10^6$
^{134}Cs	$5,45 \cdot 10^7$	$1,19 \cdot 10^6$	$2,83 \cdot 10^5$	$-0,91 \cdot 10^6$
^{137}Cs	$5,71 \cdot 10^7$	$7,51 \cdot 10^6$	$1,01 \cdot 10^7$	$+2,59 \cdot 10^7$
^{90}Sr	$1,22 \cdot 10^9$	$5,38 \cdot 10^6$	$2,37 \cdot 10^7$	$+18,32 \cdot 10^7$
^3H	$8,56 \cdot 10^{10}$	-	$1,14 \cdot 10^{10}$	$+1,14 \cdot 10^{10}$

Таблица 2.2.16

**Выброс радионуклидов в атмосферу ФГУП «Атомфлот», Бк
(данные ФГУП «НО РАО»)**

Радионуклид	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2020 г.	2021 г.	
^{60}Co	$9,37 \cdot 10^9$	$1,71 \cdot 10^8$	$3,13 \cdot 10^5$	$-1,71 \cdot 10^8$
^{137}Cs	$2,06 \cdot 10^{11}$	$8,26 \cdot 10^8$	$2,80 \cdot 10^7$	$-7,98 \cdot 10^8$
^{134}Cs	$9,64 \cdot 10^{10}$	$1,85 \cdot 10^8$	-	-
^{90}Sr	$3,00 \cdot 10^{10}$	$1,77 \cdot 10^3$	$1,86 \cdot 10^4$	$+1,68 \cdot 10^4$
Σ нуклидов Eu	$1,79 \cdot 10^9$	$1,13 \cdot 10^8$	-	-
^{54}Mn	$1,47 \cdot 10^9$	$2,05 \cdot 10^7$	-	-
^{58}Co	$5,37 \cdot 10^9$	$1,20 \cdot 10^7$	-	-
Сумма ИРГ	$5,77 \cdot 10^{14}$	$1,89 \cdot 10^{11}$	$1,43 \cdot 10^{11}$	$-0,46 \cdot 10^{11}$

Примечание: - – данные отсутствуют.

В 2021 г. выбросы радионуклидов ФГУП «Атомфлот» в атмосферу увеличились для радионуклида ^{90}Sr , но на несколько порядков ниже допустимого выброса. Выбросы радионуклидов в атмосферу в 2021 г. не превышают значений установленных нормативов выбросов радиоактивных веществ в атмосферу (см. табл. 2.2.16).

В 2021 г. радиационный мониторинг на территории Мурманской области осуществлялся Мурманским УГМС на 32 основных пунктах контроля (гидрометеорологические станции и посты), в состав которых входят (рис. 2.2.6):

- 3 пункта отбора проб радиоактивных аэрозолей из приземного слоя атмосферы на фильтр ФПП-15-1,5 с помощью ВФУ с экспозицией фильтров 5 суток;
- 7 пунктов отбора проб радиоактивных выпадений с помощью горизонтального планшета с суточной экспозицией;
- 1 пункт отбора месячных проб атмосферных осадков для определения содержания в них трития в г. Мурманске;
- 1 пункт отбора проб морской воды для определения содержания ^{90}Sr в п. Териберка;
- 2 пункта отбора проб поверхностных вод (оз. Имандра: п. Зашеек, губа Молочная) для определения содержания ^{90}Sr в 100-км зоне Кольской АЭС;
- 29 пунктов измерения МАЭД, помимо основных пунктов наблюдения, МАЭД контролировалась с помощью 35 дополнительных постов.



Рис. 2.2.6. Расположение пунктов радиационного мониторинга основной сети на территории Мурманского УГМС:

- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – наблюдения за атмосферными аэрозолями.

Ежедневные измерения МАЭД на основных пунктах контроля проводились с помощью дозиметров ДРГ-01Т, ДРГБ-01-ЭКО-1, ДКГ-03Д «Грач». На основных и дополнительных пунктах контроля радиационной обстановки, входящих в систему АСКРО, для измерения МАЭД использовались автоматические датчики непрерывного измерения радиационного фона УДРГ-50 (НТЦ «РИОН»), БДМГ (НПП «ДОЗА»), данные с которых передаются ежечасно.

Приземная атмосфера

Результаты наблюдений за выпадениями и объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе в районе РОО на северном и северо-восточном побережьях Кольского полуострова представлены в табл. 2.2.17. Среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ в Мурманске колебалась от $5,8 \cdot 10^{-5}$ до $9,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ при среднегодовом значении $7,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Случаев превышения суточных значений объёмной $\Sigma\beta$ над фоновыми уровнями в 5 и более раз за время работы станции не наблюдалось.

Таблица 2.2.17

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения выпадений (Р, Бк/м²сут) и объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе (q, 10⁻⁵ Бк/м³) в районе размещения радиационно опасных объектов на северном и северо-восточном побережьях Кольского полуострова в 2021 г. (данные Мурманского УГМС)

Месяц		Полярное	Печенга	Мурманск	
		Р	Р	Р	q
Январь	с	1,94	1,32	1,26	9,4
	м	7,32	2,64	2,94	20,3
Февраль	с	2,13	1,03	1,14	7,2
	м	14,37	2,94	2,25	13,9
Март	с	1,51	1,12	1,19	7,8
	м	3,98	2,15	2,38	12,7
Апрель	с	1,05	1,13	0,91	8,3
	м	2,34	1,86	1,47	12,4
Май	с	1,52	1,07	0,98	7,5
	м	5,15	2,47	1,95	11,3
Июнь	с	1,56	1,88	1,48	8,3
	м	4,16	4,81	4,11	12,9
Июль	с	2,27	2,03	1,00	6,2
	м	6,62	12,41	1,77	11,9
Август	с	1,22	1,17	1,86	9,3
	м	3,94	3,37	5,54	20,4
Сентябрь	с	0,97	1,38	1,00	7,0
	м	3,64	2,90	2,73	8,6
Октябрь	с	1,15	1,22	1,01	6,0
	м	2,86	3,59	2,60	17,3
Ноябрь	с	1,05	1,73	1,22	5,8
	м	3,29	5,36	6,19	10,6
Декабрь	с	1,80	2,71	1,09	6,6
	м	4,39	8,61	2,81	8,9
Среднее: 2021 г.		1,51	1,48	1,18	7,5
2019 г.		1,42	1,53	1,39	-
2019 г.		1,09	1,24	1,08	7,98

Среднегодовые значения $\Sigma\beta$ суточных выпадений в районе размещения РОО Кольского полуострова не превышали значения 2020 г. (табл. 2.2.17), кроме п. Полярное. Выпадения $\Sigma\beta$ в п. Печенга и Полярное в 2021 г. были выше значения $\Sigma\beta$ в г. Мурманске в 1,3 раза и превышали средневзвешенное значение для территории Заполярья ($0,7$ Бк/м²·сут) в 2,1–2,2 раза. Среднемесячные значения $\Sigma\beta$ выпадений в этих пунктах находились в пределах от $0,91$ Бк/м²·сут (в апреле в г. Мурманске)

до 2,71 Бк/м²·сут (в декабре в п. Печенга). Максимальное среднесуточное значение Σβ выпадений (14,37 Бк/м²·сут) в 2021 г. наблюдалось в феврале в п. Полярное. Случаев повышенных значений Σβ выпадений (в 10 и более раз выше фоновых) в 2021 г. в этих пунктах не отмечалось.

Динамика среднегодовых и среднеквартальных объёмных активностей ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы г. Мурманска в 2017–2021 гг. представлена в табл. 2.2.18.

Таблица 2.2.18

Объёмные активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в приземном слое воздуха в г. Мурманске, 10⁻⁷ Бк/м³ (данные Мурманского УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Пункт наблюдения	Год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Среднее за год	Средневзвешенное по территории Заполярья
¹³⁷Cs							
Мурманск	2017	1,1	2,6	1,7	16,2	5,4	1,2
	2018	1,9	1,2	2,1	0,9	1,5	0,7
	2019	1,2	1,1	1,1	нпо	1,1	0,7
	2020	не работала			1,5		0,9
	2021	1,1	0,9	1,4	0,9	1,0	1,0
⁹⁰Sr							
Мурманск	2017	0,67		0,22		0,45	0,53
	2018	0,29		0,22		0,26	0,36
	2019	0,54		0,22		0,38	0,24
	2020	не работала		0,10*			0,25
	2021	0,14		0,15		0,15	0,26

Примечания: * – данные за 4 месяца;
нпо – ниже предела обнаружения.

Выпадения ¹³⁷Cs в 2021 г. в пунктах г. Мурманск, п. Печенга, п. Полярное, п. Териберка составили 0,18 Бк/м²·год.

Вода и другие объекты окружающей среды

Отбор проб морской воды из Баренцева моря в 2021 г. проводился Мурманским УГМС в п. Териберка. Радиохимический анализ отобранных проб проводился в ФГБУ «НПО «Тайфун». Результаты анализа представлены в табл. 2.2.19. Из табл. 2.2.19 видно, что объёмная активность ⁹⁰Sr в пробах воды Баренцева моря в 2021 г. колебалась от 1,6 до 3,0 Бк/м³ при среднем значении 2,14 Бк/м³ и незначительно отличается от показателя 2020 г. [6].

Таблица 2.2.19

Объёмная активность ⁹⁰Sr в морских водах Мурманской области, мБк/л (данные ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Баренцево море	
Дата отбора	Координаты пункта отбора 68°37' с.ш., 33°03' в.д.
10.03.2021	2,27
18.05.2021	2,95
15.07.2021	1,69
11.11.2021	1,63
Среднее: 2021 г.	2,14
2020 г.	2,18

Содержание трития в атмосферных осадках в Мурманске определялось ежемесячно. Анализ проб проводился в ФГБУ «НПО «Тайфун». В 2021 г. среднемесячная объёмная активность трития в осадках варьировала в диапазоне от 0,3 Бк/л (в феврале) до 1,8 Бк/л (в июне). Среднегодовое значение объёмной активности трития в 2021 г. находилось на уровне предыдущего года и составило 1,0 Бк/л, что в 1,5 раза ниже среднего значения объёмной активности трития в осадках на территории РФ в 2021 г. (1,5 Бк/л).

В 2021 г. специалистами радиометрической лаборатории ФГБУ «Мурманское УГМС» проведены маршрутные обследования в 20-км зоне ФГУП «Атомфлот» (г. Мурманск) с использованием автомобильной лаборатории радиационной разведки: гамма-съёмка местности дозиметром ДКГ-01 «Сталкер» и отбор 10 проб почвы для последующего анализа по определению радионуклидного состава в радиометрической лаборатории. Радионуклидный состав проб почвы проводился на спектрометре энергии гамма-излучения ГАММА-1П, данные представлены в табл. 2.2.20. В отобранных пробах почвы были обнаружены радионуклиды ^{226}Ra , ^{40}K , ^{232}Th , ^{106}Ru , ^{212}Pb , ^{134}Cs , ^{137}Cs .

Таблица 2.2.20

Результаты измерений проб почвы в 20-км зоне ФГУП «Атомфлот» в 2021 году

Точка отбора	Почва						
	^{137}Cs	^{134}Cs	^{212}Pb	^{106}Ru	^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra
т. 1	-	0,66	9,4	2,7	5,4	-	-
т. 2	-	0,67	-	3,6	7,4	-	-
т. 3	-	0,98	-	5,2	10,0	-	-
т. 4	1,8	15,7	-	3,0	6,0	-	2,9
т. 5	1,12	-	4,2	-	7,5	359	4,1
т. 6	1,4	-	-	-	6,5	351	3,9
т. 7	1,5	-	-	-	6,7	344	3,8
т. 8	2,58	-	-	-	7,1	300	3,1
т. 9	2,83	-	4,3	-	3,5	-	-
т. 10	2,5	-	3,4	-	2,9	-	3,8

Радиационный фон на местности

По сравнению с предыдущим годом, в 2020 г. МАЭД на территории Мурманской области существенно не изменилась. Среднегодовые значения МАЭД в районах расположения РОО в пп. Полярное, Мурманск и Ура-Губа не отличались от уровней естественного гамма-фона и изменялись от 0,08 мкЗв/ч (Ковдор) до 0,20 мкЗв/ч (Териберка). Максимальные значения МАЭД не превышали 0,25 мкЗв/ч.

Таким образом, радиационная обстановка в местах расположения РОО Мурманской области в 2021 г. практически не изменилась по сравнению с 2020 годом.

Выводы

Радиационная обстановка на территории СЗФО в 2021 г. была стабильной. Уровни загрязнения приземного слоя атмосферы техногенными радионуклидами ^{90}Sr и ^{137}Cs на шесть-семь порядков ниже установленных в НРБ-99/2009 нормативов [8] и не представляют опасности для здоровья населения.

Наблюдаемые значения техногенных радионуклидов не превышают установленных нормативов [8].

2.3. Южный федеральный округ

Общая информация по округу

Южный федеральный округ (ЮФО) расположен на юге ЕТР и включает юг Восточно-Европейской равнины и Предкавказье. В него входят семь субъектов Федерации: Республика Адыгея и Республика Калмыкия, Краснодарский край, Астраханская, Волгоградская, Ростовская области и Республика Крым (данные по Крыму см. раздел 2.3.3). Площадь территории региона составляет 447,8 тыс. км², население – 16 498,6 тыс. человек [1, 2].

Согласно [3], на территории округа расположены следующие РОО: Ростовская АЭС и два ПХРО филиала «Южный территориальный округ» ФГУП «ФЭО» (г. Ростов и г. Волгоград). Ещё одно отделение филиала – Грозненское – находится на территории СКФО (см. раздел 2.4).

В Еланском районе Волгоградской области есть один пункт (с. Дубовое) с плотностью загрязнения территории ^{137}Cs в результате чернобыльской аварии более 1 Ки/км^2 [4].

Организация радиационного мониторинга

Радиационный мониторинг на территории округа проводится Северо-Кавказским УГМС (рис. 2.3.1).

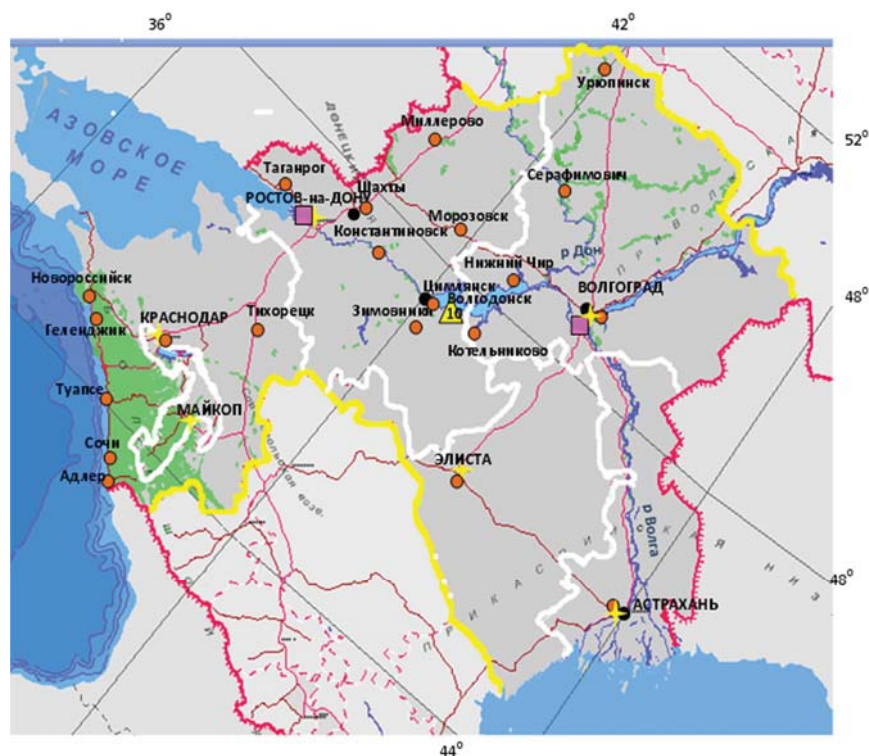


Рис. 2.3.1. Расположение пунктов наблюдения за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы и РОО на территории Южного федерального округа:

- – отбор радиоактивных аэрозолей с помощью воздухофильтрующих установок;
- – отбор радиоактивных выпадений с помощью планшетов;
- – радиационно опасные объекты;
- ▲ – АЭС;
- ★ – центры субъектов РФ;
- — магистральные федеральные автодороги;
- — прочие федеральные автодороги;
- – границы субъектов РФ;
- ▭ – границы федеральных округов;
- — государственная граница.

В составе СРМ на территории округа действуют: 89 пунктов наблюдения по измерению мощности дозы внешнего гамма-излучения (ежедневно); 22 пункта по отбору проб радиоактивных атмосферных выпадений с помощью марлевых планшетов (экспозиция проб – пять суток); 4 пункта по отбору проб радиоактивных атмосферных аэрозолей с помощью ВФУ (экспозиция проб – пять суток); 2 пункта – в Астрахани и Цимлянске – по отбору проб осадков для анализа на содержание трития (экспозиция – месяц); 2 пункта (п. Верхнее Лебяжье, р. Волга, Астраханская область и п. Аксай, р. Дон, Ростовская область) по отбору проб поверхностных вод для анализа на тритий; 3 пункта

(п. Верхнее Лебяжье, р. Волга; п. Аксай, р. Дон; п. Тиховской, р. Кубань, Краснодарский край) по отбору проб пресных вод для анализа на содержание ^{90}Sr и 2 пункта (Азовское море Таганрогский залив; Каспийское море) по отбору проб морской воды для анализа на содержание ^{90}Sr .

Анализ отобранных проб радиоактивных аэрозолей и выпадений на содержание $\Sigma\beta$ и гамма-излучающих радионуклидов проводится в радиометрической лаборатории Северо-Кавказского УГМС и в лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун». В лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун» также проводится анализ проб объектов окружающей среды (аэрозолей, осадков, воды) на содержание ^{90}Sr и трития.

Радиационная обстановка

Радиационный фон

По данным сети радиационного мониторинга, среднемесячные значения МАЭД на территории ЮФО в 2021 г. изменялись от 0,07 (Досанг) до 0,16 мкЗв/ч (Армавир, Даховская). Среднегодовые и максимальные измеренные значения МАЭД в субъектах округа приведены в табл. 2.3.1. Усреднённый по всей территории округа радиационный фон в 2021 г. составлял 0,12 мкЗв/ч, что не отличается от фоновых уровней, наблюдаемых на территории РФ и на территории ЮФО в предыдущие годы.

Из табл. 2.3.1 следует, что среднегодовое значение МАЭД в степных районах ниже, чем в горных: в большинстве субъектов – 0,11–0,13 мкЗв/ч, а в Республике Адыгея – 0,14 мкЗв/ч. Максимальное суточное значение МАЭД 0,22 мкЗв/ч наблюдалось в п. Каневская.

Таблица 2.3.1

Среднегодовые и максимальные измеренные значения МАЭД в субъектах ЮФО в 2021 г., мкЗв/ч (данные Северо-Кавказского УГМС)

Субъекты Федерации	Количество пунктов	Среднегодовые	Максимальные измеренные
Ростовская область*	26	0,13	0,21 (Миллерово)
Астраханская область	7	0,12	0,22 (Досанг)
Волгоградская область	17	0,11	0,16 (Камышин и др.)
Краснодарский край	28	0,12	0,22 (Каневская)
Сочи и Красная Поляна	3	0,11	0,21 (Сочи М-2)
Республика Адыгея	2	0,14	0,21 (Даховская)
Республика Калмыкия	10	0,12	0,19 (Малые Дербеты)
ЮФО	93	0,12	0,22

Примечания: в скобках указаны пункты наблюдения, в которых были измерены максимальные по каждому субъекту значения МАЭД;

* – включая 4 ПНЗ в Ростове-на-Дону.

Приземная атмосфера

На территории округа только в 3 субъектах Федерации из 6 проводятся наблюдения за содержанием радионуклидов в приземном слое атмосферы. Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое атмосферы пунктов наблюдения на территории ЮФО приведена в табл. 2.3.2.

Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs во всех пунктах наблюдения, кроме Астрахани, была на уровне 2018–2019 г.г. (в 2020 г. наблюдалось повышение в 1,5–3,6 раза) и превышала в 1,2–4 раза средневзвешенную объёмную активность ^{137}Cs по ЕТР ($1,9 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). В Астрахани зарегистрировано наиболее высокое значение ($7,59 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) за последние 5 лет наблюдений ($2–5,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Объёмная активность ^{90}Sr в 2021 г. в Астрахани и Цимлянске была выше уровней

2020 г. в 1,4 и 2 раза и во всех пунктах наблюдения превышала в 1,5–3 раза средневзвешенное значение по ЕТР ($0,46 \cdot 10^{-7} \text{Бк/м}^3$). Наблюдавшиеся объёмные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr были на семь порядков ниже допустимой среднегодовой объёмной активности этих радионуклидов по НРБ-99/2009 [8].

Таблица 2.3.2

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в населённых пунктах ЮФО, 10^{-7}Бк/м^3 (данные Северо-Кавказского УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Пункты наблюдения	^{137}Cs			^{90}Sr		
	2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Ростовская область						
Ростов-на-Дону	2,0	9,8	2,7	0,73	1,5	0,34
Цимлянск	2,5	7,4	2,3	0,91	0,42	0,37
Волгоградская область						
Волгоград	2,2	4,2	2,3	1,2	1,7	0,26
Астраханская область						
Астрахань	7,5	5,4	3,9	1,35	1,0	0,90
Средневзвешенное по Югу ЕТР	3,6	6,4	2,8	1,07	1,2	0,47
Средневзвешенное по ЕТР	1,9	2,4	1,6	0,46	0,58	0,36

На рис. 2.3.2 представлена динамика изменения средневзвешенного значения объёмной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы на территории ЮФО с 2006 года. Объёмная активность ^{137}Cs в рассматриваемый период (без учёта данных 2011 г.) находится примерно на одном уровне.

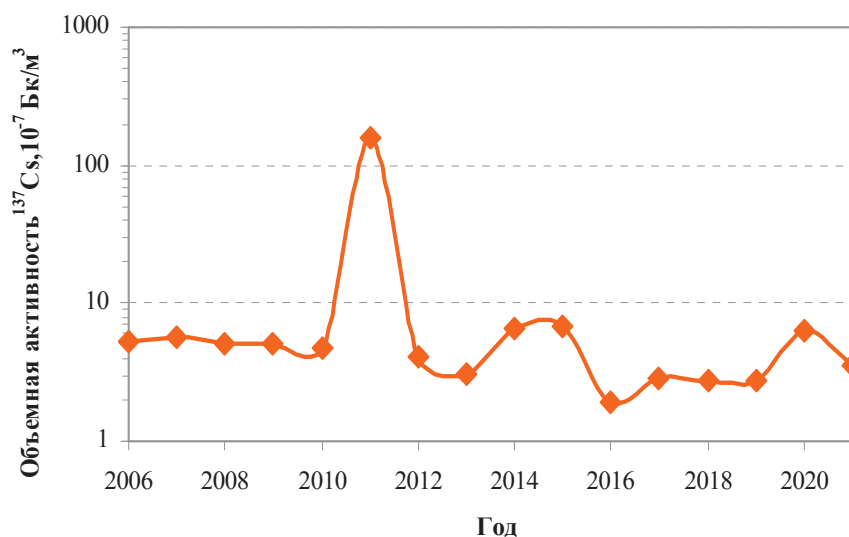


Рис. 2.3.2. Динамика средневзвешенной объёмной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы на территории ЮФО

Радиоактивные выпадения

В 2021 г. среднегодовые суточные выпадения $\Sigma\beta$ радионуклидов на территории ЮФО соответствуют уровням 2020 г., изменяясь от $0,49 \text{Бк/м}^2 \cdot \text{сут}$ (в Морозовске) до $1,8 \text{Бк/м}^2 \cdot \text{сут}$ (в Астрахани), при среднем значении для территории округа $0,8 \text{Бк/м}^2 \cdot \text{сут}$. Наиболее высокие среднемесячные выпадения $\Sigma\beta$ наблюдались в 2021 г. также в Астрахани в январе ($4,65 \text{Бк/м}^2 \cdot \text{сут}$).

Годовые выпадения ^{137}Cs на территории ЮФО составляли в 2021 г. $0,27 \text{Бк/м}^2 \cdot \text{год}$, что соответствует значениям пяти предыдущих лет ($0,2\text{--}0,4 \text{Бк/м}^2 \cdot \text{год}$). Динамика изменения годовых выпадений ^{137}Cs представлена на рис. 2.3.3. Если исключить данные 2011 г., обусловленные аварией на

АЭС «Фукусима-1», то из рис. 2.3.3 видно, что выпадения ^{137}Cs на территории ЮФО имеют тенденцию к уменьшению и практически находятся на пределе обнаружения.

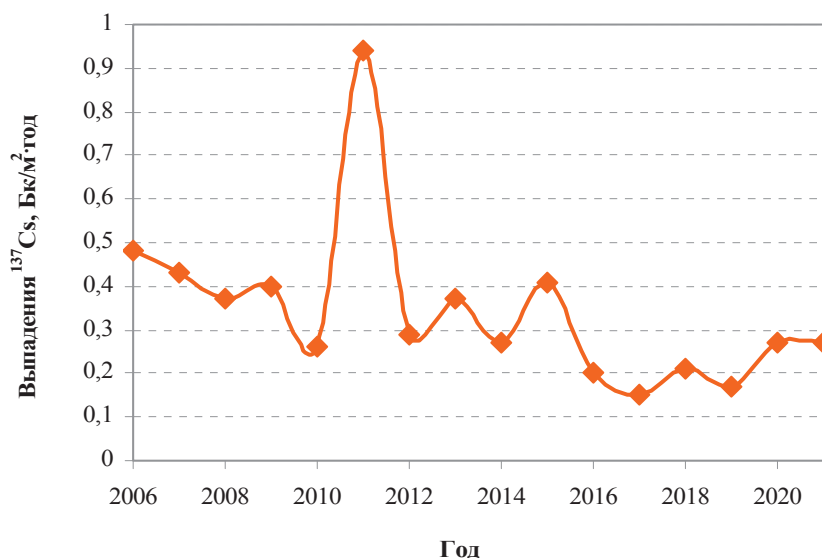


Рис. 2.3.3. Динамика изменения выпадений ^{137}Cs в приземном слое атмосферы на территории ЮФО

Выпадения ^{90}Sr на подстилающую поверхность на территории ЮФО в 2021 г., как и в предыдущие годы, были ниже предела обнаружения.

В 2021 г. на территории ЮФО в отобранных пробах случаев повышенных относительно фоновых значений $\Sigma\beta$ атмосферных аэрозолей зарегистрировано не было. Было зарегистрировано 2 случая повышенных значений $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений (18 и 48 Бк/м³·сут в Волгограде и Астрахани соответственно). По результатам измерений техногенные радионуклиды в суточных пробах не обнаружены.

Поверхностные и морские воды

На территории ЮФО наблюдения за содержанием трития в осадках проводятся в Астраханской и Ростовской областях, за содержанием трития и ^{90}Sr – в реках Астраханской, Ростовской областей и Краснодарского края. В Астраханской области проводятся многолетние наблюдения за содержанием ^{90}Sr в Каспийском море, а с 2014 г. отбираются пробы в Таганрогском заливе Азовского моря (Ростовская область).

Объёмная активность трития в осадках в 2021 г. в Астрахани и Цимлянске составляла 1,12 и 1,55 Бк/л соответственно, что ниже или примерно соответствует среднему значению по территории РФ (1,5 Бк/л).

Объёмная активность трития в р. Волге (п. В. Лебяжье) и в р. Дон (п. Аксай) в 2021 г. составляла 1,0 и 1,46 Бк/л соответственно, что ниже среднего значения по территории РФ (1,55 Бк/л).

Объёмная активность ^{90}Sr составляла: 2,7 мБк/л в воде р. Дон (Ростовская область), 2,5 мБк/л р. Кубани (Краснодарский край), 2,0 мБк/л в р. Волге (Астраханская область), что незначительно отличается от среднего значения для рек ЕТР (2,5 мБк/л).

Объёмная активность ^{90}Sr в Таганрогском заливе Азовского моря (одна проба) составляла 6,04 мБк/л, что соответствует уровням пяти предыдущих лет (4–6 мБк/л). Объёмная активность ^{90}Sr

в Каспийском море составляла 2,9 мБк/л, (в 2007–2019 гг. объёмная активность ^{90}Sr составляла 3,3–8,9 мБк/л).

2.3.1. Филиал «Южный территориальный округ» ФГУП «ФЭО», г. Ростов

Комплекс сооружений филиала «Южный территориальный округ» располагается на трёх территориально разрозненных площадках (см. разделы 2.3.2 и 2.4.1).

Пункт хранения радиоактивных отходов (ПХРО) расположен на стыке трёх районов Ростовской области: Аксайского, Мясницкого и Родионо-Несветайского. Река Тузлов (приток р. Дон) протекает на расстоянии 2,5 км севернее ПХРО. Территория ПХРО представляет собой участок, имеющий прямоугольную форму. Площадь промплощадки, огороженной забором, составляет 5 га. Границы СЗЗ совпадают с границами ПХРО. ПХРО осуществляет сбор, транспортирование и хранение твёрдых радиоактивных отходов (ТРО) и источников ионизирующего излучения (ИИИ). ПХРО принимает на хранение медицинские отходы, ампульные источники геофизического, медицинского и технологического оборудования от предприятий и учреждений Ростовской области, Ставропольского и Краснодарского краёв. Переработка РАО не производится.

В 100-км зоне ПХРО действуют один пункт по отбору проб радиоактивных аэрозолей в г. Ростове-на-Дону, 4 пункта по отбору проб выпадений (Ростов-на-Дону, Семикаракорск, Таганрог, Шахты) и 13 пунктов по измерению МАЭД (включая ПНЗ, расположенные в Ростове-на-Дону). Данные по объёмной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в г. Ростове-на-Дону приведены в табл. 2.3.2.

В соответствии с табл. 2.3.2 в 2021 г. объёмные активности ^{137}Cs ($2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и ^{90}Sr ($0,73 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) не превышали соответствующие средневзвешенные значения по ЕТР ($1,9 \cdot 10^{-7}$ и $0,46 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

Годовые выпадения ^{137}Cs по 4 пунктам наблюдений в 2021 г. были ниже предела обнаружения (менее 0,1 Бк/м²·год) и не превышали выпадений ^{137}Cs по всей территории ЮФО.

В 2021 г. среднемесячные суточные выпадения $\Sigma\beta$ радионуклидов в 100-км зоне ПХРО изменялись от 0,36 до 2,15 Бк/м²·сут, среднегодовые суточные выпадения $\Sigma\beta$ радионуклидов – от 0,5 до 1,4 Бк/м²·сут (при среднем значении 0,75 Бк/м²·сут).

Среднемесячная мощность дозы варьировалась в 100-км зоне ПХРО в течение года от 0,10 до 0,15 мкЗв/ч (максимальная суточная – 0,20 мкЗв/ч), что не превышает пределов колебаний естественного радиационного фона.

2.3.2. Волгоградское отделение филиала «Южный территориальный округ» ФГУП «ФЭО»

Волгоградское отделение филиала «Южный территориальный округ» является правопреемником Волгоградского специализированного комбината «Радон», с июля 2008 года функционирует в качестве структурного подразделения ФГУП «ФЭО» (бывший ФГУП «РосРАО»).

ПХРО находится на территории Кузьмичёвского сельского поселения Городищенского муниципального района Волгоградской области, в 5 км от хутора Грачи и примерно в 20 км от г. Волгограда. Границы СЗЗ совпадают с границами ПХРО.

Территория ПХРО вместе с СЗЗ составляет 78 га. В 200 м от ПХРО проходит канал Городищенской оросительной системы. ПХРО принимает на хранение медицинские отходы, источники ионизирующего излучения геофизического, медицинского и технологического оборудования от предприятий и учреждений Волгоградской, Астраханской областей и Республики Калмыкия. Переработку РАО ПХРО не производит.

В 100-км зоне ПХРО действует один пункт по отбору проб радиоактивных аэрозолей и выпадений и измерению МАЭД в г. Волгограде и четыре пункта по измерению МАЭД.

По данным табл. 2.3.2, в 2021 г. в г. Волгограде объёмная активность ^{137}Cs ($2,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и ^{90}Sr ($1,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) была выше соответствующих средневзвешенных значений по ЕТР ($1,9 \cdot 10^{-7}$ и $0,46 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) в 1,2 и 2,6 раза.

Годовые выпадения ^{137}Cs в г. Волгограде в 2021 г. были ниже предела обнаружения (менее 0,1 Бк/м²·год) и не превышали уровня выпадений ^{137}Cs по всей территории ЮФО.

Среднемесячная мощность дозы изменялась в 100-км зоне ПХРО в течение года от 0,08 до 0,15 мкЗв/ч (максимальная суточная – 0,19 мкЗв/ч), что не превышает пределов колебаний естественного радиационного фона.

Подробный анализ радиационной обстановки в 100-км зоне Ростовской АЭС приведён в разделе 3.

2.3.3. Республика Крым

Общая информация

Республика Крым (до июля 2016 г. административно существовала как Крымский федеральный округ – КФО). Указом Президента РФ [16] КФО объединён с Южным федеральным округом. Республика Крым расположена на Крымском полуострове (рис. 2.3.4). Площадь территории региона составляет 26,1 тыс. км².

РОО на территории Республики Крым нет. Ближайшие РОО расположены на территории Украины: Южно-Украинская АЭС – в п. Константиновка Николаевской области, в 360 км северо-западнее Симферополя; Запорожская АЭС – в г. Запорожье, в 332 км северо-восточнее Симферополя. Ростовская АЭС, расположенная на территории РФ в г. Ростове-на-Дону, находится в 460 км на северо-восток от Симферополя.

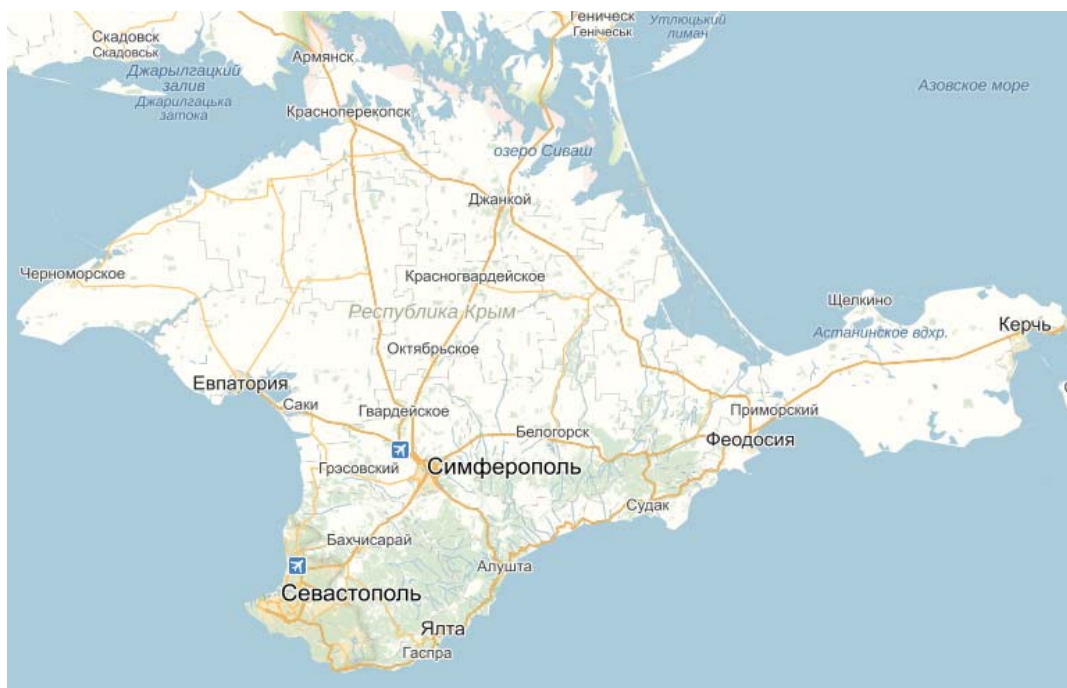


Рис. 2.3.4. Карта Республики Крым

Организация радиационного мониторинга

Радиационный мониторинг на территории Республики Крым в 2021 г. проводило Крымское УГМС. Наблюдения за атмосферными радиоактивными выпадениями осуществлялись в 5 пунктах (Керчь, Севастополь, Симферополь (2 точки отбора), Феодосия, Черноморское), и в 16 пунктах проводились наблюдения за МАЭД внешнего гамма-излучения. Отбор проб аэрозолей не проводился.

Анализ отобранных проб выпадений на содержание $\Sigma\beta$ проводился радиометрической группой в г. Красноперекопске, на содержание гамма-излучающих радионуклидов – в лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун».

Радиационная обстановка

Радиационный фон

По данным сети радиационного мониторинга, среднемесячные значения МАЭД на территории Республики Крым в 2021 г. изменялись от 0,08 (Мысовое) до 0,13 (Феодосия) мкЗв/ч, среднегодовые – от 0,08 до 0,12 мкЗв/ч. Максимальное суточное значение МАЭД (0,17 мкЗв/ч) наблюдалось в п. Ялта. Усреднённое по всей территории Крыма значение МАЭД в 2021 г. составляло 0,12 мкЗв/ч, что не отличается от фоновых уровней, наблюдаемых на остальной территории РФ.

Радиоактивные выпадения

В 2021 г. среднегодовые суточные выпадения $\Sigma\beta$ радионуклидов на территории Республики Крым (табл. 2.3.3) остались на уровне пяти предыдущих лет (0,38–0,73 Бк/м²·сут) и составили 0,46 Бк/м²·сут, что в 1,4 раза ниже уровня средневзвешенного значения по югу ЕТР (0,73 Бк/м²·сут). Наиболее высокие среднемесячные выпадения $\Sigma\beta$ наблюдались в 2021 г. в Керчи в октябре (0,9 Бк/м²·сут).

Таблица 2.3.3

**Среднемесячные выпадения $\Sigma\beta$ на территории Республики Крым в 2021 г., Бк/м²·сут
(данные ФГБУ «НПО «Тайфун», измерялись объединённые месячные пробы)**

	Месяц												Среднее 2021 г.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Керчь	0,73	0,60	0,72	0,66	0,73	0,74	0,79	0,71	0,69	0,87	0,74	0,75	0,73
Феодосия	0,22	0,18	0,17	0,31	0,34	0,42	0,44	0,59	0,49	0,51	0,42	0,45	0,38
Симферополь АМЦ	0,64	0,75	0,44	0,31	0,35	0,33	0,25	0,51	0,35	0,56	0,59	0,64	0,48
Симферополь М	0,64	0,82	0,44	0,31	0,34	0,37	0,50	0,46	0,49	0,51	0,54	0,48	0,49
Севастополь	0,15	0,27	0,31	0,15	0,16	0,19	0,22	0,25	0,34	0,69	0,63	0,64	0,33
Черноморское	0,29	0,39	0,32	0,15	0,18	0,89	0,52	0,60	0,58	0,41	0,52	0,64	0,46
Среднее, Бк/м ² ·сут:													
- по Республике Крым	0,45	0,50	0,40	0,32	0,35	0,49	0,45	0,52	0,49	0,59	0,57	0,60	0,48
- по Югу ЕТР	1,04	0,77	0,68	0,74	0,63	0,64	0,65	0,70	0,68	0,76	0,70	0,75	0,73

Динамика изменения годовых выпадений ¹³⁷Cs (данные 2008–2014 гг. по [17]) представлена на рис. 2.3.5.

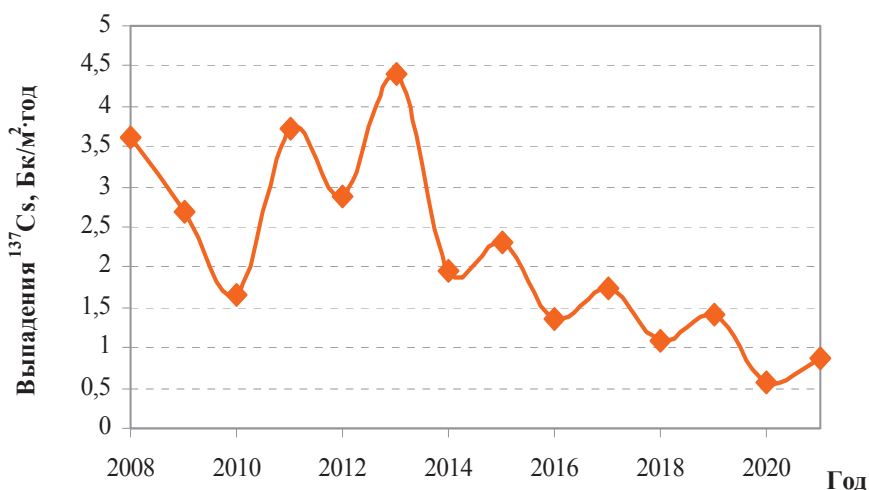


Рис. 2.3.5. Динамика изменения выпадений ¹³⁷Cs в приземном слое атмосферы на территории Республики Крым

Выпадения ¹³⁷Cs на территории Республики Крым в 2021 г. уменьшились по сравнению со значениями пяти предыдущих лет и составили 0,57 Бк/м²·год, что в 2 раза превышает выпадения этого радионуклида по остальной территории ЮФО (0,27 Бк/м²·год). Повышенные по сравнению с Югом ЕТР выпадения ¹³⁷Cs на территории Республики Крым, по-видимому, связаны с более ранним вторичным ветровым переносом этого радионуклида из загрязнённых после чернобыльской аварии зон.

Выпадения ⁹⁰Sr на подстилающую поверхность на территории Республики Крым в 2021 г. были ниже предела обнаружения.

Выводы

Радиационная обстановка на территории ЮФО в 2021 г. была стабильной. Мониторинг содержания радионуклидов в объектах окружающей среды и измерения МАЭД не показали значимого влияния РОО, расположенных на территории ЮФО, на радиационную обстановку в регионе. Уровни загрязнения приземного слоя атмосферы техногенными радионуклидами ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs были на шесть-семь порядков ниже установленных в НРБ-99/2009 нормативов [8].

2.4. Северо-Кавказский федеральный округ

Общая информация по округу

Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО) расположен на Юге ЕТР в Предкавказье и предгорных районах Кавказского хребта. В него входят 7 субъектов Федерации: Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Северная Осетия – Алания, Карачаево-Черкесская Республика, Чеченская Республика и Ставропольский край. Площадь территории региона составляет 170,4 тыс. км², население – 9 967,3 тыс. человек [1, 2].

Согласно [3], на территории округа расположено одно РОО – ПХРО Грозненского отделения филиала «Южный территориальный округ» ФГУП «ФЭО» (ранее – Грозненское отделение филиала «Южный территориальный округ» ФГУП «РосРАО»). ФГУП «Гидрометаллургический завод», расположенный в г. Лермонтов Ставропольского края, был ликвидирован.

Организация радиационного мониторинга

Радиационный мониторинг на территории округа проводится Северо-Кавказским УГМС и НПО «Тайфун» Росгидромета. В составе СРМ на территории округа действуют (рис. 2.4.1): 44 пункта наблюдения по измерению мощности дозы внешнего гамма-излучения (ежедневно); 9 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных выпадений с помощью марлевых планшетов (экспозиция проб – одни сутки).

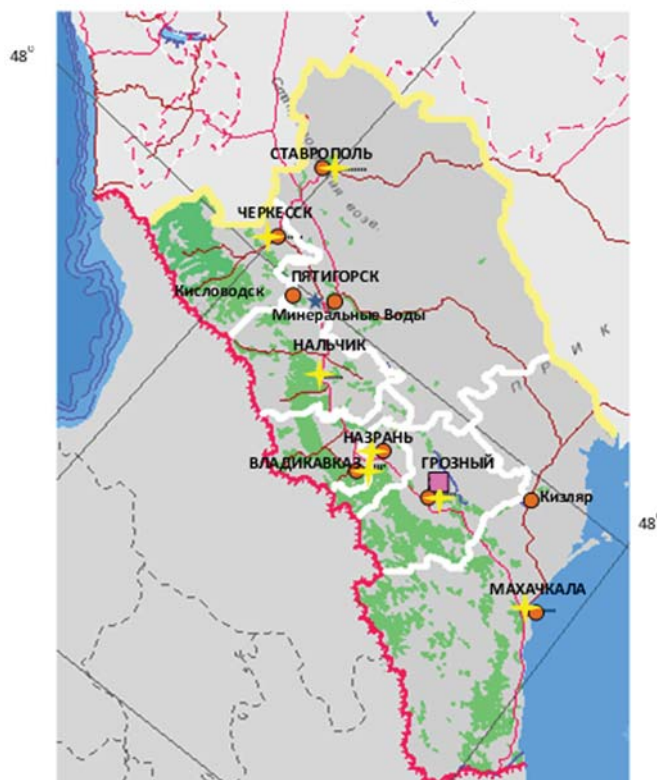


Рис. 2.4.1. Расположение пунктов наблюдения за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы и РОО на территории Северо-Кавказского федерального округа:

- – отбор радиоактивных выпадений с помощью планшетов;
- – радиационно опасные объекты;
- ★ – центры субъектов РФ;
- (красная) – магистральные федеральные автодороги;
- (коричневая) – прочие федеральные автодороги;
- (белый) – границы субъектов РФ;
- ▭ (желтый) – границы федеральных округов;
- (красная) – государственная граница.

Анализ отобранных проб выпадений на содержание суммарной бета-активности и гамма-излучающих радионуклидов проводится в радиометрической лаборатории Северо-Кавказского УГМС и в лаборатории НПО «Тайфун».

Радиационная обстановка

Радиационный фон

Среднегодовые и максимальные измеренные значения МАЭД в субъектах СКФО приведены в табл. 2.4.1.

Таблица 2.4.1

Среднегодовые и максимальные измеренные значения МАЭД (мкЗв/ч) в субъектах СКФО в 2021 г. (данные Северо-Кавказского УГМС)

Субъекты Федерации	Количество пунктов	Среднегодовые	Максимальные
Республика Дагестан	14	0,11	0,21 (Кизляр)
Республика Северная Осетия – Алания	3	0,16	0,22 (Владикавказ)
Республика Ингушетия	1	0,11	0,14 (Назрань)
Кабардино-Балкарская Республика	2	0,13	0,20 (Нальчик)
Карачаево-Черкесская Республика	3	0,17	0,23 (Теберда)
Чеченская Республика	5	0,13	0,18 (Гудермес)
Ставропольский край	16	0,12	0,19 (Невинномысск)
СКФО	44	0,12	0,23

Примечание: в скобках указаны пункты наблюдения, в которых были измерены максимальные по каждому субъекту значения МАЭД.

По данным сети радиационного мониторинга, среднемесячные значения МАЭД на территории СКФО в 2021 г. изменялись от 0,08 (Махачкала и др.) до 0,18 (Владикавказ, Теберда) мкЗв/ч. Усреднённый по всей территории округа радиационный фон в 2021 г. составлял 0,12 мкЗв/ч, что не отличается от фоновых уровней, наблюдаемых на территории РФ и на территории СКФО в предыдущие годы.

Радиоактивные выпадения

В 2021 г. среднегодовые суточные выпадения $\Sigma\beta$ радионуклидов на территориях субъектов СКФО сохранились на уровне 2020 г., изменяясь от 0,47 в Грозном до 0,89 Бк/м²·сут в Назрани (при среднем значении для территории округа 0,59 Бк/м²·сут). Наиболее высокие среднемесячные выпадения $\Sigma\beta$ наблюдались в 2021 г. также в Назрани в октябре (1,33 Бк/м²·сут).

Динамика изменения годовых выпадений ¹³⁷Cs представлена на рис. 2.3.3 в разделе 2.3. Годовые выпадения ¹³⁷Cs на территории СКФО составляли в 2021 г. 0,27 Бк/м²·год, что соответствует значениям пяти предыдущих лет (0,2–0,4 Бк/м²·год). Выпадения ⁹⁰Sr на подстилающую поверхность на территории СКФО в 2021 г., как и в предыдущие годы, были ниже предела обнаружения.

В 2021 г. на территории СКФО случаи 10-кратного превышения $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений над фоновыми уровнями не были зарегистрированы.

2.4.1. Грозненское отделение филиала «Южный территориальный округ» ФГУП «ФЭО»

ПХРО Грозненского отделения филиала «Южный территориальный округ» ФГУП «ФЭО» (далее – ПХРО) расположен в с. Толстой-Юрт Грозненского района у подножья горы Карах.

ПХРО предназначался для временного хранения РАО от предприятий Северо-Кавказского региона. С 2002 г. приём РАО на временное хранение прекращён, хранилища РАО законсервированы. В 2020 году все РАО с территории ПХРО Грозненского отделения удалены.

По состоянию на конец 2019 г., на ПХРО размещено на временное хранение 141 м³ РАО категории ОНАО. В 2020 г. все РАО удалены с территории ПХРО Грозненского отделения.

В 100-км зоне ПХРО действуют 3 пункта по отбору проб радиоактивных выпадений и 8 пунктов по измерению МАЭД.

В 2021 г. выпадения ¹³⁷Cs по 3 пунктам наблюдений в 100-км зоне ПХРО были ниже предела обнаружения (менее 0,1 Бк/м²·год). Среднемесячные суточные выпадения $\Sigma\beta$ радионуклидов в 100-км зоне ПХРО изменялись от 0,3 до 1,3 Бк/м²·сут, среднегодовые – от 0,47 до 0,89 Бк/м²·сут (при среднем значении 0,7 Бк/м²·сут), что соответствует значениям предыдущих лет.

Среднемесячная мощность дозы в 100-км зоне ПХРО в течение года изменялась от 0,09 до 0,16 мкЗв/ч (максимальная суточная – 0,21 мкЗв/ч), что не превышает пределов колебаний естественного радиационного фона на территории СКФО.

Выводы

Радиационная обстановка на территории СКФО в 2021 г. была стабильной. Мониторинг содержания радионуклидов в объектах окружающей среды и измерения МАЭД не показали значимого влияния РОО, расположенных на территории СКФО, на радиационную обстановку в регионе. По данным наблюдений на территории всего юга ЕТР уровни загрязнения приземного слоя атмосферы техногенными радионуклидами ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs на шесть-семь порядков ниже установленных в НРБ-99/2009 [8] нормативов и не представляют опасности для здоровья населения.

2.5. Приволжский федеральный округ

Общая информация по округу

Приволжский федеральный округ (ПФО) расположен на юго-востоке европейской части Российской Федерации (занимает часть Восточно-Европейской равнины и Приволжской возвышенности) и в Южном Предуралье. Часть территории округа (Республика Башкортостан, Оренбургская область) расположена на рубеже Европы и Азии на Южном Урале и прилегающих к нему равнинах Предуралья и Зауралья. В состав округа входят 14 субъектов Федерации: Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Татарстан, а также Кировская, Нижегородская, Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская, Ульяновская области и Пермский край. Центром округа является г. Нижний Новгород. Площадь федерального округа составляет 1 035,9 тыс. км², население – 29 542,7 тыс. человек [1, 2].

Согласно [3], на территории округа расположено 13 РОО, среди которых есть особо радиационно опасные и ядерно-опасные объекты: Балаковская АЭС (г. Балаково, Саратовская область), Нижегородское, Благовещенское (г. Благовещенск, Башкортостан), Самарское, Саратовское, Казанское, Кирово-Чепецкое отделения филиала «Приволжский территориальный округ» ФГУП «ФЭО», АО «ОКБМ Африкантов» (г. Нижний Новгород), ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (г. Саров, Нижегородская область), АО «Чепецкий механический завод» (г. Глазов, Удмуртская Республика), АО «ГНЦ НИИАР» (г. Димитровград Ульяновской области). В 2021 году отделения Благовещенское, Кирово-Чепецкое и Казанское были переданы во ФГУП «РАДОН».

По состоянию на 1 января 2021 г. на территории ПФО в 5 населённых пунктах Пензенской области, загрязнённых в результате аварии на ЧАЭС, наблюдаются уровни загрязнения ¹³⁷Cs более

1 Ки/км² [4]. В населённых пунктах остальных субъектов ПФО загрязнение почвы ¹³⁷Cs снизилось до уровней менее 1 Ки/км².

Организация радиационного мониторинга

Радиационный мониторинг на территории округа проводится Верхне-Волжским, Приволжским, Башкирским, Республики Татарстан, Уральским УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета. В составе СРМ на территории округа действуют (рис. 2.5.1): 189 пунктов наблюдения по измерению мощности дозы внешнего гамма-излучения (ежедневно); 36 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных выпадений с помощью марлевых планшетов (экспозиция проб – одни сутки); 6 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных аэрозолей с помощью ВФУ (экспозиция – 1–5 суток); 5 пунктов по отбору проб осадков для анализа на содержание трития; 1 пункт по отбору проб поверхностных вод для анализа на тритий; 4 пункта по отбору проб пресных поверхностных вод для анализа на содержание ⁹⁰Sr.

Анализ проб аэрозолей и выпадений на содержание гамма-излучающих техногенных и природных радионуклидов, а также на суммарную бета-активность проводится в радиометрических лабораториях УГМС, расположенных на территории ПФО. Анализ проб поверхностных вод на содержание трития проводится в лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун», ⁹⁰Sr – в лабораториях ФГБУ «НПО «Тайфун» и Уральского УГМС.

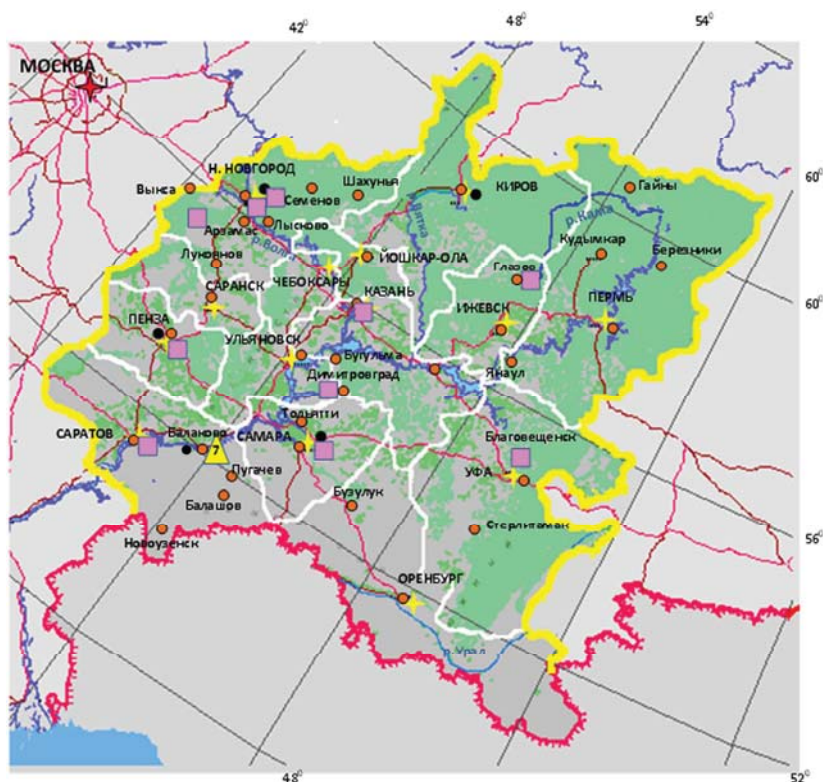


Рис. 2.5.1. Расположение пунктов наблюдения за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы и РОО на территории Приволжского федерального округа:

- – отбор радиоактивных аэрозолей с помощью воздухофильтрующих установок;
- – отбор радиоактивных выпадений с помощью планшетов;
- – радиационно опасные объекты;
- ▲ – АЭС;
- ★ – центры субъектов РФ;
- — магистральные федеральные автодороги;
- — прочие федеральные автодороги;
- – границы субъектов РФ;
- – границы федеральных округов;
- — государственная граница.

Радиационная обстановка

Радиационный фон

Среднегодовые и максимальные значения МАЭД в субъектах ПФО представлены в табл. 2.5.1.

Таблица 2.5.1
Среднегодовые и максимальные измеренные значения МАЭД (мкЗв/ч) в субъектах ПФО в 2021 г. (данные УГМС)

Субъекты Федерации	Количество пунктов	Среднегодовые	Максимальные
Республика Башкортостан	34	0,11	0,23 (Стерлитамак)
Республика Марий Эл	4	0,10	0,17 (Козьмодемьянск)
Республика Мордовия	6	0,10	0,14 (Б. Березняки и др.)
Удмуртская Республика	8	0,10	0,17 (Игра)
Чувашская Республика	5	0,12	0,17 (Чебоксары)
Кировская область	20	0,10	0,15 (Мураши, Уржум)
Нижегородская область	18	0,12	0,18 (Ройка, Н.Нижний АЭ)
Республика Татарстан	17	0,12	0,14 (Лайшево, Кайбинцы)
Оренбургская область	16	0,12	0,19 (Оренбург)
Пензенская область	8	0,13	0,20 (Пенза)
Самарская область	12	0,11	0,18 (Самара)
Саратовская область	19	0,12	0,20 (Перелюб)
Ульяновская область	7	0,12	0,19 (Ульяновск)
Пермский край	15	0,11	0,17 (Пермь)
ПФО	189	0,12	0,23

По данным ежедневных измерений, на 189 пунктах в течение 2021 г. на территории ПФО мощность амбиентного эквивалента дозы γ -излучения (МАЭД) на местности находилась в основном в пределах колебаний естественного радиационного фона. Значения МАЭД изменялись в диапазоне от 0,07 до 0,23 мкЗв/ч. Усреднённый по всей территории округа радиационный фон в 2021 г. составлял 0,12 мкЗв/ч, что не отличается от фоновых уровней, наблюдаемых на территории РФ и на территории ПФО в предыдущие годы.

Приземная атмосфера

Шесть пунктов наблюдения за радиоактивными аэрозолями в атмосферном воздухе с помощью ВФУ на территории ПФО расположены в городах Казань, Нижний Новгород, Киров, Пенза, Самара, Балаково. Пункты наблюдения в Нижнем Новгороде, Самаре и Балаково расположены в 100-км зонах РОО, и данные, полученные вокруг этих пунктов, включают влияние источника. В этой связи данные по объёмной активности радионуклидов в воздухе приводятся по каждому пункту наблюдения отдельно.

Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое атмосферы пунктов наблюдения на территории ПФО приведена в табл. 2.5.2.

В 2021 г. средняя объёмная активность ^{137}Cs (по 6 пунктам наблюдения) была на уровне предыдущих лет (без учёта данных 2011 г.) и составила $1,9 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Объёмная активность ^{137}Cs во всех пунктах наблюдения ПФО была близка к средневзвешенному значению по Центру ЕТР ($1,9 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Динамика усреднённых по территории округа объёмных активностей ^{137}Cs в 2009–2021 гг. представлена на рис. 2.5.2.

Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr на территории ПФО в 2021 г. составила $0,62 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 1,5 раза выше среднегодовой объёмной активности ^{90}Sr предыдущего года и в 1,6 раза ниже уровня средневзвешенного значения по Центру ЕТР ($0,98 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Однако

в городах Балаково и Нижний Новгород объёмная активность ^{90}Sr в 1,5 и 2,3 раза соответственно превышала средневзвешенное значение по Центру ЕТР.

Таблица 2.5.2

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в населённых пунктах ПФО, 10^{-7} Бк/м³
(данные УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Пункты наблюдения	^{137}Cs			^{90}Sr		
	2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Республика Татарстан						
Казань	0,8	2,0	0,4	0,19	0,28	0,11
Нижегородская область						
Нижний Новгород	3,1	5,7	3,1	0,55	1,32	0,65
Кировская область						
Киров	2,2	1,8	2,2	0,56	0,62	0,80
Пензенская область						
Пенза	1,8	1,9	2,2	0,28	0,19	0,15
Самарская область						
Самара	2,5	3,8	2,5	0,58	0,46	0,28
Балаково	3,2	3,3	2,3	0,65	0,88	0,55
Среднее по ПФО	1,9	2,1	2,1	0,45	0,62	0,42
Средневзвешенное по Центру ЕТР	1,9	2,4	3,4	0,46	0,98	0,45

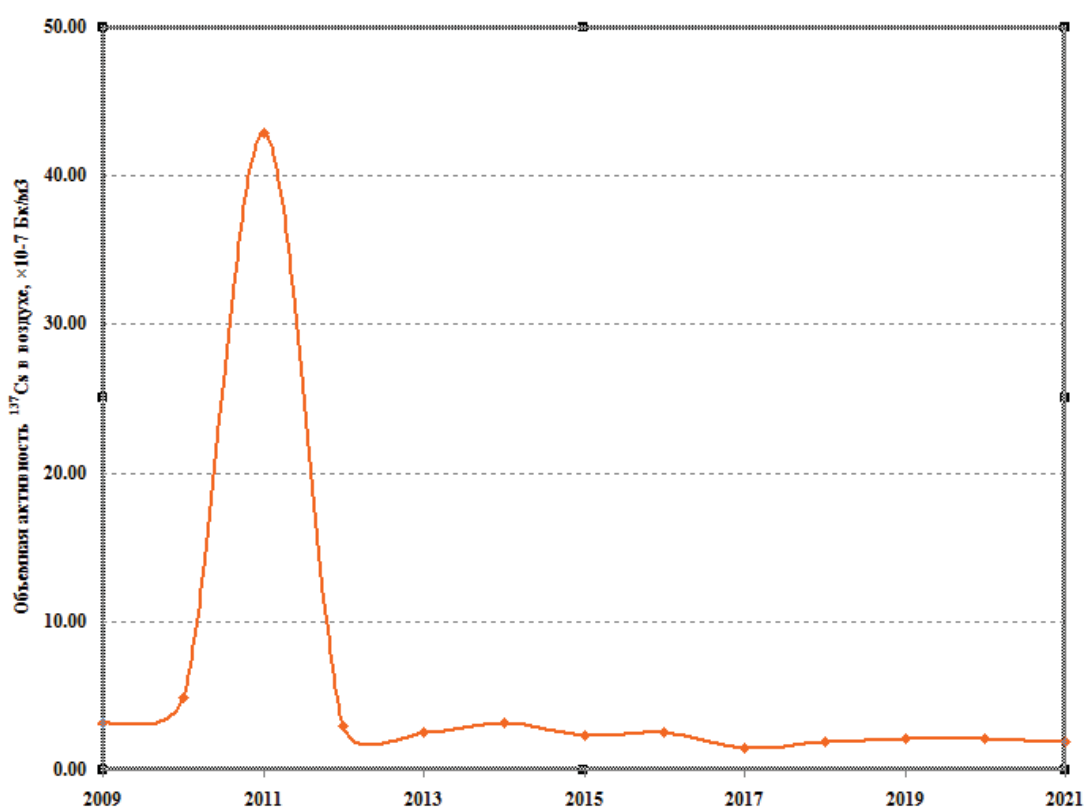


Рис. 2.5.2. Динамика средневзвешенной объёмной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы на территории ПФО

Радиоактивные выпадения

В табл. 2.5.3 представлены данные годовых выпадений ^{137}Cs на территории ПФО в 2014–2021 гг.

В 2021 г. уровень выпадений ^{137}Cs , усреднённый по территории округа, составил 0,39 Бк/м²·год, что не превышает значений двух последних лет наблюдений (0,24-0,39 Бк/м²·год).

Таблица 2.5.3

Годовые выпадения ^{137}Cs из атмосферы на территории субъектов ПФО в 2014–2021 гг., Бк/м²·год

Субъекты Федерации	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014
Республика Башкортостан	0,37	0,72	0,85	0,72	0,11	0,20	0,30	0,11
Республика Марий Эл	0,1	0,18	0,13	0,18	0,10	0,12	0,20	0,18
Республика Мордовия	0,1	0,18	0,13	0,18	0,10	0,12	0,20	0,18
Удмуртская Республика	0,1	0,18	0,13	0,18	0,10	0,12	0,20	0,18
Чувашская Республика	0,1	0,18	0,13	0,18	0,10	0,12	0,20	0,18
Кировская область	0,1	0,18	0,13	0,18	0,10	0,12	0,20	0,18
Нижегородская область	0,1	0,18	0,13	0,18	0,10	0,12	0,20	0,18
Республика Татарстан	0,36	0,15	0,28	0,15	0,08	0,22	0,33	0,19
Оренбургская область	0,37	0,15	0,55	0,15	0,17	0,14	0,36	0,33
Пензенская область	0,37	0,15	0,55	0,15	0,17	0,14	0,36	0,33
Самарская область	0,37	0,15	0,55	0,15	0,17	0,14	0,36	0,33
Саратовская область	0,37	0,15	0,55	0,15	0,17	0,14	0,36	0,33
Ульяновская область	0,37	0,15	0,55	0,15	0,17	0,14	0,36	0,55
Пермский край	1,92	0,72	0,85	0,72	0,11	0,20	0,54	0,11
Среднее по округу	0,39	0,24	0,39	0,24	0,13	0,16	0,30	0,24

Годовые выпадения ^{137}Cs из атмосферы, усреднённые по субъектам ПФО в 2009–2021 гг., представлены на рис. 2.5.3. На рис. 2.5.3 видно, что максимальные уровни выпадений ^{137}Cs на территории ПФО наблюдались в 2011 г., что связано с аварией на АЭС «Фукусима-1». Без учёта данных 2011 г., годовые выпадения ^{137}Cs на территории ПФО последние 10 лет находятся примерно на одном уровне.

Выпадения ^{90}Sr на подстилающую поверхность на территории ПФО в 2021 г., как и в предшествующие годы, были ниже предела обнаружения.

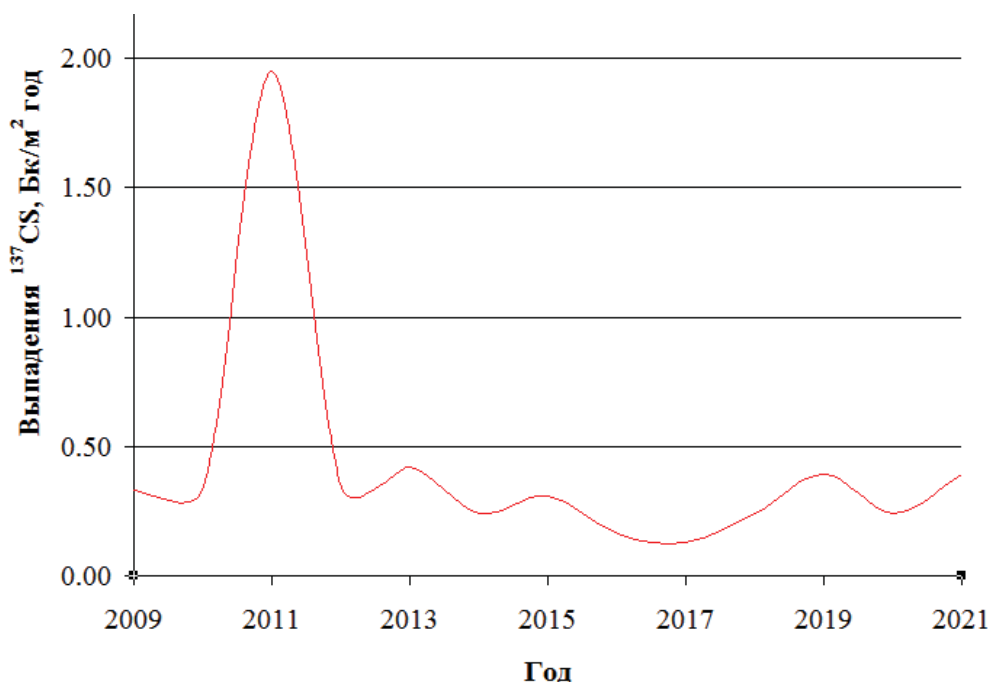


Рис. 2.5.3. Годовые выпадения ^{137}Cs из атмосферы на территории ПФО

Поверхностные воды

На территории ПФО осуществляются наблюдения за содержанием ^{90}Sr в речных водах, а также наблюдения за содержанием трития в атмосферных осадках и речной воде. Наблюдения за содержанием ^{90}Sr в поверхностных водах ПФО ведутся на реках Урал, Вишера, Кама и Колва. Наблюдения за содержанием трития в осадках ведутся в следующих субъектах ПФО: Чувашская Республика, Пермский край, Нижегородская область и Республика Татарстан. Тритий в речной воде на территории округа определяют в одном месте – в р. Волга, г. Балаково Саратовской области.

В табл. 2.5.4 представлены данные о содержании ^{90}Sr в реках, расположенных в субъектах ПФО, в 2021 году.

Таблица 2.5.4

Среднегодовые объёмные активности ^{90}Sr в реках ПФО в 2021 г., мБк/л

Субъекты Федерации	Водный объект	Пункт наблюдения	2017	2018	2019	2020	2021
Оренбургская область	р. Урал	Оренбург	3,8	3,2	5,4	3,1	2,6
Пермский край	р. Вишера	Рябинино	6,3	6,0	9,0	12,3	10,5
Пермский край	р. Кама	Тюлькино	12,5	7,0	7,5	17,7	13,0
Пермский край	р. Колва	Чердынь	6,3	11,0	14,3	20,0	15,5
Среднее по рекам ЕТР			5,1	4,3	4,5	5,3	4,7

Наблюдения за содержанием ^{90}Sr в реках Вишера, Колва и Кама вызваны необходимостью мониторинга влияния выноса радиоактивных продуктов с территории проведенного в 1971 г. взрыва трёх ядерных зарядов на выброс почвы «Тайга» (каждый мощностью 15 кт на глубине 128 м) в Чердынском районе Пермского края в 100 км севернее г. Красновишерска для предполагаемого строительства канала, соединяющего р. Печора с р. Колва. Из табл. 2.5.4 видно, что в 2021 г. объёмная активность ^{90}Sr в реках Вишера, Колва и Кама в 2,2–3,3 раза превышает среднее значение для рек ЕТР (4,7 мБк/л).

Среднегодовая объёмная активность трития в р. Волге в г. Балаково Саратовской области в 2021 г. варьировала от 0,93 до 1,26 Бк/л и в среднем составила 0,95 Бк/л, что ниже среднего значения за год для основных рек России (1,12 Бк/л).

Среднегодовые значения объёмной активности трития в атмосферных осадках в пунктах наблюдения, расположенных в Чебоксарах (Чувашская Республика), Городце (Нижегородская область), Казани и Тетюшах (Республика Татарстан), Перми (Пермский край), в 2021 г. составили 1,27; 1,45; 1,50; 1,46; 1,47 Бк/л соответственно, что ниже либо незначительно превышает среднегодовое значение объёмной активности трития в осадках для всей территории РФ в 2021 г. (1,49 Бк/л).

Обзор и анализ радиационной обстановки в районе Балаковской АЭС даны в разделе 3.

Ниже более подробно рассматривается радиационная обстановка вокруг других РОО, расположенных на территории ПФО.

2.5.1. АО «ГНЦ НИИАР», г. Димитровград

АО «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов» (далее – НИИАР), организация АО «Наука и инновации» Госкорпорации «Росатом» – расположен в 7 км к юго-западу от г. Димитровграда Ульяновской области, в бассейне среднего течения р. Волги на правом берегу Черемшанского залива Куйбышевского водохранилища, на равнине, покрытой смешанным лесом.

В настоящее время НИИАР является основным российским экспериментальным комплексом гражданской атомной энергетики и имеет:

- 6 исследовательских атомных реакторов;
- крупнейший в Европе комплекс для послереакторных исследований элементов активных зон промышленных реакторов;
- комплекс установок для НИОКР в области ядерного топливного цикла;
- радиохимический комплекс и комплекс по обращению с радиоактивными отходами.

Выбросы радионуклидов в атмосферу в 2021 г. на территории НИИАР представлены в табл. 2.5.5.

Таблица 2.5.5

Выбросы радионуклидов в атмосферу на территории НИИАР, Бк

Радионуклид	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021	2020	
¹³⁹ Ba	$3,88 \cdot 10^9$	$3,67 \cdot 10^8$	$5,61 \cdot 10^8$	$-1,94 \cdot 10^8$
Σ Eu	$1,51 \cdot 10^{11}$	$5,57 \cdot 10^5$	$4,05 \cdot 10^5$	$+1,52 \cdot 10^5$
⁵⁹ Fe	$1,35 \cdot 10^{11}$	$1,7 \cdot 10^7$	$3,58 \cdot 10^6$	$+1,34 \cdot 10^7$
¹³¹ I	$1,79 \cdot 10^{12}$	$6,32 \cdot 10^9$	$6,26 \cdot 10^9$	$+0,06 \cdot 10^9$
¹³² I	$9,83 \cdot 10^{11}$	$9,52 \cdot 10^8$	$9,91 \cdot 10^8$	$-0,39 \cdot 10^9$
¹³³ I	$8,12 \cdot 10^{11}$	$2,42 \cdot 10^9$	$4,46 \cdot 10^9$	$-2,04 \cdot 10^{10}$
¹³⁴ I	$4,49 \cdot 10^{10}$	$7,79 \cdot 10^7$	$7,20 \cdot 10^7$	$+0,59 \cdot 10^7$
¹³⁵ I	$2,14 \cdot 10^{11}$	$8,23 \cdot 10^8$	$1,69 \cdot 10^9$	$-0,87 \cdot 10^9$
⁵⁸ Co	$1,38 \cdot 10^{11}$	$3,07 \cdot 10^6$	$2,93 \cdot 10^7$	$-2,62 \cdot 10^7$
²⁴² Cm	$8,73 \cdot 10^7$	$1,92 \cdot 10^5$	$8,96 \cdot 10^5$	$-7,04 \cdot 10^5$
²⁴⁴ Cm	$6,75 \cdot 10^9$	$8,30 \cdot 10^6$	$1,45 \cdot 10^7$	$-0,62 \cdot 10^7$
⁵⁴ Mn	$2,13 \cdot 10^{11}$	$6,56 \cdot 10^7$	$1,76 \cdot 10^8$	$-1,10 \cdot 10^8$
⁹⁵ Nb	$3,87 \cdot 10^{10}$	$4,81 \cdot 10^7$	$1,57 \cdot 10^8$	$-1,09 \cdot 10^8$
⁷⁶ As	$6,97 \cdot 10^8$	$6,18 \cdot 10^7$	$4,19 \cdot 10^7$	$+1,99 \cdot 10^6$
²³⁸ Pu	$1,07 \cdot 10^{10}$	$4,90 \cdot 10^7$	$2,53 \cdot 10^7$	$+2,37 \cdot 10^7$
²³⁹ Pu	$4,39 \cdot 10^9$	$1,32 \cdot 10^8$	$3,75 \cdot 10^7$	$+9,47 \cdot 10^7$
⁸⁸ Rb	$7,44 \cdot 10^{13}$	$1,92 \cdot 10^{11}$	$7,22 \cdot 10^{10}$	$+1,20 \cdot 10^{11}$
⁸⁹ Rb	$5,89 \cdot 10^{13}$	$4,30 \cdot 10^9$	$1,22 \cdot 10^9$	$+3,08 \cdot 10^8$
¹⁰³ Ru	$2,27 \cdot 10^9$	$8,76 \cdot 10^6$	$1,68 \cdot 10^7$	$-8,04 \cdot 10^7$
¹⁰⁶ Ru	$5,90 \cdot 10^9$	-	$6,85 \cdot 10^6$	-
⁷⁵ Se	$6,08 \cdot 10^{12}$	$2,21 \cdot 10^6$	$1,11 \cdot 10^6$	$+1,10 \cdot 10^6$
⁸⁹ Sr	$2,73 \cdot 10^{10}$	$2,37 \cdot 10^8$	$4,70 \cdot 10^7$	$+1,90 \cdot 10^8$
⁹⁰ Sr	$2,30 \cdot 10^{11}$	$8,75 \cdot 10^6$	$1,34 \cdot 10^8$	$-1,25 \cdot 10^8$
Сумма ИРГ	$3,13 \cdot 10^{17}$	$3,23 \cdot 10^{15}$	$3,05 \cdot 10^{15}$	$-0,18 \cdot 10^{15}$
¹²⁴ Sb	$1,12 \cdot 10^{10}$	$9,30 \cdot 10^5$	$2,48 \cdot 10^5$	$+6,82 \cdot 10^5$
¹²⁵ Sb	$1,20 \cdot 10^{11}$	$1,61 \cdot 10^8$	$1,03 \cdot 10^9$	$-8,69 \cdot 10^8$
^{99m} Tc	$1,53 \cdot 10^{11}$	$3,58 \cdot 10^8$	$5,43 \cdot 10^8$	$-1,85 \cdot 10^9$
³ H	$7,14 \cdot 10^{14}$	$4,14 \cdot 10^{12}$	$6,04 \cdot 10^{12}$	$-1,90 \cdot 10^{12}$
Σ U	$6,9 \cdot 10^{10}$	$1,01 \cdot 10^8$	-	-
⁵¹ Cr	$4,96 \cdot 10^{10}$	$3,32 \cdot 10^7$	$2,85 \cdot 10^7$	$-0,47 \cdot 10^7$
¹³⁴ Cs	$2,82 \cdot 10^{11}$	$8,72 \cdot 10^7$	$1,51 \cdot 10^8$	$-6,38 \cdot 10^7$
¹³⁷ Cs	$7,69 \cdot 10^{11}$	$1,05 \cdot 10^9$	$7,39 \cdot 10^8$	$+3,11 \cdot 10^8$
¹³⁸ Cs	$1,13 \cdot 10^{13}$	$2,59 \cdot 10^{10}$	$3,87 \cdot 10^{10}$	$+1,28 \cdot 10^{10}$
¹⁴¹ Ce	$1,13 \cdot 10^{13}$	$2,59 \cdot 10^{10}$	$1,55 \cdot 10^7$	$+2,58 \cdot 10^{10}$
¹⁴⁴ Ce	$6,33 \cdot 10^9$	$6,55 \cdot 10^7$	$4,24 \cdot 10^7$	$+2,31 \cdot 10^7$
⁶⁵ Zn	$2,34 \cdot 10^8$	$5,82 \cdot 10^7$	$7,82 \cdot 10^7$	$-2,00 \cdot 10^6$
⁹⁵ Zr	$1,28 \cdot 10^{10}$	$1,17 \cdot 10^7$	$2,51 \cdot 10^7$	$-1,34 \cdot 10^7$

Примечание: - означает, что активность поступлений данного радионуклида в атмосферный воздух находилась ниже минимально измеряемой активности средства измерения, применяемого для контроля.

Основным источником поступления техногенных радионуклидов в окружающую среду для объектов АО «ГНЦ НИИАР» является высотная труба вентиляционного центра, через которую осуществляется централизованное поступление газоаэрозольной смеси радионуклидов в атмосферу в соответствии с требованиями «Разрешения на выбросы радиоактивных веществ от 22.04.2021 г. № ГН-ВР-0015», выданного Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору. Сбросы радиоактивных веществ в водные объекты отсутствуют, так как не предусмотрены действующими технологиями АО «ГНЦ НИИАР».

Радиационный мониторинг в 100-км зоне вокруг НИИАР осуществляется Приволжским УГМС (ЦМС и Ульяновский ЦГМС) и УГМС Республики Татарстан. В 2021 г. в 100-км зоне НИИАР проводились следующие систематические наблюдения (рис. 2.5.4):

- за объёмной активностью радионуклидов в воздухе с помощью ВФУ с суточной экспозицией на одном пункте (в г. Самаре);
- за радиоактивностью атмосферных выпадений с помощью горизонтальных планшетов с суточной экспозицией: на 4 пунктах Приволжского УГМС и на 2 пунктах УГМС Республики Татарстан;
- за объёмной активностью трития в атмосферных осадках в п. Тетюши;
- за МАЭД γ -излучения 8 раз в сутки (дозиметрами ДРГ-01Т, ДКГ-02У «Арбитр», ДБГ-06Т, ДКГ-07Д «Дрозд», ДКГ-01 «Сталкер») на 6 пунктах Приволжского УГМС и 2 пунктах УГМС Республики Татарстан.

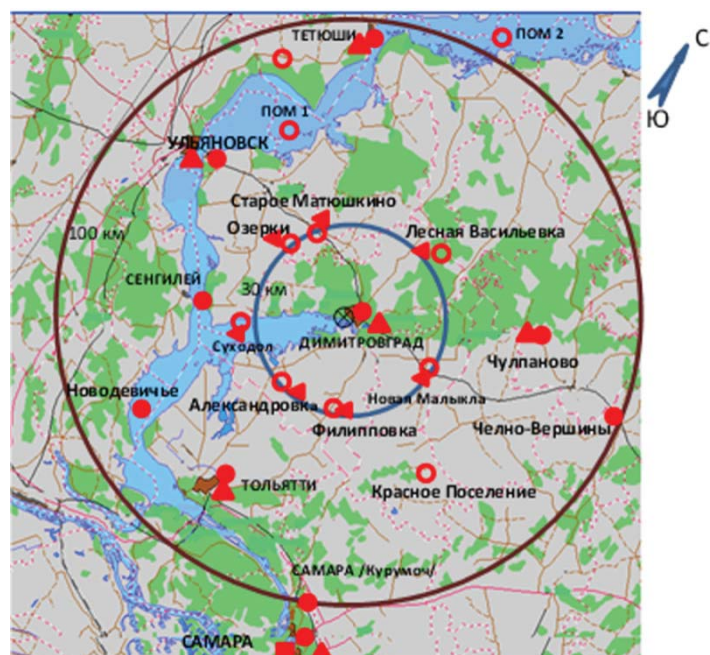


Рис. 2.5.4. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг НИИАР:

- – наблюдения за γ -фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – наблюдения за атмосферными аэрозолями;
- ◄ – пункты отбора проб почвы;
- – планируемые наблюдения;
- ⊗ – НИИАР.

Измерение $\Sigma\beta$ в пробах аэрозолей и выпадений проводилось Приволжским УГМС и УГМС Республики Татарстан на радиометрах РУБ-01Пб и малофоновой установке УМФ-2000. Радионуклидный состав проб определялся на сцинтилляционном γ -спектрометре «Прогресс 2000» в

Приволжском УГМС и на γ -спектрометре фирмы «Ortec» с полупроводниковым детектором типа GEM-20180-P в НПО «Тайфун». Содержание ^{90}Sr в пробах определялось радиохимическим методом в ФГБУ «НПО «Тайфун». Анализ проб на содержание трития выполнялся в ФГБУ «НПО «Тайфун» с помощью жидкостного сцинтилляционного спектрометра «Quantulus-1220».

Данные о выпадениях $\Sigma\beta$ и объёмной $\Sigma\beta$ радионуклидов в приземном слое атмосферы в 100-км зоне НИИАР приведены в табл. 2.5.6.

Таблица 2.5.6

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения выпадений (Р, Бк/м²-сут) и объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе (q, 10⁻⁵ Бк/м³) в 100-км зоне вокруг НИИАР в 2021 г. (данные Приволжского УГМС)

Месяц		Самара		Димитровград	Тольятти	Ульяновск
		Р	q	Р	Р	Р
Январь	с	4,51	51,0	0,36	1,76	0,36
	м	17,02	120,2	0,65	4,25	0,65
Февраль	с	1,61	18,1	0,26	1,67	0,33
	м	3,24	51,8	0,54	4,76	0,65
Март	с	0,99	17,0	0,32	0,88	0,27
	м	2,86	55,8	0,71	2,44	0,57
Апрель	с	0,77	20,6	0,48	1,18	0,36
	м	1,78	47,5	1,46	3,84	1,51
Май	с	0,96	22,5	0,27	0,79	0,39
	м	3,05	54,4	0,82	2,88	1,21
Июнь	с	0,73	21,1	0,38	0,81	0,30
	м	1,49	43,2	0,92	2,18	1,02
Июль	с	0,67	15,0	0,33	1,10	0,35
	м	1,20	35,1	0,99	4,87	1,36
Август	с	0,76	24,3	0,34	0,65	0,33
	м	2,27	48,9	0,82	2,32	0,92
Сентябрь	с	1,08	14,3	0,60	1,42	0,45
	м	2,40	41,7	2,68	5,75	1,30
Октябрь	с	0,95	14,3	0,56	1,70	0,28
	м	2,76	38,6	1,41	8,38	0,51
Ноябрь	с	1,16	12,8	0,48	1,35	0,41
	м	3,97	37,9	1,49	5,94	1,14
Декабрь	с	1,37	15,7	0,34	1,80	0,39
	м	4,35	52,9	0,88	5,30	1,08
Среднее: 2021 г.		1,30	20,6	1,26	1,61	0,35
	2020 г.	1,61	21,1	0,39	1,61	0,33
	2019 г.	1,95	18,7	0,43	1,51	0,45
	2018 г.	2,10	19,0	0,53	1,31	0,33
	2017 г.	2,07	12,3	0,56	1,14	0,35
Сумма, Бк/м²-год: 2021 г.		475		460	588	128
	2020 г.	588		157	588	120
	2019 г.	712		194	774	164
	2018 г.	763		203	551	119
	2017 г.	758		208	477	128

Из табл. 2.5.6 видно, что среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в воздухе в г. Самаре в 2021 г. составляла $20,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что было несколько ниже уровня предыдущего года и была в 2,5 раза выше средневзвешенной объёмной активности для Центра ЕТР ($8,3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). Среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ колебалась в пределах от $12,5 \cdot 10^{-5}$ до $51,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Максимальное среднесуточное значение объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе наблюдалось в январе и составило $120 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что в 14,5 раза превышает средневзвешенную объёмную активность для Центра ЕТР. В 2021 г. был зафиксирован один случай превышения суточного значения объёмной $\Sigma\beta$ над фоновым значением более чем в 5 раз в г. Самара в январе.

Среднемесячные значения $\Sigma\beta$ суточных выпадений из атмосферы в пунктах наблюдения Приволжского УГМС, в 100-км зоне НИИАР (табл. 2.5.6) в 2021 г. колебались от 0,26 до 4,51 Бк/м²·сут, а среднегодовые суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений остались примерно на уровне 2017–2020 гг. и изменялись от 0,35 (Ульяновск) до 1,61 Бк/м²·сут (Тольятти). Максимальная суточная $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 г. наблюдалась в январе в г. Самаре – 17,0 Бк/м²·сут. В г. Самара в январе 2021 г. зарегистрировано превышение суточных значений $\Sigma\beta$ выпадений над фоновым значением более чем в 10 раз.

Данные о среднегодовых объёмных активностях ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы г. Самары за 2017–2021 гг. представлены в табл. 2.5.7. Среднегодовая объёмная активность ¹³⁷Cs в 2021 г. составила 2,5·10⁻⁷ Бк/м³, что в 1,3 раза выше средневзвешенной объёмной активности ¹³⁷Cs для Центра ЕТР (1,9·10⁻⁷ Бк/м³). Среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr составила 0,58·10⁻⁷ Бк/м³ и была в 1,3 раза ниже средневзвешенной объёмной активности ⁹⁰Sr по территории Центра ЕТР (0,46·10⁻⁷ Бк/м³).

Таблица 2.5.7

Объёмные активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы в 100-км зоне вокруг НИИАР, 10⁻⁷ Бк/м³ (данные ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Пункт наблюдения	Год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Среднее за год	Средневзвешенное по Центру ЕТР
¹³⁷Cs							
г. Самара	2017	1,0	0,6	1,6	0,8	1,0	1,9
	2018	1,6	1,3	1,7	2,3	1,7	3,4
	2019	2,6	2,0	3,2	2,2	2,5	3,4
	2020	2,8	7,1	2,2	3,2	3,8	2,4
	2021	2,2	3,0	2,5	2,4	2,5	1,9
⁹⁰Sr							
		1-е полугодие		2-е полугодие			
г. Самара	2017	0,20		0,30		0,25	0,81
	2018	0,40		0,50		0,45	0,58
	2019	0,21		0,34		0,28	0,45
	2020	0,50		0,41		0,46	0,57
	2021	0,74		0,42		0,58	0,46

Среднегодовая объёмная активность трития в осадках в 100-км зоне НИИАР (п. Тетюши) в 2021 г. изменялась в диапазоне от 0,8 Бк/л в октябре до 2,18 Бк/л в январе при среднегодовом значении 1,46 Бк/л, что близко к среднему значению для всей территории РФ (1,52 Бк/л).

По данным ежедневных измерений МАЭД на пунктах стационарной сети в 100-км зоне НИИАР, в 2021 г. среднегодовые значения МАЭД находились в пределах от 0,12 до 0,14 мкЗв/ч. Максимальные суточные значения МАЭД не превышали 0,18 мкЗв/ч (Ершов – июль, август).

В целом анализ ежедневных наблюдений и результатов радиационного мониторинга в 100-км зоне позволяет сделать вывод, что выбросы и сбросы радионуклидов НИИАР значительного влияния на радиационную обстановку территорий, расположенных около предприятия, не оказывали.

2.5.2. РОО на территории Верхне-Волжского региона

На территории Верхне-Волжского региона расположено четыре РОО:

– АО «Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова» (ОКБМ), образовано в 1947 г. в г. Нижний Новгород для создания оборудования для атомной промышленности. С конца 1940-х годов ОКБМ активно участвует в создании первых промышленных ядерных

реакторов, а с 1954 г. – в разработке и изготовлении опытных образцов реакторов для военно-морского и гражданского морского флота;

– Нижегородское отделение филиала «ПТО» ФГУП «ФЭО» – пункт временного хранения РАО, поступающих от предприятий и учреждений ряда областей (Нижегородской, Ивановской, Кировской), а также из Республики Мордовия и Республики Коми;

– Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский исследовательский институт экспериментальной физики» (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров – бывший Арзамас-16 до 1994 г., Нижегородская область) – ядерный центр; в 1949 г. здесь была создана первая советская атомная бомба, а в 1953 г. – водородная;

– АО «Чепецкий механический завод» (ЧМЗ) образован в 1946 г. в г. Глазове Удмуртской Республики. Это предприятие атомной промышленности по производству металлического циркония, сплавов и изделий на его основе, химических соединений циркония для атомной, химической, газовой и нефтеперерабатывающей промышленности, производству металлического кальция, сплавов, изделий и химических соединений на его основе, производству металлического ниобия, гафния, производству проката из титана, производству сверхпроводящих материалов (СПМ). Предприятие также выпускает технологические каналы для российских АЭС с реакторами РБМК.

Газоаerosольные выбросы радионуклидов в атмосферу в 2021 г. на территории РФЯЦ-ВНИИЭФ и ЧМЗ представлены в табл. 2.5.8. В 2021 году выбросы ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» не превышали допустимых значений. Выбросы радионуклидов ^{239}Pu и ^3H близки к уровням прошлого года, сумма нуклидов U уменьшились в 0,8 раза, а выбросы ^{210}Po возросли в два раза. Выбросы АО «ЧМЗ» в 2021 г. были на пять-шесть порядков ниже допустимых значений и близки к уровням 2020 года, а по сумме нуклидов U произошло уменьшение в 0,8 раза.

Таблица 2.5.8

Выбросы радионуклидов в атмосферу на территории ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» и АО «ЧМЗ», Бк

Радионуклид	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021г.	2020 г.	
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»				
^{210}Po	$2,40 \cdot 10^5$	$4,06 \cdot 10^3$	$2,09 \cdot 10^3$	+1,95·10³
^{239}Pu	$5,63 \cdot 10^6$	$5,23 \cdot 10^4$	$5,94 \cdot 10^4$	-0,71·10⁴
^3H	$1,11 \cdot 10^{15}$	$1,19 \cdot 10^{14}$	$1,14 \cdot 10^{14}$	+0,05·10¹⁴
Сумма нуклидов U	$6,70 \cdot 10^{10}$	$2,12 \cdot 10^9$	$2,47 \cdot 10^9$	-0,35·10⁹
АО «ЧМЗ»				
^{226}Ra	$8,31 \cdot 10^8$	$1,21 \cdot 10^7$	$1,38 \cdot 10^7$	-0,17·10⁷
^{230}Th	$7,43 \cdot 10^8$	$1,21 \cdot 10^7$	$1,38 \cdot 10^7$	-0,17·10⁶
^{232}Th	$1,82 \cdot 10^8$	$3,72 \cdot 10^6$	$4,22 \cdot 10^6$	-0,50·10⁷
^{234}Th	$1,29 \cdot 10^7$	$1,51 \cdot 10^5$	-	
Сумма нуклидов U	$8,67 \cdot 10^9$	$4,43 \cdot 10^7$	$6,17 \cdot 10^7$	-2,74·10⁸

Нижегородское отделение филиала «Приволжский территориальный округ» ФГУП «ФЭО» переработку РАО не производит, поэтому сбросы и выбросы в окружающую среду отсутствуют.

В 2021 г. радиационный мониторинг в 100-км зонах РОО Верхне-Волжского УГМС осуществлялся на 20 станциях. Измерения МАЭД проводились на 19 станциях сети Верхне-Волжского

УГМС и одной станции (АМЦ Нижний Новгород) «Авиаметтелеком Росгидромета». На семи станциях вёлся отбор проб атмосферных выпадений, на одной – проводился отбор проб аэрозолей.

В 100-км зоне ОКБ машиностроения проводились следующие наблюдения (рис. 2.5.5): за радиоактивными аэрозолями в одном пункте (Н. Новгород); за радиоактивными выпадениями в трёх пунктах (Лысково, Семёнов, Нижний Новгород); за МАЭД в девяти пунктах (Городец, Дальнее Константиново, Дзержинск, Ройка, Лысково, Павлово, Семёнов, Нижний Новгород, АМЦ Нижний Новгород); за содержанием трития в осадках в одном пункте (Городец). В 2021 г. маршрутные обследования в 100-км зоне РОО ОКБ машиностроения не проводились.

В 100-км зоне ПТО проводились наблюдения (рис. 2.5.5): за атмосферными радиоактивными аэрозолями в одном пункте (Нижний Новгород), за радиоактивными выпадениями в трёх пунктах (Лысково, Семёнов, Нижний Новгород), за МАЭД на девяти станциях (Лысково, Семёнов, Нижний Новгород (две станции), Городец, Дзержинск, Красные Баки, Воскресенское, Ройка).

Из рис. 2.5.5 видно, что пункты наблюдения за содержанием радионуклидов в атмосферных аэрозолях, выпадениях и осадках в 100-км зонах Нижегородское отделение филиала «Приволжский территориальный округ» ФГУП «ФЭО» и ОКБМ совпадают.

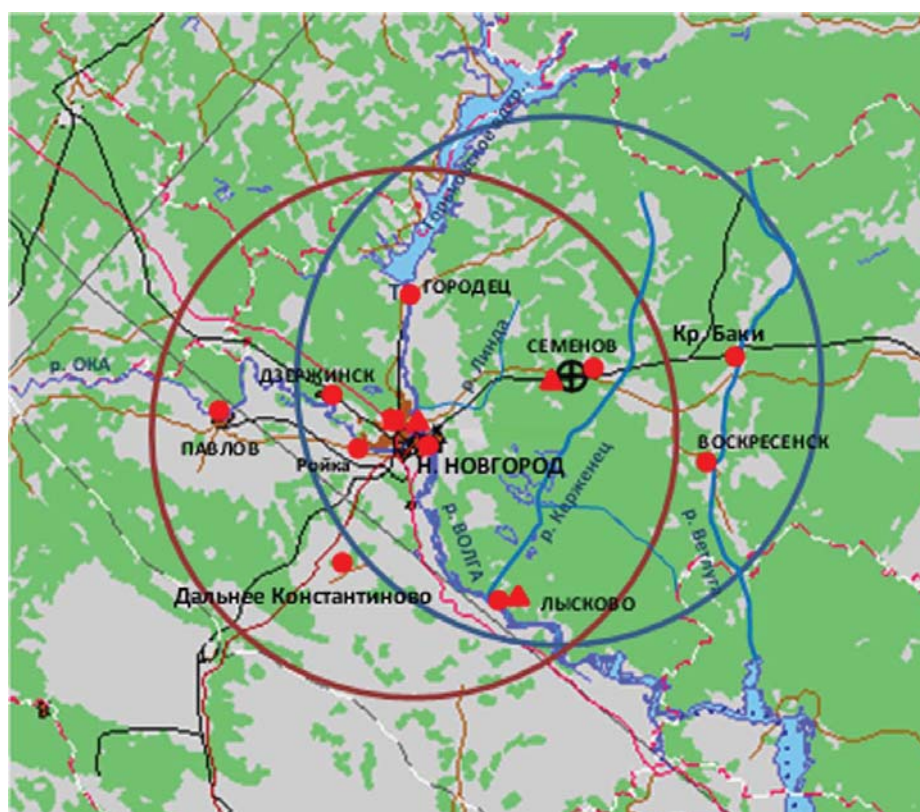


Рис. 2.5.5. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зонах вокруг ОКБМ и ПТО:

- – наблюдения за γ -фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – наблюдения за атмосферными аэрозолями;
- T – отбор проб атмосферных осадков;
- ⊕ – Нижегородское отделение филиала «Приволжский территориальный округ» ФГУП «ФЭО» (бывший Нижегородский СК «Радон»).

В 100-км зоне РОО г. Сарова действуют 5 станций (Арзамас, Выкса, Лукоянов, Краснослободск, Темников), на которых в течение всего 2021 г. велись наблюдения за МАЭД, на трёх из них (Арзамас, Выкса, Лукоянов) – за радиоактивными выпадениями.

В 100-км зоне ЧМЗ расположено четыре станции (Глазов, Дебессы, Селты, Фалёнки), где проводились измерения МАЭД. В одном пункте (г. Глазов) велись наблюдения за атмосферными выпадениями.

Результаты наблюдений за радиоактивными аэрозолями и выпадениями в 100-км зонах всех РОО Верхне-Волжского региона представлены в табл. 2.5.9.

Таблица 2.5.9

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения выпадений (Р, Бк/м²·сут) и объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе (q , 10⁻⁵ Бк/м³) в 100-км зонах РОО Верхне-Волжского региона в 2021 г. (данные Верхне-Волжского УГМС)

Месяц		Н. Новгород		Лысково	Семёнов	Лукоянов	Арзамас	Выкса	Глазов
		Р	q	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Январь	С	2,8	47,8	2,8	2,6	3,5	3,2	2,4	2,1
	М	6,8	104,6	9,0	6,8	15,3	12,7	5,1	7,2
Февраль	С	4,0	49,6	3,1	3,4	2,4	3,1	2,5	2,5
	М	13,7	186,5	8,3	9,0	11,2	5,8	6,6	9,5
Март	С	2,0	18,5	2,9	2,1	2,0	1,6	2,6	2,9
	М	5,0	75,8	6,7	3,7	4,5	3,0	5,5	7,3
Апрель	С	2,0	28,9	2,0	1,3	1,7	2,1	1,9	2,3
	М	4,9	72,1	4,0	2,8	5,4	5,4	4,9	5,9
Май	С	2,5	41,2	1,7	2,3	1,7	1,7	1,8	2,3
	М	5,1	92,6	3,3	6,3	2,9	5,4	3,3	8,0
Июнь	С	1,4	28,8	1,7	1,3	1,2	2,4	1,2	1,1
	М	6,9	73,0	4,2	4,0	2,4	11,9	5,0	2,8
Июль	С	1,8	30,0	1,7	1,4	1,1	1,2	1,5	1,3
	М	3,8	58,1	3,8	3,9	2,5	3,1	5,8	3,2
Август	С	2,0	26,1	1,2	1,9	1,1	1,5	1,4	1,7
	М	6,2	55,5	2,1	5,0	3,7	4,1	5,1	3,2
Сентябрь	С	1,5	23,2	1,3	1,6	1,5	1,9	1,2	1,3
	М	3,9	88,4	2,7	3,8	3,5	3,3	2,6	2,8
Октябрь	С	1,1	20,6	1,2	1,5	1,5	1,3	1,5	1,4
	М	2,3	63,0	3,3	3,0	2,9	2,8	3,5	2,9
Ноябрь	С	1,1	18,0	1,5	1,4	1,3	1,7	1,3	1,3
	М	2,7	20,6	3,6	2,9	3,1	2,9	2,2	2,4
Декабрь	С	1,0	16,3	1,3	1,3	1,4	1,0	1,0	1,0
	М	2,0	46,2	2,9	3,2	6,2	2,9	2,0	2,1
Среднее:	2021 г.	1,9	29,1	1,9	1,8	1,7	1,9	1,7	1,8
	2020 г.	1,5	29,6	2,0	2,0	2,0	2,3	2,1	2,1
	2019 г.	1,3	21,3	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	1,3
Сумма, Бк/м ² ·год:	2021 г.	702		680	671	641	684	615	615
	2020 г.	536		758	721	719	785	772	776
	2019 г.	475		584	584	548	584	548	475

ОКБ машиностроения им. И.И. Африкантова

Среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ в воздухе г. Нижний Новгород в 2021 г. (табл. 2.5.9) изменялась от $16,3 \cdot 10^{-5}$ (в декабре) до $49,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в феврале) при среднегодовом значении $29,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ и была выше средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР ($8,32 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³) в 3,5 раза. В 2021 г. в г. Нижний Новгород не было зарегистрировано случаев превышения объёмной $\Sigma\beta$ над фоновым уровнем предыдущего месяца в 5 и более раз.

Среднегодовые объёмные активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы Нижнего Новгорода в 2016–2021 гг. представлены в табл. 2.5.10.

**Объёмные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое воздуха в г. Н. Новгород, 10^{-7} Бк/м³
(данные ФГБУ «НПО «Тайфун»)**

Пункт наблюдения	Год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Среднее за год	Средневзвешенное по территории Центра ЕТР
^{137}Cs							
Нижний Новгород	2016	6,0	3,0	5,6	2,1	4,2	3,6
	2017	2,0	2,6	5,0	2,3	3,0	3,2
	2018	2,4	2,3	2,8	4,2	2,9	3,4
	2019	3,2	4,0	2,2	3,1	3,1	3,4
	2020	3,4	12,0	3,0	4,2	5,7	2,4
	2021	3,0	3,6	2,6	3,8	3,3	1,9
^{90}Sr							
		1-е полугодие		2-е полугодие			
	2016	1,61		0,87		1,24	0,82
	2017	1,32		4,43		2,87	0,81
	2018	0,94		0,60		0,77	0,58
	2019	0,67		0,63		0,65	0,45
	2020	1,53		1,1		1,32	0,57
	2021	0,63		0,47		0,55	0,46

Из табл. 2.5.10 видно, что среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в воздухе Н. Новгорода в 2021 г. составляла $5,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что 1,7 раза ниже уровня среднегодовой объёмной активности 2020 г. и в 1,7 раза выше средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР ($1,9 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в 2021 г. составляла $0,55 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 2,4 раза ниже, чем в 2020 г., и в 1,2 раза выше средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР ($0,46 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

Среднемесячные значения $\Sigma\beta$ суточных выпадений в 100-км зоне ОКБМ в 2021 г. (табл. 2.5.9) варьировали в диапазоне от 1,0 до 11,9 Бк/м²·сут. Среднегодовые значения $\Sigma\beta$ выпадений составили 1,7–1,9 Бк/м²·сут, что находится на уровне фоновых выпадений по региону.

Случаев превышения суточных значений $\Sigma\beta$ выпадений над фоновым уровнем предыдущего месяца в 10 и более раз в 100-км зоне ОКБМ в 2021 г. не наблюдалось.

Объёмная активность трития в осадках (г. Городец) в 2021 г. составляла 1,45 Бк/л, изменяясь в диапазоне от 0,78 Бк/л (февраль) до 2,50 Бк/л (июнь). В 2021 г. содержание трития в осадках незначительно увеличилось по сравнению с 2020 г. (табл. 2.5.11) и ниже среднего значения по стране (1,52 Бк/л).

Таблица 2.5.11

**Объёмная активность трития в осадках в г. Городец, Бк/л
(данные ФГБУ «НПО «Тайфун»)**

Год	2016	2017	2018	2019	2020	2021
^3H	1,6	1,5	1,4	1,5	1,2	1,5

Среднегодовые значения МАЭД в пунктах наблюдений 100-км зоны ОКБМ в 2021 г. колебались в диапазоне от 0,09 до 0,14 мкЗв/ч, среднемесячные – от 0,09 до 0,14 мкЗв/ч, что соответствует колебаниям естественного γ -фона. Максимальные суточные значения МАЭД не превышали 0,17 кЗв/ч.

Нижегородское отделение филиала «Приволжский территориальный округ» ФГУП «ФЭО»

Содержание радионуклидов в атмосферных аэрозолях, выпадениях и осадках в пунктах наблюдения 100-км зоны ПТО приведены в табл. 2.5.10–2.5.12, там же приводятся данные по радиационной обстановке вокруг ОКБМ.

Среднее значение мощности дозы гамма-излучения в зоне наблюдения в 100-км зоне ПЗРО в 2021 году составило 0,12 мкЗв/ч, максимальное – 0,22 мкЗв/ч.

По данным Нижегородского отделения филиала «Приволжский территориальный округ» ФГУП «ФЭО», МАЭД в ЗН предприятия в 2021 г. составила 0,12 мкЗв/ч, удельная суммарная β -активность радионуклидов в воде из наблюдательных скважин и трубчатых колодцев не превышала 0,64 Бк/кг.

Из результатов наблюдений следует, что содержание радионуклидов в объектах окружающей среды в 100-км зоне Нижегородское отделение филиала «Приволжский территориальный округ» ФГУП «ФЭО» не превышает фоновых уровней.

РОО г. Сарова

Среднемесячные значения $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне РОО г. Сарова изменялись в пределах 1,0–3,5 Бк/м²·сут. Среднегодовые суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 г. составили 1,7–1,9 Бк/м²·сут, что находится на уровне фоновых выпадений по Верхне-Волжскому региону (табл. 2.5.9). Максимальное суточное значение за 2021 г. составило 15,3 Бк/м²·сут в январе (МС Лукоянов).

Случаев превышения суточных значений $\Sigma\beta$ выпадений над фоновым уровнем в 10 и более раз в 100-км зоне РОО г. Сарова в 2021 г. не наблюдалось.

Среднегодовые значения МАЭД в пунктах наблюдения 100-км зоны РОО г. Сарова в 2021 г. составляли 0,09–0,15 мкЗв/ч, среднемесячные – 0,09–0,14 мкЗв/ч., что соответствует колебаниям природного γ -фона региона. Максимальные измеренные значения МАЭД не превышали 0,17 мкЗв/ч.

АО «Чепецкий механический завод»

Среднемесячная $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в 2021 г. изменялась в диапазоне 1,0–2,9 Бк/м²·сут при среднегодовом значении 1,8 Бк/м²·сут, что соответствует уровню фоновых значений (табл. 2.5.9). Максимальное суточное значение суммарной β -активности выпадений составило 9,5 Бк/м²·сут в феврале. Превышения суточных значений $\Sigma\beta$ выпадений над фоновым уровнем в 10 и более раз в 100-км зоне ЧМЗ в 2021г. не наблюдалось.

Среднегодовые значения МАЭД в пунктах наблюдения 100-км зоны АО «ЧМЗ» в 2021 г. составляли 0,10 – 0,13 мкЗв/ч, среднегодовые – 0,11–0,12 мкЗв/ч, что находится на уровне естественного γ -фона региона. Максимальные измеренные значения МАЭД не превышали 0,15 мкЗв/ч.

Годовые выпадения ¹³⁷Cs на подстилающую поверхность на территории Верхне-Волжского УГМС в 2021 г. составляли 0,10 Бк/м²·год, что ниже уровня 2021 г. (0,11 Бк/м²·год) и в 1,7 раза ниже средневзвешенного значения для Центра ЕТР (0,17 Бк/м²·год).

Содержание в приземной атмосфере $\Sigma\beta$, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и трития в осадках в 2021 г. в 100-км зонах РОО (табл. 2.5.10 – 2.5.12) было близко к уровню фоновых значений для Центра ЕТР. Можно сделать вывод, что влияния РОО, расположенных в Верхне-Волжском регионе, на окружающую среду не выявлено.

Выводы

Радиационная обстановка на территории ПФО в 2021 г. была стабильной. Вклад в загрязнение приземного слоя атмосферы в результате деятельности РОО, расположенных на территории округа, значительного влияния на радиационную обстановку не оказывал. Уровни загрязнения приземного слоя атмосферы техногенными радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr на шесть-семь порядков ниже установленных в НРБ-99/2009 нормативов и не представляет опасности для здоровья населения.

2.6. Уральский федеральный округ

Общая информация по округу

Уральский федеральный округ (УФО) занимает центральное положение на территории РФ на стыке между европейской и азиатской частями. В него входят шесть субъектов Федерации: Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа, Свердловская, Челябинская, Курганская и Тюменская области. Площадь территории региона составляет 1818,5 тыс. км² [1], население – более 12329,5 тыс. человек [2]. Административный центр региона – г. Екатеринбург.

Согласно [3], на территории округа расположено 10 РОО: 4 из них, включая крупнейший химкомбинат ПО «Маяк», расположены на территории Челябинской области, 6 – на территории Свердловской области. На территории УФО в Челябинской, Свердловской и Курганской областях есть территории, загрязнённые в результате двух аварийных ситуаций на ПО «Маяк», произошедших в 1957 г. с образованием Восточно-Уральского «стронциевого» радиоактивного следа (ВУРС) и в 1967 г. с образованием Карачайского «цезиевого» следа, который частично наложился на ВУРС.

Организация радиационного мониторинга

Радиационный мониторинг на территории округа проводится Уральским, Обь-Иртышским, Западно-Сибирским УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (рис. 2.6.1).

В составе СРМ на территории округа действуют: 134 пункта наблюдений за мощностью амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (ежедневно); 57 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных выпадений с помощью марлевых планшетов (экспозиция проб – одни сутки); шесть пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных аэрозолей с помощью ВФУ (экспозиция проб – одни сутки: Салехард, Ханты-Мансийск и пять суток – Новогорный, Аргаяш, Кыштым, Верхнее Дуброво), один пункт по отбору проб осадков для анализа на содержание трития, один пункт по отбору проб поверхностных вод для анализа на тритий, 12 пунктов по отбору проб поверхностных вод (9 рек и одно водохранилище) на содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs . Анализы отобранных проб радиоактивных аэрозолей и выпадений на содержание $\Sigma\beta$ проводится в трёх радиометрических лабораториях: Челябинского ЦГМС, Уральского (г. Екатеринбург) и Западно-Сибирского УГМС, и в радиометрической группе Обь-Иртышского УГМС. В радиометрических лабораториях Уральского, Западно-Сибирского УГМС и Челябинского ЦГМС дополнительно проводится гамма-спектрометрический и радиохимический анализы проб ^{90}Sr . В лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун» проводится анализ проб воды (осадков и рек) на содержание трития, а также сравнительный гамма-спектрометрический анализ проб атмосферных аэрозолей Верхнего Дуброво.

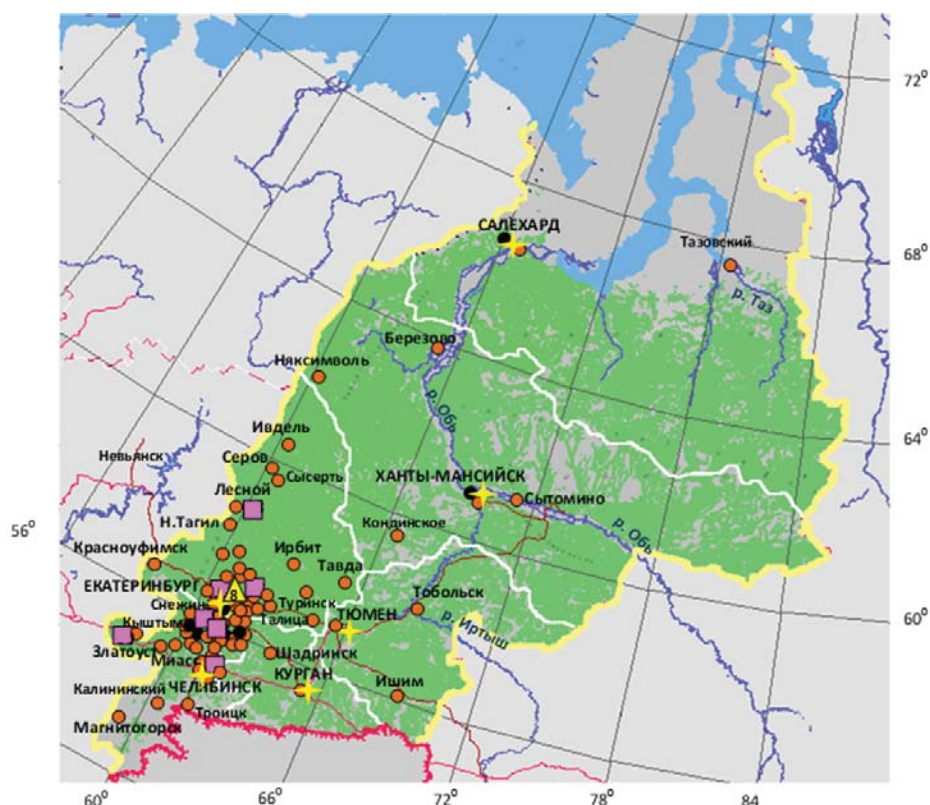


Рис. 2.6.1. Расположение пунктов наблюдения за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы и РОО на территории Уральского федерального округа:

- – отбор радиоактивных аэрозолей с помощью воздухофильтрующих установок;
- – отбор радиоактивных выпадений с помощью планшетов;
- – радиационно опасные объекты;
- ▲ – АЭС;
- ★ – центры субъектов Федерации;
- (красная) – магистральные федеральные автодороги;
- (коричневая) – прочие федеральные автодороги;
- (белый) – границы субъектов Федерации;
- (желтый) – границы федеральных округов;
- (красная) – государственная граница.

Радиационная обстановка

Радиационный фон

По данным сети радиационного мониторинга, МАЭД на территории УФО изменялась от 0,06 до 0,19 мкЗв/ч, включая 100-км зоны РОО и загрязнённые территории. Среднегодовые значения МАЭД на территории УФО в 2021 г. составляли (табл. 2.6.1) 0,09–0,11 мкЗв/ч при среднем значении 0,10 мкЗв/ч. Эти значения не отличаются от многолетних уровней, наблюдаемых на территории Уральского региона.

Таблица 2.6.1

Среднегодовые и максимальные измеренные значения МАЭД в субъектах УФО в 2021 г., мкЗв/ч

Субъекты Федерации	Количество пунктов	Среднегодовые	Максимальные
Свердловская область	57	0,10	0,18 (Нижний Тагил)
Челябинская область	32	0,11	0,19 (Метлино)
Курганская область	16	0,10	0,16 (Шадринск)
Тюменская область*	13	0,10	0,18 (Викулово, Сладково, Уват)
Ямало-Ненецкий АО	5	0,10	0,15 (Салехард)
Ханты-Мансийский АО	11	0,09	0,18 (Няксимволь)
УФО	134	0,10	0,19

Примечание: * – включая два пункта Северного УГМС.

Приземная атмосфера

На территории округа в четырёх из шести субъектов Российской Федерации проводятся наблюдения за содержанием радионуклидов в приземном слое атмосферы. Четыре пункта наблюдения в Свердловской и Челябинской областях находятся в зонах влияния РОО. Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое атмосферы пунктов наблюдения на территории УФО приведена в табл. 2.6.2.

Таблица 2.6.2

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в населённых пунктах УФО, 10^{-7} Бк/м³
(данные Уральского, Западно-Сибирского УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Пункты наблюдения	^{137}Cs			^{90}Sr		
	2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Свердловская область						
Верхнее Дуброво (Белоярская АЭС)	5,5*	5,2*	4,0*	1,2	1,6	3,2
Челябинская область						
Новогорный (ПО «Маяк»)	114	14	16	-	-	-
Аргаяш (ПО «Маяк»)	18	7,6	3,9	-	-	-
Кыштым (ПО «Маяк»)	11	7,0	13	-	-	-
Средневзвешенное по Западной Сибири	2,0	1,6	2,3	1,4	1,2	1,9
Ямало-Ненецкий АО						
Салехард	нпо	нпо	нпо	0,15	0,15	0,15
Ханты-Мансийский АО						
Ханты-Мансийск	нпо	нпо	нпо	0,45	0,20	0,35
Средневзвешенное по Заполярью	1,0	0,9	0,7	0,20	0,25	0,24

Примечания: в скобках указаны РОО, в 100-км зонах которых расположены указанные пункты наблюдения;

- - измерения не проводились;

* - данные ФГБУ «НПО «Тайфун»;

нпо - ниже предела обнаружения ($1,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

Из табл. 2.6.2 видно, что выбросы радионуклидов на ПО «Маяк» оказывают существенное влияние на содержание радионуклидов в приземном слое атмосферы в 100-км зоне вокруг предприятия. В меньшей степени на загрязнение воздуха в 100-км зоне оказывает влияние Белоярская АЭС. Подробный анализ радиационной обстановки в 100-км зонах этих предприятий представлен в разделе 3.

В Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком АО объёмная активность ^{137}Cs в 2021 г. была на уровне предыдущих лет и не превышала уровень средневзвешенного значения по Заполярью. В Свердловской области объёмная активность ^{137}Cs в 2021 г. осталась на уровне 2021 года. В Челябинской области наблюдалось увеличение объёмной активности ^{137}Cs в Новогорном в 8 раз, в Аргаяше в 2,4 раза, в Кыштыме в 1,6 раз по сравнению с 2021 годом. Как и в предыдущие годы, объёмная активность ^{137}Cs в пунктах Свердловской и Челябинской областей превышает средневзвешенное значение по Западной Сибири в 5,5–57 раз.

В Свердловской области в Верхнем Дуброво объёмная активность ^{90}Sr в 2021 г. уменьшилась в 1,3 раза по сравнению с 2021 годом и не превышала средневзвешенное значение по Западной Сибири. В Ямало-Ненецком АО объёмная активность ^{90}Sr в течение последних трёх лет остаётся практически постоянной. В Ханты-Мансийском АО объёмная активность ^{90}Sr в 2021 г. увеличилась в 2,3 раза и, как и в предыдущие годы, была выше, чем в расположенном севернее Ямало-Ненецком АО. Вероятнее всего, это можно объяснить влиянием ветрового переноса ^{90}Sr с территории Восточно-Уральского «стронциевого» радиоактивного следа. Наблюдаемые активности радионуклидов на семь порядков ниже нормативных уровней по НРБ-99/2009 [8].

Радиоактивные выпадения

На территории УФО наблюдаются выпадения ^{90}Sr в отличие от других территорий РФ, на которых эта величина ниже предела обнаружения. Это объясняется влиянием ветрового выноса радионуклидов с территории ВУРС. На территориях Свердловской, Челябинской и Курганской областей вне загрязнённых зон и вне 100-км зон РОО (фоновые территории) выпадения ^{90}Sr в 2021 г. составляли $1,3 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$, что находится на уровне 2020 года. Выпадения ^{137}Cs на этих территориях ($1,9 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$) были в 6 раз выше значений 2020 года и в 13 раз выше средневзвешенных выпадений по территории Западной Сибири ($0,29 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$). На рис. 2.6.2 приведена динамика фоновых уровней выпадений ^{137}Cs и ^{90}Sr для Уральского региона в период с 2006 по 2021 год. Из рисунка видно, что фоновые уровни выпадений ^{137}Cs и ^{90}Sr значительно колеблются от года к году, начиная с 2017 г. выпадения ^{137}Cs имеют тенденцию к увеличению, а годовые выпадения ^{90}Sr – к снижению.

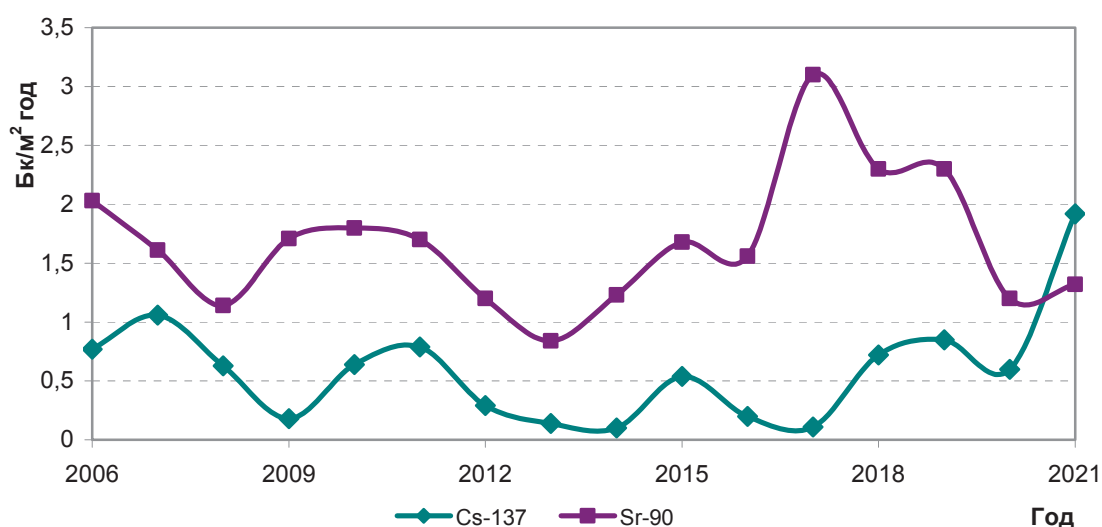


Рис. 2.6.2. Динамика фоновых уровней выпадений ^{137}Cs и ^{90}Sr на территориях Свердловской, Челябинской и Курганской областей

На территориях Тюменской области, Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого ОА выпадения ^{137}Cs в 2021 г. были менее $0,1 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$. Выпадения ^{90}Sr за первое полугодие 2021 г. составили $0,45 \text{ Бк/м}^2$ ($0,28 \text{ Бк/м}^2$ в 2021 г.).

Поверхностные воды

На территории УФО наблюдения за содержанием трития в осадках и поверхностных водах проводятся в Ямало-Ненецком АО в Салехарде, где объёмная активность трития в осадках в 2021 г. была на уровне среднего значения для территории РФ ($1,5 \text{ Бк/л}$). Объёмная активность трития в 2021 г. в р. Оби (Салехард) колебалась от $0,93$ до $1,8 \text{ Бк/л}$, составив в среднем $1,4 \text{ Бк/л}$, что находится на уровне предыдущих лет и среднего значения содержания трития в реках РФ ($1,6 \text{ Бк/л}$).

Содержание ^{90}Sr в реках определяется в 12 пунктах, 10 из этих пунктов находятся на территории ВУРС и в 100-км зоне Белоярской АЭС и будут рассмотрены в соответствующих разделах (см. разделы 3 и 4). Два оставшихся пункта находятся на р. Оби (Салехард) и на р. Пур (Уренгой) в Ямало-Ненецком АО. Объёмная активность ^{90}Sr в 2021 г. в р. Оби снизилась до уровня 2019 г. и составила $6,7 \text{ мБк/л}$ ($8,6 \text{ мБк/л}$ в 2020 г.; $7,6 \text{ мБк/л}$ в 2019 г.; $6,5 \text{ мБк/л}$ в 2018 г.). Объёмная активность ^{90}Sr в р. Пур в 2021 г. была на уровне последних двух лет и составила $4,8 \text{ мБк/л}$ ($4,8 \text{ мБк/л}$ в 2020 г.

и 2019 г.). В р. Оби (Салехард) постоянно регистрируются повышенные, по сравнению со средним значением для рек АТР (4,5 мБк/л в 2021 г.), величины объёмной активности ^{90}Sr , что объясняется влиянием стоков ПО «Маяк» (подробнее – в п. 3.11) предыдущих лет на уровень загрязнения рек Обь-Иртышского региона.

Наблюдаемое содержание трития и ^{90}Sr в поверхностных водах на три порядка ниже уровня вмешательства (УВ) по НРБ-99/2009 [8].

Ниже приводятся результаты мониторинга радиационной обстановки в окрестностях некоторых РОО на территориях Свердловской и Челябинской областей.

2.6.1. РОО на территории Южно-Уральского региона

Уральское УГМС проводит регулярный радиационный мониторинг населённых пунктов, на территории которых расположены предприятия, работающие с радиоактивными веществами, а именно:

- пос. Двуреченск Сысертского района, на территории которого расположен ПАО «Ключевской завод ферросплавов» (КЗФ) и ООО «Ключевская обогатительная фабрика»;
- г. Новоуральск, где находится АО «Уральский электрохимический комбинат» (УЭХК);
- г. Лесной с расположенным на его территории комбинатом ФГУП «Электрохимприбор» (ЭХП).

Посёлок Двуреченск

На Ключевском заводе ферросплавов, расположенном в пос. Двуреченск Сысертского района Свердловской области, производится хранение радиоактивных отходов, образующихся в виде металлических шлаков при переработке сырья, содержащего ниобиевые и циркониевые концентраты. За 71 год работы КЗФ накопил более 2 млн тонн отвальных шлаков. Хранение шлаков производят траншейным способом с засыпкой землёй и с последующим одерновыванием поверхности кургана. Источником загрязнения окружающей среды является естественный радионуклид ^{232}Th и его дочерние продукты распада. Пункт хранения радиоактивных отходов расположен в 3 км от пос. Двуреченск. В настоящее время в Двуреченске работает обогатительная фабрика по переработке шлаков для выделения из них цветных металлов. Вокруг шлакоотвалов возведён защитный комплекс длиной по периметру 2,5 км, который включает бетонный забор, дамбу, технологическую дорогу. Подходы к объекту просматриваются сотрудниками службы безопасности предприятия. Кроме того, Двуреченск расположен в 100-км зоне влияния Белоярской АЭС.

С 1991 г. в Двуреченске действует пост Уральского УГМС, на котором проводятся регулярные наблюдения за атмосферными выпадениями с помощью марлевого планшета с суточной экспозицией и измерения МАЭД. Результаты наблюдений за $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений и результаты радионуклидного анализа проб выпадений в Двуреченске в 2021 г., а также для сравнения – данные 2017–2020 гг. представлены в табл. 2.6.3.

Анализ данных о выпадениях радионуклидов показал, что годовые значения $\Sigma\beta$ выпадений в Двуреченске были ниже уровня значений 2020 г. и региональных фоновых значений по Уральскому региону. Максимальное суточное значение $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 г. было зарегистрировано в мае

и составило 2,6 Бк/м²·сут. Годовые выпадения ¹³⁷Cs из атмосферы в Двуреченске составили 2,8 Бк/м²·год, что в 4,7 раз выше уровня значений 2020 г., и в 1,5 раза выше уровня регионального фона (1,9 Бк/м²·год). Годовые выпадения ⁹⁰Sr в 2021 г. были в 2,3 раза ниже значений 2020 г., составляли 1,1 Бк/м²·год и не превысили уровень регионального фона (1,3 Бк/м²·год). Среднегодовое значение МАЭД в Двуреченске в 2021 г. составило 0,10 мкЗв/ч, что находится на уровне радиационного фона по УФО (0,11 мкЗв/ч).

Загрязнение приземной атмосферы (Двуреченска) ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr не обусловлено производственной деятельностью Ключевского завода ферросплавов и Ключевской обогатительной фабрики. По всей вероятности, оно вызвано ветровым выносом радионуклидов с территории ВУРС.

Город Новоуральск

Новоуральск – один из первых центров атомной промышленности на Среднем Урале. В 1946 г. в Новоуральске началось строительство первого в стране газодиффузионного завода для производства высокообогащённого урана, позже на заводе был получен материал для первой советской урановой атомной бомбы. На сегодняшний день здесь расположено и действует одно из крупнейших предприятий Урала – Уральский электрохимический комбинат (введён в эксплуатацию в 1949 г.), который производит обогащённый гексафторид урана. Также Новоуральск входит в 100-км зону Белоярской АЭС.

Радиационный мониторинг окружающей среды в Новоуральске проводится Уральским УГМС с 1992 года. В городе организованы наблюдения за атмосферными выпадениями с помощью планшета с суточной экспозицией и за МАЭД. Результаты наблюдений за 2021 г. приведены в табл. 2.6.3.

Таблица 2.6.3

Выпадения из атмосферы Σβ (Бк/м²·сут), ¹³⁷Cs (Бк/м²·месяц) и ⁹⁰Sr (Бк/м²·квартал) в некоторых городах Свердловской области в 2021 г. (данные Уральского УГМС)

Месяц	пос. Двуреченск			г. Новоуральск			г. Лесной		
	Σβ	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	Σβ	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	Σβ	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Январь	0,6	нпо	} 0,26	0,5	нпо	} 0,53	0,3	0,11	} 0,35
Февраль	0,5	0,16		0,6	0,11		0,4	нпо	
Март	0,5	1,19		0,3	0,17		0,5	0,35	
Апрель	0,5	0,09	} 0,20	0,6	0,40	} 0,26	0,5	0,17	} 0,41
Май	0,7	нпо		0,3	0,15		0,7	0,08	
Июнь	0,5	нпо		0,5	0,30		0,4	0,15	
Июль	0,3	0,34	} 0,34	0,6	0,17	} 0,37	0,7	нпо	} 0,31
Август	0,3	нпо		0,8	0,08		0,5	0,29	
Сентябрь	0,5	0,24		0,6	0,21		0,7	0,24	
Октябрь	0,2	нпо	} 0,29	0,4	нпо	} 0,34	0,2	нпо	} 0,31
Ноябрь	0,3	0,39		0,4	0,46		0,4	0,16	
Декабрь	0,7	0,34		0,5	0,16		1,0	0,31	
Сумма, Бк/м ² ·год:									
2021 г.	172	2,8	1,1	183	2,2	1,5	183	1,9	1,4
2020 г.	190	0,6	2,5	253	1,1	1,8	278	0,8	1,9
2019 г.	245	1,2	5,8	252	0,3	3,8	223	1,1	5,5
2018 г.	281	2,1	5,2	263	1,4	5,6	277	3,0	4,4
2017 г.	266	1,8	7,4	266	1,7	4,7	212	3,9	4,0
Фон для Уральского региона, Бк/м ² ·год:									
2021 г.	215	1,9	1,3	215	1,9	1,3	215	1,9	1,3
2020 г.	260	0,6	1,2	260	0,6	1,2	260	0,6	1,2
2019 г.	248	0,8	2,3	248	0,8	2,3	248	0,8	2,3
2018 г.	248	0,7	2,3	248	0,7	2,3	248	0,7	2,3
2017 г.	240	0,1	3,1	240	0,1	3,1	240	0,1	3,1

Примечание: нпо – ниже предела обнаружения (≤ 0,001 Бк/м² · месяц).

Годовые значения $\Sigma\beta$ выпадений в Новоуральске в 2021 г. были в 1,4 раза ниже уровня 2020 г. ($253 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$) и составляли $183 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$, что ниже уровня региональных фоновых значений по Уральскому региону ($215 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$). Максимальные суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 г. были зарегистрированы в январе и составили $3,3 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{сут.}$ В 2021 г. годовые выпадения ^{137}Cs в Новоуральске ($2,2 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$) были в 2 раза выше значений 2020 г. ($1,1 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$), но в 1,2 раза выше регионального фонового уровня ($1,9 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$). Годовые выпадения ^{90}Sr в Новоуральске в 2021 г. уменьшились в 1,2 раза, по сравнению с уровнем 2020 г., и были незначительно выше фонового уровня Уральского региона. Среднее за год значение МАЭД в Новоуральске составило $0,10 \text{ мкЗв/ч}$, что находится на уровне радиационного фона по УФО ($0,11 \text{ мкЗв/ч}$).

Как и в случае с Двуреченском, источником загрязнения приземной атмосферы города ^{137}Cs и ^{90}Sr не является УЭХК, поскольку в выбросах предприятия присутствуют только изотопы урана. Наблюдаемые выпадения этих радионуклидов, вероятно, вызваны ветровым выносом с территории ВУРС.

Город Лесной

В Лесном (ранее – Свердловск-45) расположен ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор» (ЭХП) (основан в 1947 г.) – многопрофильное предприятие, выпускающее военную и гражданскую продукцию, в том числе осуществляющее утилизацию (демонтаж), сборку ядерных боеприпасов, производство стабильных изотопов. На комбинате происходит обогащение, а также разбавление урана, вследствие чего ЭХП выбрасывает в атмосферу радиоизотопы урана.

ЭХП осуществляет контроль следующих параметров радиационной обстановки в СЗЗ и ЗН: мощность эквивалентной дозы гамма-излучения; содержание радионуклидов в аэрозолях приземного слоя атмосферы; содержание радионуклидов в воде открытых водоёмов; содержание радионуклидов в подземных водах, содержание радионуклидов в снежном покрове, растительности, почве и донных отложениях [9].

Контроль объёмной активности воды поверхностных водных объектов проводится в следующих объектах: Нижнетуринское водохранилище, водохранилище на р. Тура, р. Большая Именная, р. Березовка, р. Выя в районе деревни Бушуевка. Измеряется объёмная активность питьевой воды, ливневых и очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод.

В 2021 г., по данным ЭХП, поступление радионуклидов в атмосферный воздух находилось в пределах установленных нормативов [19].

В 2021 г. среднегодовая суммарная активность урана в атмосферном воздухе составила $9,76 \cdot 10^{-3} \text{ Бк/м}^3$ в СЗЗ и $9,43 \cdot 10^{-3} \text{ Бк/м}^3$ в ЗН, что на порядок ниже значения ДОА_{НАС} ($4,0 \cdot 10^{-2} \text{ Бк/м}^3$).

Среднегодовая суммарная активность урана в водных объектах СЗЗ и ЗН была на два порядка ниже УВ ($3,0 \text{ Бк/кг}$) [8] и составила $0,08$ и $0,05 \text{ Бк/кг}$ соответственно. Среднее содержание трития в водных объектах контролируемых зон в 2021 г. было 39 Бк/кг в СЗЗ и в ЗН, что также на два порядка ниже УВ ($7,6 \cdot 10^3 \text{ Бк/кг}$).

В 2021 г. мощность дозы гамма-излучения на границе СЗЗ в среднем составляла $0,10 \text{ мкЗв/ч}$, что находится на уровне радиационного фона по УФО [19].

С 1992 г. в Лесном Уральское УГМС проводит наблюдения за атмосферными выпадениями радионуклидов с помощью горизонтального планшета с суточной экспозицией и за МАЭД ежедневно. Данные наблюдений и радионуклидного анализа проб выпадений приведены в табл. 2.6.3.

Годовые значения $\Sigma\beta$ выпадений в Лесном в 2021 г. (183 Бк/м²·год) были ниже значений 2020 г. (278 Бк/м²·год) в 1,5 раза и ниже уровня фоновых значений для Уральского региона (215 Бк/м²·год). Максимальное суточное значение $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 г. было зарегистрировано в сентябре и составило 4,1 Бк/м²·сут.

В 2021 г. годовые выпадения ¹³⁷Cs в Лесном составляли 1,9 Бк/м²·год, что в 2,4 раза выше, чем в 2020 г. (0,8 Бк/м²·год) и соответствует уровню фоновых выпадений по Уральскому региону (1,9 Бк/м²·год).

Годовые выпадения ⁹⁰Sr в 2021 г. были в 1,4 раза ниже уровня 2020 г. и незначительно превысили уровень регионального фона.

Среднегодовое значение МАЭД в Лесном в 2021 г. составляло 0,10 мкЗв/ч, что ниже уровня среднего по УФО значения (0,11 мкЗв/ч). Поскольку ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr не присутствуют в выбросах ЭХП, повышенные значения этих радионуклидов по сравнению с фоновыми вызваны ветровым выносом этих радионуклидов с загрязнённых территорий.

Таким образом, из приведённых данных радиационного мониторинга бета- и гамма-излучающих радионуклидов в пунктах расположения трёх РОО Свердловской области следует, что в 2021 г. выпадения из атмосферы ⁹⁰Sr за год в двух рассматриваемых населённых пунктах незначительно превышали уровень фоновых выпадений по Уральскому региону.

2.6.2. Свердловское отделение филиала «Уральский территориальный округ» ФГУП «ФЭО»

Свердловское отделение филиала «Уральский территориальный округ» ФГУП «ФЭО» (ПХРО) расположено в 20 км к северу от г. Екатеринбурга на территории ГО Верхняя Пышма вблизи п. Крутой. ПХРО обслуживает Свердловскую, Тюменскую области и Пермский край. На территории ПХРО имеются хранилища для твёрдых, жидких радиоактивных отходов и источников ионизирующих излучений.

Контроль радиационной обстановки в 100-км зоне ПХРО осуществляется Уральским УГМС. Поскольку 100-км зона ПХРО практически совпадает со 100-км зоной вокруг Белоярской АЭС, сеть радиационного мониторинга Росгидромета является общей для этих двух объектов. Результаты контроля за радиоактивным загрязнением окружающей среды в этой зоне будут подробно рассмотрены в разделе 4.2, посвящённом Белоярской АЭС, где на рис. 4.2.2 приведено расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне ПХРО. Здесь рассматриваются данные, относящиеся к радиационной обстановке в пунктах, расположенных в 10- и 30-км зонах вокруг ПХРО.

В 30-км зоне ПХРО находятся два пункта наблюдения (Екатеринбург и Сарапулка), в которых проводятся стационарные наблюдения за МАЭД, за атмосферными выпадениями с помощью горизонтальных планшетов с суточной экспозицией. Кроме этого, в Екатеринбурге дополнительно на шести постах измеряется МАЭД.

Среднегодовые суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в 30-км зоне ПХРО в 2021 г. (табл. 2.6.4) составляли 0,56 Бк/м²·сут, что несколько ниже уровня фоновых значений, характерных для Уральского региона (0,59 Бк/м²·сут). Максимальные суточные выпадения наблюдались в Екатеринбурге – в мае (4,48 Бк/м²·сут), в Сарапулке – в июле (2,70 Бк/м²·сут).

Таблица 2.6.4

Среднемесячные (с), максимальные суточные (м) и среднегодовые значения $\Sigma\beta$ выпадений в 30-км зоне вокруг Свердловского отделения филиала «Уральский территориальный округ» ФГУП «ФЭО», Бк/м²·сут (данные Уральского УГМС)

Пункт наблюдений		Месяц												Среднегодовое	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.
Екатеринбург	с	0,72	0,68	0,46	0,72	0,70	0,38	0,53	0,45	0,69	0,42	0,51	0,70	0,58	0,65
	м	3,3	2,5	1,0	3,0	4,5	1,1	1,6	3,4	2,9	1,3	1,8	2,7		
Сарапулка	с	0,45	0,64	0,70	0,89	0,52	0,37	0,45	0,37	1,66	0,66	0,53	0,34	0,55	0,67
	м	1,2	1,8	1,5	2,5	2,1	1,8	2,7	2,6	2,2	2,4	2,1	1,5		
Среднее:	2021 г.	0,59	0,66	0,58	0,81	0,61	0,38	0,49	0,41	0,68	0,54	0,52	0,52	0,56	
	2020 г.	0,59	0,47	0,59	0,93	0,63	0,50	0,84	0,92	0,88	0,52	0,58	0,49		
Фон для Уральского региона:	2021 г.	0,58	0,59	0,52	0,59	0,64	0,54	0,69	0,65	0,65	0,55	0,50	0,62	0,59	
	2020 г.	0,62	0,56	0,66	0,67	0,73	0,56	0,76	0,82	0,67	0,81	0,69	0,62		

МАЭД в пяти пунктах 10-км зоны наблюдения (Балтым, Кедровка, Красный, Новоберезовский, Монетный) в 2021 г. колебалась в диапазоне 0,09–0,11 мкЗ/ч при среднем значении 0,10 мкЗв/ч, что соответствует фоновому уровню по Уральскому региону (0,11 мкЗв/ч).

2.6.3. Челябинское отделение филиала «Уральский территориальный округ» ФГУП «ФЭО»

Челябинское отделение филиала «Уральский территориальный округ» ФГБУ «РАДОН» (ПХРО) расположено в 55 км на север от г. Челябинска и в 6 км от деревни Чишма. ПХРО производит хранение твёрдых РАО и отработавших ИИИ. Выбросов и сбросов в окружающую среду ПХРО не производит.

Расположение ПХРО и пунктов радиационного мониторинга показано на рис. 3.11.1 в разделе 3.11. ПХРО попадает в зону ВУРС и 100-км зону ПО «Маяк», поэтому выделить влияние ПХРО на окружающую природную среду не представляется возможным.

Значения выпадений $\Sigma\beta$ в пункте наблюдения, характеризующем радиационную обстановку в зоне ПХРО, отражены в табл. 2.6.5. Там же приведены среднемесячные и среднегодовые значения по 30-км зоне наблюдения вокруг ПХРО и значения регионального фона.

Таблица 2.6.5

Среднемесячные (с), максимальные суточные (м) и среднегодовые значения $\Sigma\beta$ выпадений в 30-км зоне Челябинского отделения филиала «Уральский территориальный округ» ФГУП «ФЭО», Бк/м²·сут (данные Уральского УГМС)

Пункт наблюдений		Месяц												Среднегодовое	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.
Аргаяш	с	0,67	0,54	0,63	0,56	0,51	0,58	0,61	0,67	0,68	0,68	0,57	0,56	0,61	0,73
	м	1,1	0,96	1,5	1,1	1,1	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,3	1,0		
Фон для Уральского региона:	2021 г.	0,58	0,59	0,52	0,59	0,64	0,54	0,69	0,65	0,65	0,55	0,50	0,62	0,59	
	2020 г.	0,58	0,60	0,69	0,85	0,73	0,66	0,76	0,98	0,72	0,72	0,70	0,55		

В 2021 г. среднегодовое значение $\Sigma\beta$ выпадений в зоне влияния ПХРО (0,61 Бк/м²·сут) находится ниже уровня 2020 г. и незначительно превысило уровень регионального фона (0,59 Бк/м²·сут).

Выводы

Радиационная обстановка на территории УФО вне 100-км зон ПО «Маяк» и Белоярской АЭС и загрязнённых вследствие радиационных аварий территорий в 2021 г. была стабильной. Содержание в приземном слое атмосферы ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs вне указанных территорий было на шесть-семь порядков

ниже установленных в НРБ-99/2009 нормативов. Влияние ветрового выноса радионуклидов с территории Восточно-Уральского радиоактивного следа и сбросов ПО «Маяк» прослеживается на большие расстояния и в воздушной, и водной средах. В Свердловской, Челябинской и Курганской областях в отличие от других территорий РФ наблюдаются выпадения ^{90}Sr . На фоне влияния ВУРС выделить влияние РОО второй и третьей категории практически невозможно, но радиационная обстановка в этих районах по-прежнему требует пристального внимания и постоянного контроля.

2.7. Сибирский федеральный округ

Общая информация по округу

Сибирский федеральный округ (СФО) – федеральный округ в сибирской части Российской Федерации. Образован Указом Президента РФ от 13 мая 2000 года.

Административный центр и крупнейший город округа – Новосибирск, является также крупнейшим городом в азиатской части России.

Указом Президента России № 632 от 3 ноября 2018 года из состава федерального округа исключены Республика Бурятия и Забайкальский край, данные территории переданы в Дальневосточный федеральный округ [18].

В состав СФО входят 10 субъектов РФ: Республика Алтай, Республика Тыва, Республика Хакасия, Алтайский край, Красноярский край, Иркутская, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская области.

Общая территория округа – 4361,8 тыс. км² (25,5 % территории России). Протяжённость государственной границы – 4348 км, в том числе: с Республикой Казахстан – 2690 км; с Монголией – 1603 км; с Китайской Народной Республикой – 55 км.

СФО граничит: на севере – с Ямало-Ненецким автономным округом; на западе – с Тюменской областью, Ямало-Ненецким автономным округом, Ханты-Мансийским автономным округом; на востоке – с Республикой Саха (Якутия), Забайкальским краем, Республикой Бурятия; на юге – с Республикой Казахстан, Монголией, Китайской Народной Республикой, Республикой Бурятия. В СФО на 1 января 2021 г. проживают 17 003,9 тыс. человек (11,6 % численности населения России).

Согласно [2], на территории СФО размещены следующие РОО: АО «Ангарский электролизный химический комбинат» (г. Ангарск Иркутской области), АО «Опытно-демонстрационный центр вывода из эксплуатации уран-графитовых ядерных реакторов» (г. Северск Томской области), АО «Производственное объединение «Электрохимический завод» (г. Зеленогорск Красноярского края), АО «Сибирский химический комбинат» (г. Северск Томской области), ПАО «Новосибирский завод химконцентратов» (г. Новосибирск), Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск), ФГУП «Горно-химический комбинат» (г. Железногорск Красноярского края), ФГУП «Производственное объединение «Север» (г. Новосибирск). Также работают ПХРО в г. Иркутск и г. Новосибирск, являющиеся отделениями филиала «Сибирский территориальный округ» ФГУП «ФЭО».

Организация радиационного мониторинга

Радиационный мониторинг на территории СФО осуществляют Северное (Диксон), Западно-Сибирское, Обь-Иртышское (по Омской области), Среднесибирское, Иркутское УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун». В составе СРМ на территории округа действуют 168 пунктов по измерению МАЭД, 66 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных выпадений с помощью марлевых планшетов (экспозиция проб – одни сутки); 13 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных аэрозолей с помощью ВФУ, шесть пунктов по отбору проб осадков и два пункта по отбору проб поверхностных вод для анализа на содержание трития, четыре пункта по отбору проб поверхностных вод для анализа на содержание ^{90}Sr (рис. 2.7.1).

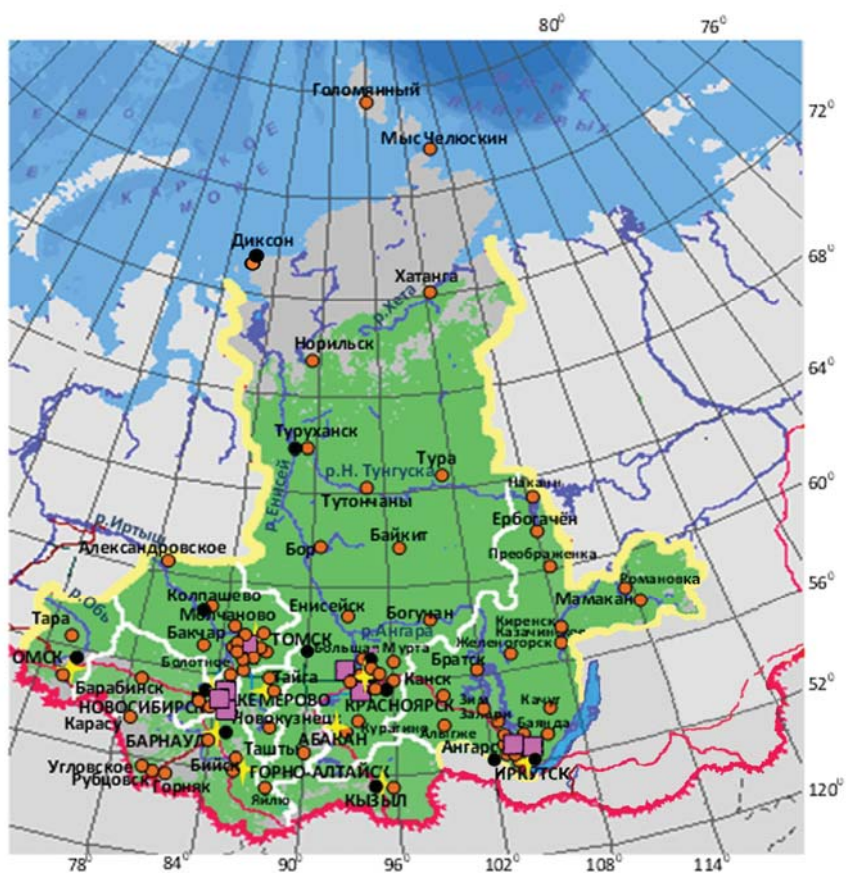


Рис. 2.7.1. Расположение пунктов наблюдения за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы и РОО на территории Сибирского федерального округа:

- – отбор радиоактивных аэрозолей с помощью воздухофильтрующих установок;
- – отбор радиоактивных выпадений с помощью планшетов;
- – радиационно опасные объекты;
- ✦ – центры субъектов РФ;
- — магистральные федеральные автодороги;
- — прочие федеральные автодороги;
- — границы субъектов РФ;
- ▭ — границы федеральных округов;
- — государственная граница.

Анализ отобранных проб радиоактивных аэрозолей и выпадений на содержание суммарной β -активности проводится в трёх радиометрических группах и четырёх радиометрических лабораториях. В радиометрических лабораториях дополнительно проводится гамма-спектрометрический

анализ проб. В лабораториях Западно-Сибирского УГМС дополнительно проводится радиохимический анализ проб (^{90}Sr). В лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун» проводится анализ проб объектов окружающей среды на содержание ^{90}Sr в пресных и морских водах и трития.

Радиационная обстановка

Радиационный фон

Среднегодовые и максимальные суточные величины МАЭД, измеренные СРМ в 2021 г. на территории СФО, приведены в табл. 2.7.1. Необходимо отметить, что в Красноярском крае, Республике Хакасия и Республике Тыва значительное количество пунктов наблюдения используют для измерения МАЭД оборудование с относительно высоким нижним пределом измерения - 0,45 мкЗв/ч. Результаты измерений на таких пунктах измерения МАЭД не использовались при определении среднегодовых и максимально измеренных значениях, так как уровней МАЭД, превышающих 0,45 мкЗв/ч, в пунктах наблюдения в СФО обнаружено в 2021 г. не было. Количество пунктов, использующих оборудование с нижним пределом измерения 0,45 мкЗв/ч, в табл. 2.7.1 приведено в скобках рядом с общим количеством пунктов наблюдений за МАЭД.

Таблица 2.7.1

Среднегодовые и максимальные измеренные значения МАЭД в СФО в 2021 г., мкЗв/ч

Расположение пунктов наблюдения	Общее количество пунктов	Среднегодовые	Максимальные измеренные
Алтайский край	26	0,09	0,23
Красноярский край*	51 (38*)	0,12 (по 13 пунктам)	0,21 (по 13 пунктам)
Республика Алтай	9	0,13	0,23
Республика Тыва*	11 (11*)	**	**
Республика Хакасия*	5 (5*)	**	**
Иркутская область	45	0,14	0,32
Кемеровская область	14	0,12	0,23
Омская область	19	0,12	0,23
Томская область	13	0,10	0,23
Новосибирская область	28	0,13	0,22
Диксон	1	0,07	0,10
СФО	168	0,10 (по 9 субъектам)	0,32 (по 9 субъектам)

Примечание: * – количество пунктов, оборудование которых имеет относительно высокий нижний предел измерения МАЭД (от 0,45 мкЗв/ч);

** – в течение года на каждом из пунктов наблюдений использовалось оборудование с нижним пределом измерения МАЭД от 0,45 мкЗв/ч.

В 2021 году из перечисленного в табл. 2.7.1 общего количества пунктов наблюдений часть пунктов работала, используя для измерения МАЭД оборудование с нижним пределом измерения 0,45 мкЗв/ч в течение всего года, а часть – некоторый период – от 1 до 6 мес. В табл. 2.7.2 приведены более подробные данные за 2021 год.

Таблица 2.7.2

Данные по количеству пунктов наблюдения в субъектах СФО в 2021 г., использующих для измерения МАЭД оборудование с нижним пределом измерения 0,45 мкЗв/ч

Расположение пунктов наблюдения	Количество пунктов	Количество пунктов, где применяется для измерения МАЭД, и период использования в течение года			
		12 мес.	от 3 до 6 мес.	2 мес.	1 мес.
Красноярский край	38	13	9	11	5
Республика Тыва	11	10	не применялось	1	не применялось
Республика Хакасия	5	3	2	не применялось	не применялось

Измеренные значения МАЭД в 2021 году в целом соответствовали аналогичным уровням МАЭД на территории СФО за 2020 год. Однако данные по МАЭД, полученные от пунктов

наблюдений из табл. 2.7.2, учитывались только для оценки наличия уровня загрязнения в месте расположения пункта наблюдения, превышающего в 3 раза фоновый уровень.

Приземная атмосфера

Наблюдения за объёмной активностью радионуклидов в приземном слое атмосферы проводятся в 6 из 10 субъектов Федерации округа на 13 пунктах наблюдения (рис. 2.7.1). В табл. 2.7.3 приведены данные СРМ о среднегодовой объёмной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в населённых пунктах СФО [3].

Таблица 2.7.3

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в отдельных населённых пунктах СФО, 10^{-7} Бк/м³

Пункты наблюдения	^{137}Cs ,			^{90}Sr		
	2021 г.	2020 г.	2019	2021	2020 г.	2019 г.
Красноярский край						
Большая Мурга	нпо	1,9	1,5	0,70	0,95	1,1
Красноярск	нпо	нпо	нпо	0,50	0,50	0,5
Сухобузимское	нпо	2,2	1,7	4,20	0,70	4,4
Уяр	1,1	1,4	1,8	0,90	1,5	2,2
Туруханск	нпо	нпо	нпо	0,35	0,35	0,4
Диксон	нпо	нпо	0,1	-	0,10	0,1
Алтайский край						
Барнаул	нпо	1,6	3,1	0,60	0,60	0,4
Томская область						
Колпашево	нпо	нпо	нпо	0,20	0,35	0,4
Томск	нпо	нпо	нпо	1,05	1,75	1,9
Омская область						
Омск	нпо	1,3	2,2	2,80	3,0	2,7
Иркутская область						
Иркутск	нпо	3,6	1,2	3,30	6,0	3,6
Ангарск	нпо	нпо	1,0	2,20	2,05	2,5
Республика Тыва						
Кызыл	нпо	нпо	нпо	0,80	0,35	1,1

Примечания: нпо – консервативная оценка нижнего предела обнаружения для соответствующего пункта принята равной $1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³;

Более высокие, по сравнению со средними значениями по округу за 2021 г. ($1,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), уровни объёмной активности ^{137}Cs в 2021 г. наблюдались с июля по сентябрь в Иркутске ($2,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и также с июля по сентябрь в пункте Уяр ($1,8 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Средневзвешенное значение объёмной активности ^{137}Cs на территории СФО в 2021 г. можно оценить по этому показателю на территории Западной Сибири – $0,9 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, на территории юга Восточной Сибири – $1,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ и на Заполярье – около $0,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. В целом, без учёта Заполярья, средневзвешенное значение объёмной активности ^{137}Cs на территории СФО было сопоставимо со средневзвешенным по территории РФ в 2021 г.— $1,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в атмосферном воздухе на территории СФО в 2021 г. варьировала в пределах от $0,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (на ст. Колпашево) до $4,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (на ст. Сухобузимское) (табл. 2.7.3). В большинстве населённых пунктов, в которых проводятся наблюдения, среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr отличалась от значений, зафиксированных в 2020 г., незначительно. Средняя по округу объёмная активность ^{90}Sr , по сравнению с 2020 г., осталась примерно на том же уровне.

В целом наблюдаемые объёмные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr на территории СФО на шесть-семь порядков ниже пределов, установленных НРБ-99/2009 [4].

Радиоактивные выпадения

Значения суммарной плотности выпадений ^{137}Cs по территориям СФО в 2021 г. составили: для района Заполярья – не более 0,04 Бк/м²·год, для Западной Сибири – 0,29 Бк/м²·год, для юга Восточной Сибири – 0,05 Бк/м²·год. Такие показатели в целом соответствуют уровням 2020 г. на этих территориях.

Среднегодовые значения по суммарной β -активности выпадений радионуклидов в сутки на территории СФО за год в 2021 г. находились в диапазоне от 0,53 Бк/м²·сут (в пункте Диксон) до 4,92 Бк/м²·сут (в Иркутской области) и были несколько выше зафиксированных в 2020 году – от 0,59 до 3,43 Бк/м²·сут соответственно. Средневзвешенные значения суммарной β -активности выпадений по Западной Сибири в 2021 г. находились на уровне 1,40 Бк/м²·сут и в целом были на уровне 2020 года (1,20 Бк/м²·сут).

Поверхностные воды и атмосферные осадки

Объёмные активности трития в водах рек Енисей (пункт отбора – Игарка) и Нижняя Тунгуска (пункт отбора – Тура) в 2021 г. находились в течение года на уровне 1,8 и 1,6 Бк/л соответственно и в целом были на уровне 2020 года.

Объёмная активность трития в осадках на территории СФО в 2021 г. определялась в 6 пунктах (табл. 2.7.4). Из табл. 2.7.4 видно, что среднегодовая объёмная активность трития в осадках в субъектах Федерации на территории СФО изменялась в пределах от 1,4 Бк/л (в пункте Диксон) до 2,2 Бк/л (в Иркутске). Среднее содержание трития в осадках на территории СФО – 1,9 Бк/л, это несколько выше среднего значения для всей территории России (1,4 Бк/л).

Таблица 2.7.4

Объёмная активность радионуклидов в осадках и поверхностных водах на территории СФО в 2020 г. (данные Западно-Сибирского УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Пункты наблюдения	Осадки	Реки	
	^3H , Бк/л	^3H , Бк/л	^{90}Sr , мБк/л
Красноярский край			
Диксон	1,4 (1,2)		
Енисейск	2,2 (1,9)		
Тура (Нижняя Тунгуска)	1,9 (1,7)	1,6 (1,5)	
Игарка (Енисей)		1,8(1,6)	5,0 (5,3)
Иркутская область			
Иркутск	2,2 (2,0)		
Исток Ангары (р. Ангара)			5,8 (6,1)
Новосибирская область			
Новосибирск	1,9 (1,7)		
Омская область			
Омск	2,0 (1,7)		
Республика Алтай			
СФМ Яйлю (р. Кокша)			5,5 (4,5)
Среднее по СФО	1,9 (1,7)	1,7(1,6)	5,4 (5,3)
Среднее по АТР			4,5 (4,7)

Примечание: в скобках приведены данные за 2020 год.

Усреднённая объёмная активность ^{90}Sr в реках на территории СФО (табл. 2.7.4) в целом находилась на уровне 2020 г. и составила 5,4 мБк/л, что в целом близко к среднему значению для рек АТР – 4,5 мБк/л. Содержание ^{90}Sr в реках СФО изменялась от 5,0 мБк/л в р. Енисей до 5,8 мБк/л – в р. Ангара, что на три порядка ниже норматива для питьевой воды по НРБ-99/2009 (для ^{90}Sr УВ = 5 Бк/л).

Ниже приводятся результаты мониторинга радиационной обстановки в 100-км зонах основных РОО, расположенных на территории СФО.

2.7.1. ПАО «НЗХК»

Предприятие ядерного топливного цикла ПАО «Новосибирский завод химконцентратов» (НЗХК) расположено в Калининском районе г. Новосибирска (северная часть города). НЗХК представляет собой комплекс химических и машиностроительных производств по выпуску топлива для энергетических и исследовательских реакторов, лития и его соединений. В 3–4 км к северо-востоку от НЗХК расположено хранилище РАО (хвостохранилище), содержащее радионуклиды уранового ряда, литий и ртуть. Хвостохранилище функционирует с 1949 года. Объём хвостохранилища составляет 384000 м³. Ежегодное количество образующихся РАО в НЗХК составляет примерно 380 тонн. Отходы в основном в виде низкоактивной суспензии (пульпы) гидротранспортом доставляются по пульпопроводу на хвостохранилище непосредственно с территории НЗХК. Граница единой санитарно-защитной зоны промышленного узла НЗХК (г. Новосибирск, ул. Богдана Хмельницкого, 94) установлена на основании влияния источников химического и физического воздействия на атмосферный воздух по границе земельного участка во всех направлениях.

Граница санитарно-защитной зоны хвостохранилища и пульпопровода НЗХК установлена:

- по границе территории хвостохранилища, с включением в территорию санитарно-защитной зоны участка аномального радиоактивного загрязнения территории в пойме ручья Пашенка (аномалия в тальвеге Пашинского болота);
- на расстоянии 20 м в каждую сторону от пульпопровода, с включением в территорию санитарно-защитной зоны рекультивированного участка радиоактивного загрязнения территории вдоль железнодорожной магистрали и ложбины к югу от неё.

С территории и хвостохранилища вытекает ручей Пашенский. Вблизи хвостохранилища расположено оз. Круглое, в которое впадает ручей Пашенский.

В результате деятельности НЗХК через вентиляционные системы производственных цехов НЗХК и из хвостохранилища происходит поступление радионуклидов в окружающую среду (природный и обогащённый уран и продукты его распада (радий, радон и т. д.)). Поступление ^{222}Rn в атмосферу происходит в основном с поверхностной части хвостохранилища. Источником поступления радионуклидов в окружающую среду этого района является не только НЗХК, но и ТЭЦ-4.

Источником технической и хозяйственной воды на НЗХК является р. Обь. До 01.02.2006 г. р. Обь являлась также и приёмником сточных вод НЗХК. В настоящее время сброс радионуклидов в открытую гидрографическую сеть НЗХК не производит. Однако в верховье ручья Пашенский расположено хвостохранилище, предназначенное для приёма и хранения отходов производства и постепенного накопления жидкой фазы технологической воды, остающейся в секции из-за превышения приходной части водного баланса над расходной.

Хвостохранилище состоит из выведенной из эксплуатации и законсервированной секции № 1, действующей секции № 2 и не введенной в эксплуатацию секции № 3. Секцию № 1 хвостохранилища (площадь 12 га) эксплуатировали с 1954 по 1964 год. В 1990 г. было начато осушение и засыпка 1-й секции. Работы по реабилитации закончены в 2003 году. Секция № 2 хвостохранилища устроена ниже 1-й секции в естественном овраге – главной развивающейся вершине Пашинского лога, перегороженном дамбой в пониженной его части. Эксплуатация 2-й секции начата в 1964 г. и продолжается в настоящее время. Инженерные гидроизолирующие барьеры отсутствуют. Часть жидкой фазы испаряется, часть фильтруется через дамбу и борта секции. Вода, профильтровавшаяся через дамбу, собирается специально устроенной дренажной системой и перекачивается обратно во 2-ю секцию автоматической насосной станцией. Фильтрация через борта подпитывает грунтовые воды, частично выклинивающиеся в лог. Существует также потенциальная возможность попадания радионуклидов из секций-отстойников в грунтовые воды. Контроль радиационной обстановки в зоне радиусом 100 км вокруг НЗХК проводится подразделениями Западно-Сибирского УГМС. Основное внимание уделяется территории вблизи предприятия (в радиусе 5–7 км).

Радиационный мониторинг в контролируемой зоне НЗХК в 2021 г. силами Западно-Сибирского УГМС был организован следующим образом:

- на метеостанциях Огурцово (15 км от НЗХК, рис. 2.7.2) и Болотное (100-км зона наблюдения НЗХК и АО «Сибирский химический комбинат») проводились наблюдения за радиоактивностью атмосферных выпадений путём ежесуточного отбора проб с помощью марлевого горизонтального планшета без бортиков;
- производится измерение МАЭД в рабочие дни с использованием дозиметрического оборудования автомобильной лаборатории радиационной разведки (АЛРР);
- на 5 станциях 100-км зоны (пп. Болотное, Колывань, Коченёво, Чулым, Огурцово) и дополнительно на пяти постах наблюдения в разных районах г. Новосибирска ежедневно в каждый синоптический срок (8 раз в сутки) измерялась МАЭД гамма-излучения;
- в мае, июле и сентябре проводились обследования радиоактивного загрязнения оз. Круглое и ручья Пашенский – измерение МАЭД, отбор проб воды и донных отложений (рис. 2.7.3);
- в трёх населённых пунктах ближней контролируемой зоны НЗХК отбирались пробы питьевой воды (рис. 2.7.3) для анализа на содержание контролируемых радионуклидов;
- в контрольных точках ближней 5–7-км зоны наблюдения вокруг НЗХК ежемесячно проводились маршрутные гамма-съёмки (рис. 2.7.3);
- в двух точках в марте были отобраны пробы снега;
- один раз в год проводилась маршрутная гамма-съёмка с интервалом 40 м вдоль пульпопровода на расстоянии 3–5 м от трубы с обеих сторон пульпопровода (рис. 2.7.4).



Рис. 2.7.2. Схема радиационного контроля 100-км зоны НЗХК:

- — территория г. Новосибирска;
- пульпопровод от НЗХК к хвостохранилищу;
- — хвостохранилище;
- ▲ — воздухофильтрующая установка;
- П — горизонтальный планшет;
- — отбор воды из р. Обь в с. Дубровино на радиоактивное загрязнение Sr-90.

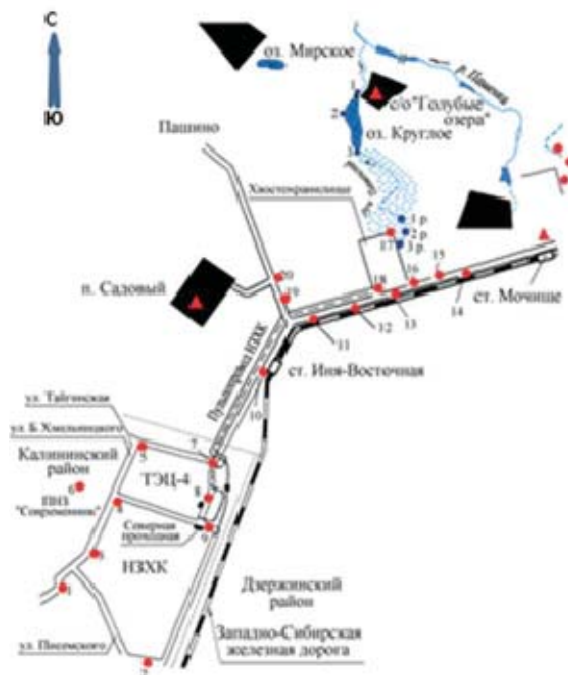


Рис. 2.7.3. Расположение пунктов радиационного мониторинга в ближней зоне вокруг НЗХК и хвостохранилища НЗХК:

- — отбор проб снега и ежемесячный контроль МАЭД;
- — отбор проб воды и донных отложений;
- ▲ — отбор проб питьевой воды.

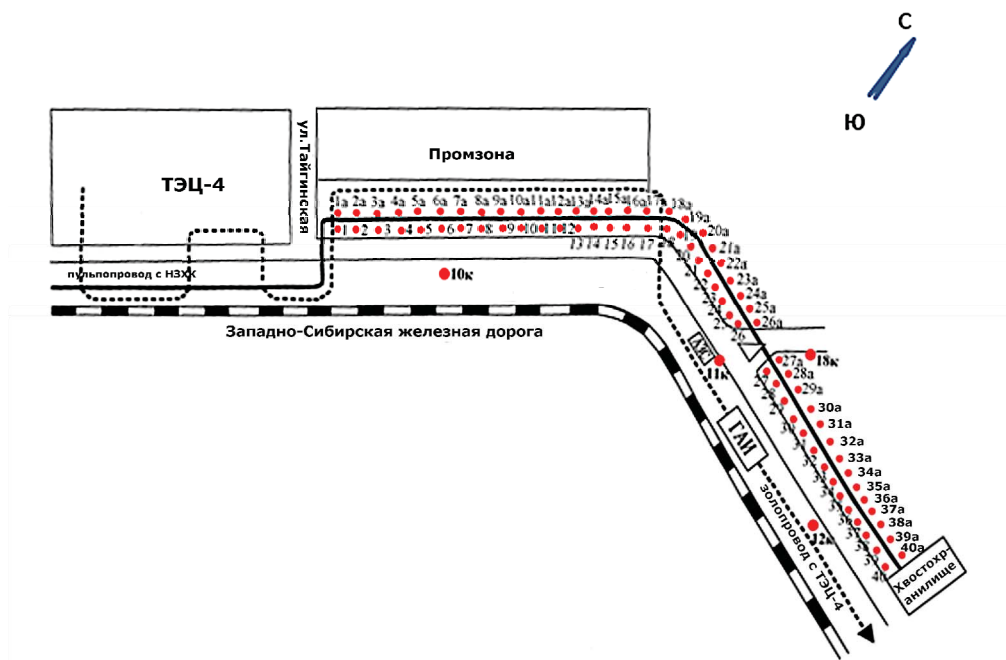


Рис. 2.7.4. Схема расположения точек контроля радиационной обстановки в районе пульпопровода НЗХК:

□ – дорога с асфальтовым покрытием;

10к; 11к; 12к; 18к – точки отбора проб почвы и ежемесячного контроля МАЭД в контролируемой зоне НЗХК;

1–40, 1а–40а – точки измерения гамма-фона вдоль пульпопровода НЗХК.

Приземная атмосфера

Результаты наблюдений за радиоактивностью атмосферных выпадений в п. Огурцово за 2021 и 2020 годы приведены в табл. 2.7.5.

Таблица 2.7.5

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения суммарной β -активности выпадений (Бк/м²·сут) в приземном слое атмосферы в п. Огурцово (данные Западно-Сибирского УГМС)

Месяц		2021	2020
Январь	с	1,02	0,78
	м	1,92	1,75
Февраль	с	0,92	0,88
	м	2,47	2,05
Март	с	0,88	1,01
	м	2,08	1,83
Апрель	с	0,98	1,19
	м	3,51	3,31
Май	с	0,82	1,45
	м	2,38	2,60
Июнь	с	1,14	1,08
	м	2,39	2,21
Июль	с	0,59	0,76
	м	1,47	1,46
Август	с	0,84	1,60
	м	1,93	5,51
Сентябрь	с	0,90	1,40
	м	2,22	3,97
Октябрь	с	0,54	1,54
	м	1,54	3,86
Ноябрь	с	0,71	0,76
	м	1,71	1,66
Декабрь	с	0,69	1,03
	м	1,51	3,02
Усреднённое за год (Бк/м ² ·сут)		0,84	1,12

Из табл. 2.7.5 видно, что среднегодовые значения выпадений β -активности в п. Огурцово в 2021 г. несколько ниже уровня 2020 года. Случаев превышения фоновых значений выпадений в 10 и более раз в 2021 г. зафиксировано не было.

В 100-км зоне вокруг НЗХК наблюдения за радиоактивностью атмосферных выпадений также велись в п. Болотное. Среднемесячные и максимальные суточные значения для этого пункта в целом соответствовали значениям, фиксируемыми в п. Огурцово. Относительно большие различия наблюдались только для максимальных суточных значений суммарной β -активности выпадений, зафиксированных в п. Болотное: в январе – 3,6 (Бк/м²·сут) и ноябре – 3,8 (Бк/м²·сут).

Радиационный фон на местности

В 100-км зоне наблюдения НЗХК в 2021 г. среднегодовая мощность дозы гамма-фона была равна 0,12 мкЗв/ч. Максимальное значение МАЭД – 0,22 мкЗв/ч – было измерено на метеостанции Колывань в октябре 2021 года.

На метеостанции Болотное Новосибирской области (100-км зона наблюдения РОО СХК Томской области) максимальные значения МАЭД не превышали значения 0,11 мкЗв/ч.

В г. Новосибирске (по данным постов наблюдения) среднегодовая МАЭД была равна 0,12 мкЗв/ч, максимальное значение МАЭД было зафиксировано в Центральном районе в ноябре 2021 г. и составило 0,17 мкЗв/ч.

В 5-км зоне вокруг НЗХК в конце марта был проведён отбор проб снега в двух контрольных точках – т. 4 и т. 6 (рис. 2.7.3). Мощности дозы гамма-излучения на высоте 3–4 см и 1 м от уровня снега в точках 4 и 6 и варьировалась в пределах от 0,10 до 0,11 мкЗв/ч.

В ближней зоне наблюдения НЗХК (5–7 км) в 2021 г. было проведено 11 маршрутных гамма-съёмок, в ходе которых были выполнены измерения МАЭД на высоте 1 м от поверхности земли. В течение года значения МАЭД вокруг предприятия НЗХК (т. 1–20, за исключением т. 16 и т. 17, рис. 2.7.3) изменялись в пределах от 0,06 до 0,24 мкЗв/ч. Вдоль пульпопровода (т. 10–12, рис. 2.7.3) наблюдались значения от 0,06 до 0,17 мкЗв/ч, вокруг хвостохранилища (т. 13–15; 18–20, рис. 2.7.3) – от 0,06 до 0,17 мкЗв/ч. В целом среднегодовые значения уровня МАЭД гамма-излучения в 2021 г. в 5–7-км зоне вокруг территории НЗХК остались на уровне предыдущих лет и находились в диапазоне от 0,10 до 0,12 мкЗв/ч. Максимальное значение МАЭД было зафиксировано в январе и мае 2021 г. в контрольной точке № 8 (рядом с домиком работников железнодорожной ветки) и составило 0,24 мкЗв/ч.

В сентябре 2021 г. была проведена плановая маршрутная гамма-съёмка вдоль пульпопровода НЗХК (рис. 2.7.4). Измерения мощности дозы гамма-излучения проводились на высоте 1 м по 40 контрольным точкам через каждые 40 м на расстоянии 3–5 м от трубы с правой стороны пульпопровода (т. 1–40) и с левой – т. 1а–40а. Признаков протекания радиоактивных отходов из труб пульпопровода при визуальном осмотре не обнаружено, но на некоторых участках трубы были выявлены дефекты теплоизоляции. В 2016–2019 гг. на протяжении всего пульпопровода производилась замена фрагментов старой изоляции на новую. В ходе обследования территории пульпопровода в 2021 г. также наблюдался небольшой ремонт теплоизоляции. Мощность дозы гамма-излучения вдоль всего пульпопровода в 2021 г. с правой стороны находилась в пределах 0,09–0,18 мкЗв/ч, с левой – 0,09–0,28 мкЗв/ч. При этом можно отметить, что наблюдаемые значения МАЭД в 2021 году

в т. 4а и т. 5а (0,23 и 0,28 мкЗв/ч) существенно снизились по сравнению с 2019 годом (от 0,18 до 0,62 мкЗв/ч) и 2020 годом (0,36 и 0,86 мкЗв/ч).

Вода, донные отложения и почва

В период весеннего паводка на хвостохранилище НЗХК возможен стихийный сброс загрязнённых радионуклидами вод из водоёма-отстойника на рельеф местности. Кроме того, возможно просачивание этих вод сквозь дамбу. Через ручей Пашинский эти воды попадают в оз. Круглое (рис. 2.7.3). Поскольку озеро доступно жителям Новосибирска, оно находится под постоянным радиационным контролем Западно-Сибирского УГМС.

В 2021 г. отбор проб воды в ручье Пашинский (т. 2р и т. 3р, рис. 2.7.3) и в оз. Круглое (тт. 1–3, рис. 2.7.3) проводился в мае, июле и сентябре. В местах отбора проб воды в сентябре производился отбор проб донных отложений. Результаты измерения содержания радионуклидов в воде и донных отложениях в озере и ручье в 2021 г. представлены в табл. 2.7.6.

Радионуклидный анализ проб донных отложений в оз. Круглое в 2020-2021 гг. показал, что имеет место относительно высокое содержание радионуклида ²²⁶Ra, который является продуктом переработки урановых руд.

Содержание ¹³⁷Cs в донных отложениях исследуемых водоёмов в 2021 г. не превышало фоновых уровней и в целом соответствовало уровню 2020 года.

Таблица 2.7.6

Удельная активность донных отложений (Бк/кг), отобранных в оз. Круглое и ручье Пашинский, а также МАЭД (мкЗв/ч) в точках отбора проб (данные Западно-Сибирского УГМС)

Точки отбора проб	МАЭД, мкЗв/ч		Удельная активность в донных отложениях**, Бк/кг			
	3–4 см	1 м	²³² Th	²²⁶ Ra	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
оз. Круглое						
т. 1	0,15	0,12	25,3	38,7	<0,1	435
т. 2	0,15	0,13	26,0	39,6	<0,1	392
т. 3*	0,15	0,13				
Среднее / максимальное:						
2021 г.			25,6	39,2	<0,1	414
2020 г.			25,5	34,1	<0,1	460
ручей Пашинский						
т. 2р	0,28	0,24	9,8	63,7	<0,1	409
т. 3р	0,13	0,14	16,3	11,1	<0,1	421
Среднее / максимальное:						
2021 г.			13,0	37,4	<0,1	415
2020 г.			16,5	52,9	<0,1	412

Примечания: * – в т. 3 отбор донных отложений не выполнялся;

** – данные по результатам отбора в сентябре 2021 года в т. 1 и т. 2.

Результаты анализа проб пресной воды, отобранных в мае, июле и сентябре 2021 г. в контрольных точках оз. Круглое и р. Пашинский, показали, что относительно 2020 г. величины объёмной α- и β-активности увеличились.

Величины объёмной β-активности в оз. Круглое находились в диапазоне от 0,51 до 4,22 Бк/л. Максимальное значение было зафиксировано в сентябре в т.3. При этом в июле и сентябре измеренные значения объёмной β-активности во всех контрольных точках превысили контрольную величину для питьевой воды по НРБ-99/2009 (1,0 Бк/л). Величины объёмной α-активности в оз. Круглое находились в диапазоне от 0,01 до 0,52 Бк/л. Максимальное значение было зафиксировано в

сентябре в т.2. При этом в сентябре измеренные значения объёмной α -активности в контрольных точках 2 и 3 превысили контрольную величину для питьевой воды по НРБ-99/2009 (0,2 Бк/л).

В ручье Пашинский пробы пресной воды отбирались в контрольных точках 2р и 3р. Величины объёмной β -активности в ручье Пашинский находились в диапазоне от 0,16 до 4,09 Бк/л. Максимальное значение было зафиксировано в сентябре в т. 2р. При этом в июле в т. 3р и сентябре в т. 2р и т. 3р измеренные значения объёмной β -активности превысили 1,0 Бк/л. Величины объёмной α -активности в ручье Пашинский в диапазоне от 0,01 до 0,33 Бк/л. Максимальное значение было зафиксировано в июле в т. 3р., при этом остальные пробы не показали значений, превышающих 0,2 Бк/л.

Увеличение показателей объёмной α - и β -активности в оз. Круглое и ручье Пашинский может быть связано с поступлением в них радионуклидов со смывом воды из водоотстойников хвостохранилища НЗХХ и с береговой линии во время паводка.

Также в мае, июле и сентябре 2021 г. из скважин, находящихся в трёх населённых пунктах – пос. Садовый, ж/д. ст. Мочище и с/о «Голубые озёра», составляющих контролируемую зону НЗХХ, – были взяты пробы питьевой воды для радиометрического анализа на объёмную α - и β -активность и спектрометрического – на наличие контролируемых радионуклидов.

Измеренные значения объёмной α - и β -активности не превысили контрольную величину для питьевой воды по НРБ-99/2009. Наибольшие значения были зафиксированы в июле в пункте с/о «Голубые озёра»: объёмной α -активности – 0,07–0,08 Бк/л, объёмной β -активности – 0,41 Бк/л. Гамма-спектрометрический анализ показал, что в пробах питьевой воды из скважины техногенные радионуклиды отсутствовали

2.7.2. Новосибирское отделение филиала «Сибирский территориальный округ» ФГУП «ФЭО»

Новосибирское отделение филиала «Сибирский территориальный округ» ФГУП «ФЭО» (бывший Новосибирский СК «Радон», далее – ПХРО), является пунктом хранения радиоактивных веществ и расположен в Коченёвском районе Новосибирской области в 25 км к западу от г. Новосибирска на правом берегу р. Чик на расстоянии 850–1000 м на восток от её русла. Ближайшие населённые пункты: с. Буньково – 1,5 км, с. Прокудское – 3 км, ст. Чик Западно-Сибирской железной дороги – 6 км. ПХРО обслуживает Новосибирскую, Омскую, Томскую, Кемеровскую области, Красноярский край, а также Республику Алтай.

Переработка РАО на ПХРО не производится. Выбросы радиоактивных веществ в атмосферу, сбросы и сливы их в окружающую среду отсутствуют. Принципиально возможна лишь утечка радиоактивных веществ из ёмкостей хранилищ либо при загрузке хранилищ, дезактивации транспорта и других технологических операциях. Активность захороненных РАО определяют в основном радионуклиды ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{60}Co .

Радиационный мониторинг вокруг ПХРО осуществляется подразделениями Западно-Сибирского УГМС. 30-км зона наблюдения вокруг ПХРО представлена на рис. 2.7.5.



Рис. 2.7.5. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 30-км зоне вокруг ПХРО:

- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – отбор проб атмосферных аэрозолей;
- ▼ – отбор проб подземных вод из скважин;
- ⊗ – ПХРО.

Для выявления влияния ПХРО на загрязнение окружающей среды Западно-Сибирским УГМС проводится радиационный мониторинг в 5-км зоне вокруг ПХРО. В этой зоне контролируются следующие параметры окружающей среды:

- содержание радионуклидов в снежном покрове (в феврале и марте) в двух контрольных точках (рис. 2.7.6);
- содержание радионуклидов в воде и донных отложениях р. Чик, протекающей в непосредственной близости от ПХРО (рис. 2.7.7), а также в питьевой воде в трёх населённых пунктах;
- ежемесячные измерения МАЭД в восьми точках, а также при отборе проб снега и воды.

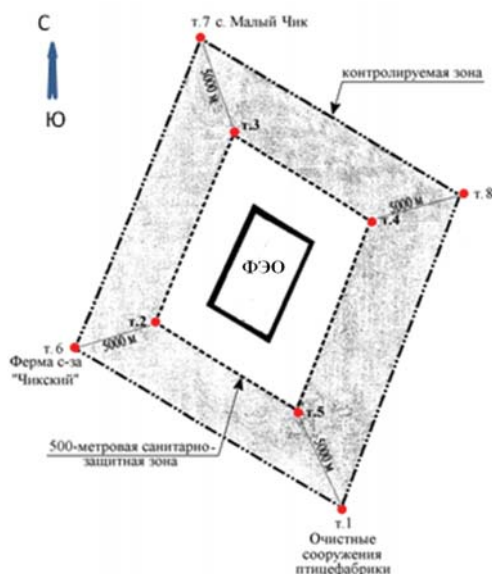


Рис. 2.7.6. Схема расположения точек контроля в 5-км зоне вокруг ПХРО.

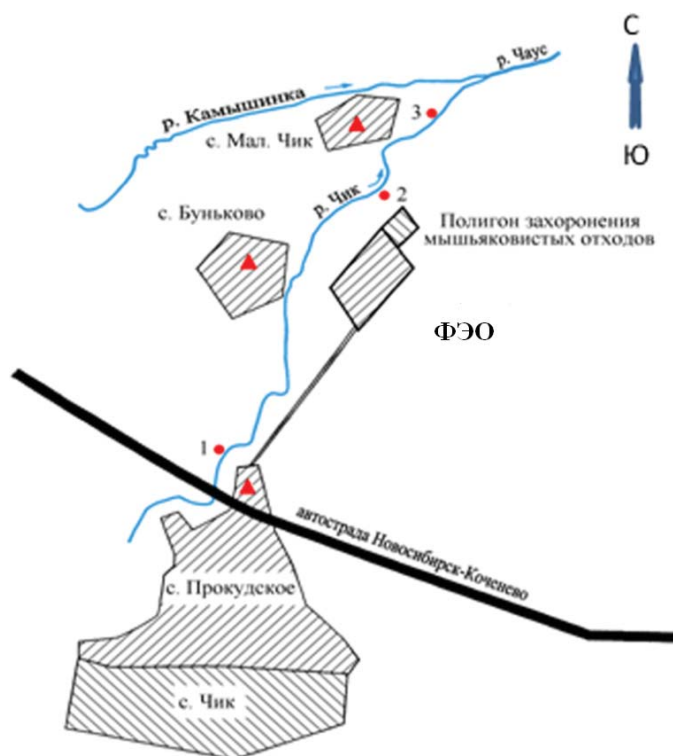


Рис. 2.7.7. Схема отбора проб воды и донных отложений в зоне наблюдения ПХРО:

- – отбор проб воды и донных отложений;
- ▲ – точки отбора проб питьевой воды.

В 2021 г. было проведено 11 маршрутных обследований с измерением МАЭД в 4 контрольных точках – 1, 6, 7, 8 (рис. 2.7.6). Среднегодовое значение МАЭД, измеренное на высоте 1 м от поверхности в 5-км зоне вокруг ПХРО, в 2021 г. составило 0,11 мкЗв/ч и не отличалось от среднегодового значения 2020 г. (0,11 мкЗв/ч), что находится на уровне естественного γ -фона. Максимальное значение МАЭД в течение 2021 г. наблюдалось в январе в т. 6 и составило 0,15 мкЗв/ч.

В середине марта 2021 г. перед началом снеготаяния, одновременно с маршрутным обследованием мощности дозы гамма-излучения в контрольных точках вокруг ПХРО – т. 6 и т. 7 (рис. 2.7.6) – Западно-Сибирским УГМС были отобраны пробы снега на всю глубину снежного покрова.

Анализ проб снега вокруг ПХРО в 2021 г. показал, что средние значения объёмной α - и β -активности были в 1,5 раза меньше, чем в 2020 году, и были равны 19,1 Бк/м³ и 115 Бк/м³ соответственно, при этом МАЭД на уровне 3–4 см и 1 м в местах отбора снега были на уровне естественного фона и составили 0,10–0,12 мкЗв/ч.

Для оценки влияния деятельности ПХРО в 2021 г. также был выполнен отбор пробы воды и донных отложений из р. Чик (рис. 2.7.7) – выше и ниже по течению от ПХРО. Отбор проб воды и донных отложений проводился напротив пунктов Прокудское, Буньково и Малый Чик. Пробы воды отбирались в мае, июле и сентябре, пробы донных отложений – в сентябре. Данные 2021 г. по удельной активности ¹³⁷Cs, ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K в донных отложениях в 5-км зоне вокруг ПХРО, а также значения МАЭД, измеренные на высоте 1 м и 3–4 см от поверхности во время отбора проб, приведены в табл. 2.7.7.

Таблица 2.7.7

Удельная активность донных отложений (Бк/кг), а также МАЭД (мкЗв/ч) в точках отбора проб в зоне контроля вокруг ПХРО в сентябре 2021 г. (данные Западно-Сибирского УГМС)

Место отбора проб	Удельная активность в донных отложениях, Бк/кг				МАЭД, мкЗв/ч	
	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	3–4 см	1 м
Пункты по течению р. Чик (рис. 2.7.7):						
– выше ПХРО: т. 1	< 0,2	13,2	12,8	443	0,12	0,11
– ниже ПХРО: т. 2	< 0,2	6,3	8,5	197	0,12	0,12
– ниже ПХРО: т. 3	< 0,2	6,0	9,1	108	0,14	0,13
Среднегодовая: 2021 г.	< 0,2	8,5	10,1	250	0,13	0,12
2020 г.	< 0,2	11,9	10,8	443	0,12	0,11
2019 г.	< 0,2	10,1	13,0	442	0,11	0,09

По данным Западно-Сибирского УГМС, максимальная мощность дозы гамма-фона в 5-километровой зоне р. Чик на уровне 1 м и 3–4 см составила 0,05–0,14 мкЗв/ч. По итогам измерения, гамма-фон на берегу р. Чик в пунктах с. Прокудское, с. Буньково, с. Малый Чик не превышал установленную норму естественных значений. Радиометрический анализ на объёмную α - и β -активность в целом не показал существенных уровней. Гамма-спектрометрический анализ донных отложений за 2021 г. показал отсутствие техногенного радионуклида ¹³⁷Cs. Следов радиоактивного загрязнения р. Чик не выявлено.

Объёмная α - и β -активность в питьевой воде из скважин в трёх населённых пунктах 5-км зоны наблюдения ПХРО (с. Прокудское, с. Буньково, с. Малый Чик) не превышали допустимых нормативов для здоровья населения согласно НРБ-99/2009 года.

Результаты радиационного мониторинга в 30-км и ближней зонах вокруг ПХРО позволяют сделать вывод, что свежих продуктов радиоактивного загрязнения в ближней зоне наблюдения вокруг ПХРО в 2021 г. не обнаружено. Деятельность предприятия ПХРО существенного влияния на радиационную обстановку на территории Новосибирской области не оказала.

2.7.3. АО «АЭХК» и ПХРО филиала «Сибирский территориальный округ» ФГУП «ФЭО»»

В 2021 г. ФГБУ «Иркутское УГМС» продолжило работы по контролю за состоянием окружающей среды в районе пункта хранения радиоактивных отходов филиала «Сибирский территориальный округ» ФГУП «ФЭО» (далее ПХРО) и АО «Ангарский электролизный химический комбинат» (АЭХК) г. Ангарск. АЭХК является составной частью ЯТЦ Госкорпорации «Росатом» и представляет собой комплекс технологически связанных производств. Основными направлениями деятельности комбината являются обогащение урана, производство природного и обогащённого гексафторида урана, химическое производство (производство газообразного фтора, безводного фтористого водорода, а также озонобезопасных хладонов, трифлатов и других фторсодержащих продуктов). ПХРО является полигоном хранения радиоактивных веществ и находится в 35 км на север от г. Иркутска по Александровскому тракту. Ближайшие населённые пункты находятся на расстоянии 6–9 км: п. Усть-Балей с населением ~ 250 человек и п. Московщина с населением ~ 220 человек. ПХРО обслуживает Иркутскую область, Забайкальский край, Республику Бурятия, Республику Тыва и Республику Саха (Якутия).

Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг АЭХК и ПХРО показано на рис. 2.7.8.

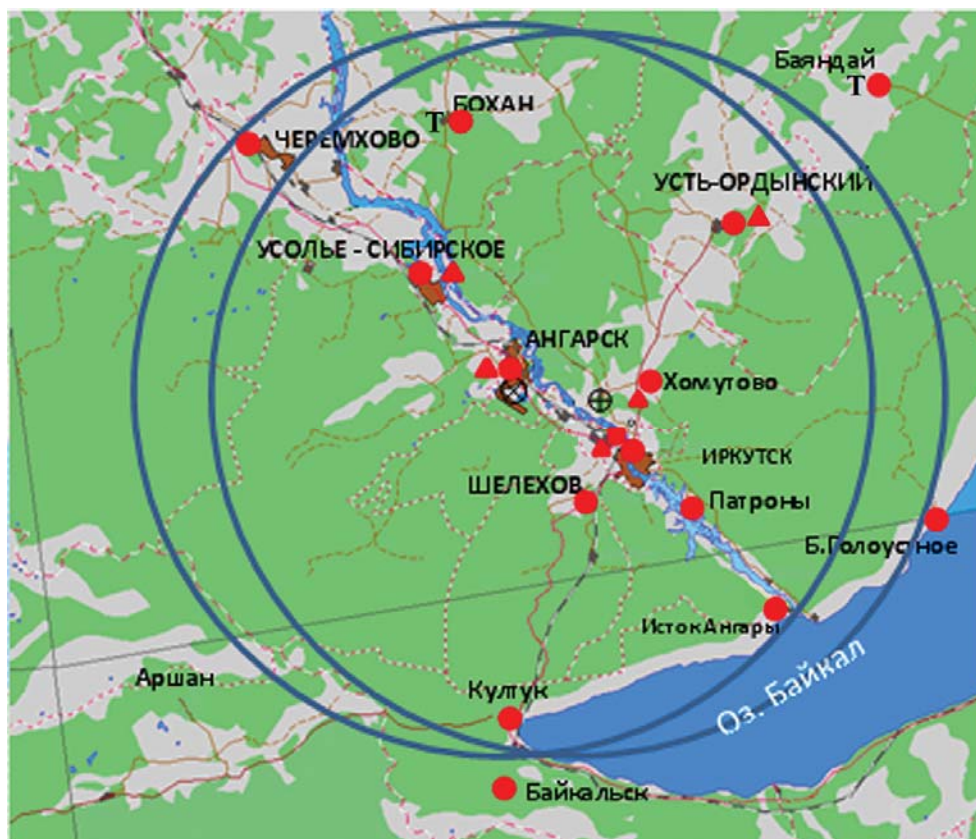


Рис. 2.7.8. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг АЭХК и ПХРО:

- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – отбор проб атмосферных аэрозолей;
- Т – отбор проб атмосферных осадков;
- ◆ – отбор проб воды;
- ⊕ – ПХРО;
- ⊗ – АЭХК.

Ежемесячно группой радиационного мониторинга ФГБУ «Иркутское УГМС» вдоль дорог в окрестностях ПХРО и АЭХК в радиусе 20 км от каждого объекта проводились измерения МАЭД. Измерения в 20-км зоне ПХРО осуществлялись в 30 точках через каждые 2 км маршрута на дороге и на расстоянии 10 м от дороги дозиметрами ДРГ-01Т1, ДКГ-03Д, ДРБП-03 на высоте 3–4 см и 1 м от поверхности почвы.

Средние значения МАЭД в 20-км зоне вокруг ПХРО колебались в пределах 0,14–0,17 мкЗв/ч. Максимальное значение (0,24 мкЗв/ч) было зарегистрировано 30 марта на 25 км Александровского тракта.

Результаты измерений плотности загрязнения по суммарной β -активности радионуклидов в снеге, почве и травянистой растительности в 2021 г. в 20-км зоне вокруг ПХРО приведены в табл. 2.7.8. Там же для сравнения приведены данные за предыдущий год.

Таблица 2.7.8

Плотности загрязнения по суммарной β -активности радионуклидов в снежном покрове, почве и траве в 20-км зоне вокруг ПХРО, Бк/м² (данные Иркутского УГМС за 2020–2021 гг.)

Пункт отбора проб	Снег		Почва		Трава	
	26.02.2021	20.02.2020	15.09.2021	27.08.2020	26.02.2021	27.08.2020
14-й км Александровского тракта	8,5	3,4	18,8	92,2	13,7	4,4
19-й км – " –	2,9	20,3	127	896	16,4	11,9
25-й км – " – , д. Московщина	22,1	29,9	133	585	10,4	1,2
33-й км – " –	24,9	34,3	12,5	168	3,2	4,7
35-й км – " – , ПХРО	3,6	7,1	226	1902	5,7	5,8
36-й км – " –	6,7	10,2	154	1210	4,4	7,4
П/л «Солнечный»	10,1	12,9	79,4	235	3,4	4,0
д. Усть-Балей	4,1	12,4	192	359	1,7	11,2
с. Урик	2,9	9,2	49,6	350	3,0	12,8
4-й км в сторону д. Тихонова Падь	2,5	9,9	95,1	1037	25,0	9,5
8-й км – " –	5,2	19,1	167	664	28,5	7,3
12-й км – " –	4,9	48,7	80,9	667	27,8	9,7
16-й км – " –	3,3	40,2	111	232	21,2	10,9
д. Тихонова Падь	6,0	10,4	112	552	18,2	7,9
Среднее в 20-км зоне	7,7	18,3	111	639	13,0	7,0
Фоновая точка	5,0	9,8	118	982	6,5	8,1

Из табл. 2.7.8 видно, что в 2021 г. плотность загрязнения по суммарной β -активности снежного покрова по 20-км зоне в среднем оказалась ниже уровня 2020 г. и в фоновой точке была примерно в два раза ниже. Максимальный уровень загрязнения снега отмечался на 33-м км Александровского тракта (24,9 Бк/м²) в сторону п/л «Солнечный», что в 5 раз выше значения в фоновой точке.

В пробах травы в 2021 г. средний уровень плотности загрязнения по суммарной β -активности увеличился в 1,9 раза по сравнению с 2020 г., в фоновой точке уменьшился в 1,3 раза. Максимальная плотность загрязнения травы – 28,5 Бк/м² – была зарегистрирована на 12-м км дороги от с. Урик до деревни Тихонова Падь и превышала плотность загрязнения в фоновой точке в 4,4 раза.

В 2021 г. максимальная плотность загрязнения по суммарной β -активности почвы отмечалась на 35-м км Александровского тракта (ПХРО) и достигала 226 Бк/м², что в 1,9 раза выше, чем в фоновой точке, при этом средний уровень плотности загрязнений в 20-км зоне относительно 2020 г. понизился в 5,8 раза.

В целом плотности загрязнения по суммарной β -активности радионуклидов в природных объектах в 20-км зоне ПХРО в 2021 г. находилась в пределах колебаний глобального фона.

В 2021 году преобладающие направления в годовой розе ветров г. Иркутска (рис. 2.7.9): юго-восточные – 25 %, северо-западные – 32 %.

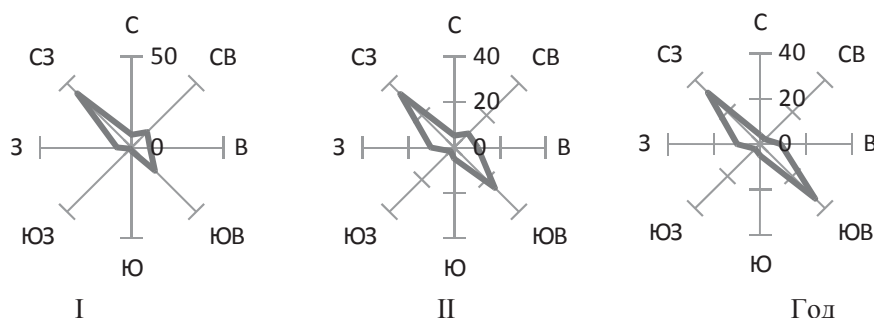


Рис. 2.7.9. Роза ветров г. Иркутска

Следующим РОО в указанной на рис. 2.7.8 области является АЭХК. Измерения МАЭД в 20-км зоне АЭХК проводились в 10 м от дороги на высоте 3–4 см и 1 м над поверхностью почвы. Средние значения МАЭД в 20-км зоне АЭХК варьируют в пределах от 0,18 до 0,20 мкЗв/ч. Максимальное зарегистрированное значение было 0,22 мкЗв/ч и незначительно отличалось от средних по 20-км зоне.

Результаты измерений плотности загрязнения по суммарной β-активности радионуклидов в снеге, почве и травянистой растительности в 2021 г. в 20-км зоне вокруг АЭХК приведены в табл. 2.7.9. Там же для сравнения приведены данные за предыдущий год.

Таблица 2.7.9
Плотности загрязнения по суммарной β-активности радионуклидов в снежном покрове, почве и траве в 20-км зоне вокруг АЭХК, Бк/м² (данные Иркутского УГМС)

Пункт отбора проб	Снег		Почва		Трава	
	10.03.2021	03.03.2020	27.05.2021	20.05.2020	09.08.2021	10.08.2020
8 км дороги на д. Б. Елань	2,6	1,2	152	151	59	69,5
д. Б. Елань	5,0	5,0	197	77,3	74	19,1
1 км дороги на г. Усолье-Сибирское	13,8	9,9	180	147	23,5	36,0
1 км дороги на д. Савватеевка	5,9	2,6	480	522	77	36,5
д. Савватеевка	8,8	3,7	302	139	29,3	40,7
1 км дороги на д. Одинск	3,2	6,1	185	566	25,6	10,7
2 км Московского тракта	3,8	8,4	87	791	82	31,3
4 км дороги на г. Иркутск, ТЭЦ-10	3,8	22,2	275	1504	71	40,0
п. Мегет	8,7	11,1	305	808	83	55,9
г. Ангарск, 4 пост ГМО (Фон)	8,2	2,5	295	334	14,8	18,2
Среднее значение	6,2	7,8	240	523	58,4	37,8

Усреднённое за 2021 г. значение загрязнения по суммарной β-активности радионуклидов снежного покрова в районе АЭХК несколько снизилось и в целом осталось на уровне 2020 года. Максимальный уровень загрязнения снежного покрова (13,8 Бк/м²) был отмечен у 1 км дороги на г. Усолье-Сибирское от старого Китайского моста.

Усреднённое за 2021 г. значение загрязнения по суммарной β-активности радионуклидов в растительности увеличилось в 1,5 раза по сравнению с 2020 годом. Максимальный уровень загрязнения травяного покрова (83 Бк/м²) был отмечен в п. Мегет, что в 5,6 раза выше уровня в фоновой точке.

Усреднённое за 2021 г. значение загрязнения по суммарной β-активности радионуклидов в почве по сравнению с 2020 годом уменьшилось в 2,2 раза. Максимальный уровень загрязнения в почве был зафиксирован на 1 км дороги на д. Савватеевка (480 Бк/м²), что в 1,3 раза выше уровня в фоновой точке (295 Бк/м²).

В годовой розе ветров г. Ангарска (рис. 2.7.10) в 2021 г. преобладающими направлениями являлись: восточное – 23 %, северо-западное – 22 %, западное – 18 %.

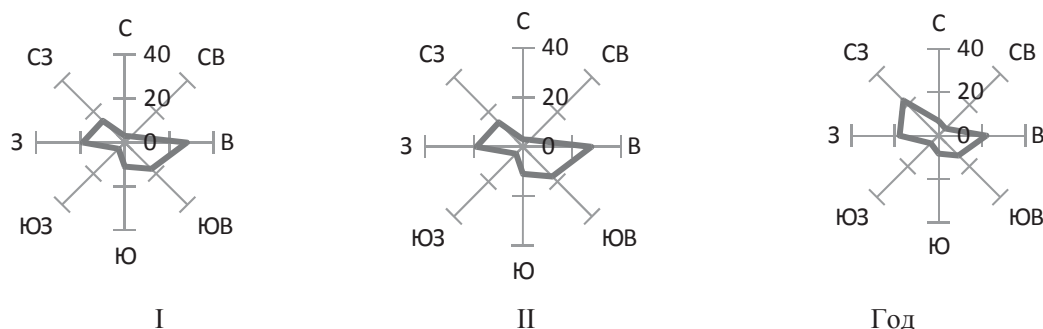


Рис. 2.7.10. Роза ветров г. Ангарска

Результаты измерения значений МАЭД в 100-км зоне вокруг РОО в 2020 г. в городах и населённых пунктах, находящихся на территории Иркутской области, показали, что среднемесячные значения МАЭД находятся в пределах 0,11–0,19 мкЗв/ч. Максимальное значение МАЭД – 0,25 мкЗв/ч – зафиксировано на станции Ангарск 29 декабря. Анализ результатов наблюдений позволяет сделать вывод, что уровни МАЭД в 100-км зоне вокруг РОО в 2021 г. не достигали критических значений.

За фоновой радиоактивностью атмосферных выпадений наблюдения производились на станциях Ангарск, Бохан, Иркутск, Усолье-Сибирское, Усть-Ордынский, Хомутово. Среднемесячные значения суммарной β -активности радиоактивных выпадений на этих станциях находились в пределах от 3,3 до 5,9 Бк/м²·сут. Максимальное среднесуточное значение наблюдалось 19 мая на станции Усолье-Сибирское и составило 19,7 Бк/м²·сут.

Контроль за объёмной активностью радиоактивных аэрозолей приземного слоя атмосферы в 100-км зоне вокруг РОО осуществлялся на ст. Иркутск и Ангарск. Среднемесячные значения объёмной активности аэрозолей на ст. Иркутск колебались в пределах 23,0–53,6 · 10⁻⁵ Бк/м³. Максимальное суточное значение объёмной активности отмечено 14 января и составило 130 · 10⁻⁵ Бк/м³ и превысило среднее за предыдущий месяц в 2,5 раза. На ст. Ангарск среднемесячные значения объёмной активности аэрозолей находились в пределах 15,4–37,3 · 10⁻⁵ Бк/м³. Максимальное среднесуточное значение объёмной активности отмечено 2 февраля и составило 93 · 10⁻⁵ Бк/м³, превысив среднее значение за предыдущий месяц в 2,5 раза.

Результаты гамма-спектрометрического анализа проб атмосферных выпадений в районах РОО за 2021 г. свидетельствуют, что обстановка в 100-км зоне наблюдений оставалась стабильной, а активность проб в основном определена естественными радионуклидами. Среднегодовые концентрации составляют для ⁷Ве – 200 Бк/м², ⁴⁰К – 34,8 Бк/м², ²¹⁰РЬ – 1,4 Бк/м². Техногенный радионуклид ¹³⁷Cs не обнаружен.

Выводы

Таким образом, в целом в 2021 г. радиационная обстановка на территории СФО была стабильной. Содержание техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды практически на всей территории СФО было значительно ниже установленных нормативов. Выбросы техногенных радионуклидов в атмосферу предприятиями РОО, расположенными на территории Сибирского региона, способные значительно повлиять на радиационную обстановку, отсутствовали. Тем не менее необходимо обратить внимание, что значительное количество измерений МАЭД в Красноярском крае, Республике Тыва и Республике Хакасия выполняется оборудованием с относительно высоким нижним пределом измерения МАЭД (0,45 мкЗв/ч). В целом такое оборудование позволяет оценивать радиационную обстановку и реагировать на значительное повышение этого показателя относительно характерного уровня МАЭД в месте расположения пункта наблюдения (фоновое значение). Однако такие приборы не могут зарегистрировать отклонения МАЭД, превышающие в 3 раза и менее наиболее часто встречающиеся фоновые значения – это диапазон от 0,10 до 0,14 мкЗв/ч, что негативно влияет на качество мониторинга радиационной обстановки.

2.8. Дальневосточный федеральный округ

Общая информация по округу

Дальневосточный федеральный округ (ДФО) расположен в Восточной Сибири и занимает важное экономическое и стратегическое положение (рис. 2.8.1). В ДФО входят 11 субъектов Федерации: Приморский, Хабаровский, Камчатский, Забайкальский края, Амурская, Магаданская, Сахалинская области, Республика Саха (Якутия) и Республика Бурятия, Чукотский автономный округ, Еврейская автономная область. Площадь территории региона составляет 6 952,6 тыс. км² [1], население на 2021 г. – 8 124,0 тыс. человек [2], административный центр округа – г. Владивосток.

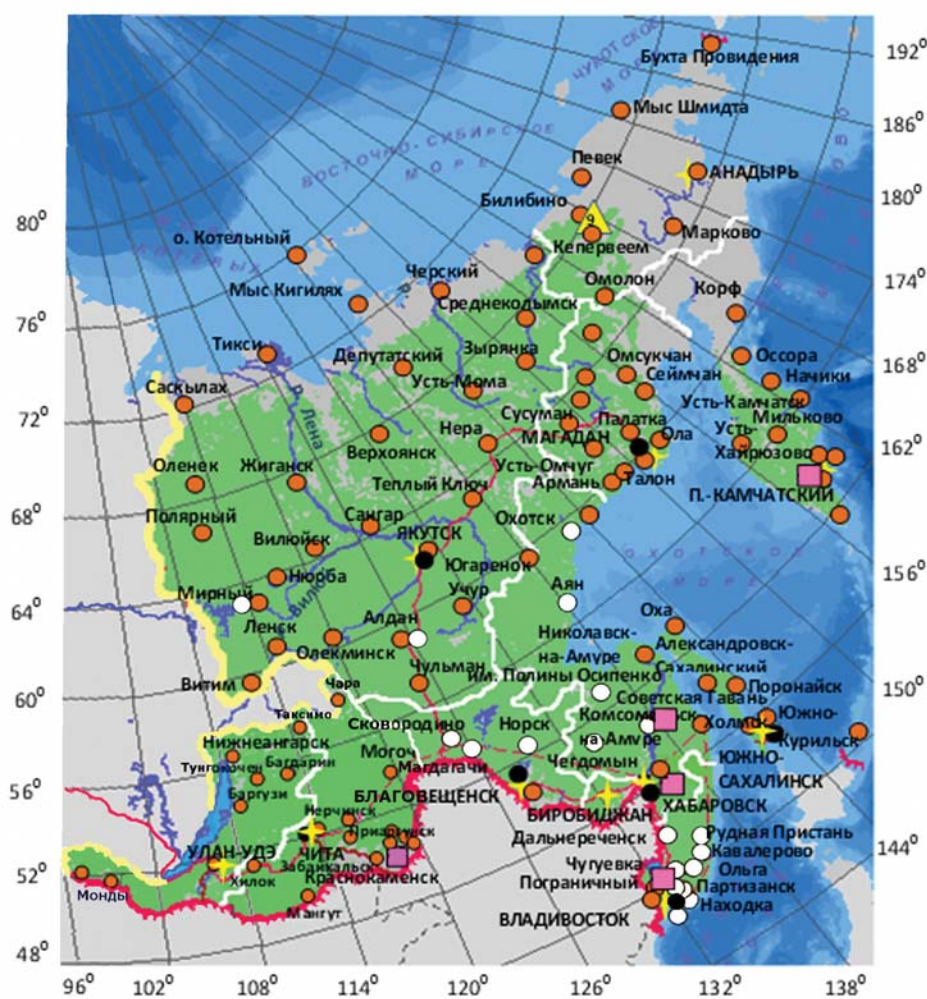


Рис. 2.8.1. Расположение пунктов наблюдения за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы и РОО на территории Дальневосточного федерального округа:

- – отбор радиоактивных аэрозолей с помощью воздухофильтрующих установок;
- – отбор радиоактивных выпадений с помощью планшетов;
- – отбор радиоактивных выпадений законсервирован;
- – радиационно опасные объекты;
- ▲ – АЭС;
- ★ – центры субъектов РФ;
- — — — — магистральные федеральные автодороги;
- - - - - строящиеся автодороги;
- – границы субъектов РФ;
- ▭ – границы федеральных округов;
- — — — — государственная граница.

Согласно [3], на территории округа расположено 8 РОО: Билибинская АЭС (г. Билибино Чукотского автономного округа), АО «Северо-Восточный ремонтный центр» (г. Вилючинск Камчатского края), АО «30-й судоремонтный завод» (г. Фокино Приморского края), АО «Дальневосточный завод «Звезда»» (г. Большой Камень Приморского края), АО «Хиагда» (с. Багдарин, Баунтовский эвенкийский муниципальный район, Республика Бурятия), ПАО «Амурский судостроительный завод» (г. Комсомольск-на-Амуре, Хабаровский край), ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (г. Краснокаменск, Забайкальский край). Также в 2020 г. введена в промышленную эксплуатацию уникальная плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС, проект АО «Концерн Росэнергоатом», входящего в состав Госкорпорации «Росатом»).

Организация радиационного мониторинга

Радиационный мониторинг на территории Дальневосточного региона осуществляется сетью станций радиационного мониторинга восьми территориальных УМЗА: Дальневосточного (г. Хабаровск), Забайкальского (г. Чита), Камчатского (г. Петропавловск-Камчатский), Колымского (г. Магадан), Приморского (г. Владивосток), Сахалинского (г. Южно-Сахалинск), Чукотского (г. Певек) и Якутского (г. Якутск).

В составе СРМ на территории округа действуют: 262 пункта по измерению МАЭД (ручными дозиметрами и с помощью автоматических комплексов); 85 пункта по отбору проб радиоактивных атмосферных выпадений с помощью марлевых планшетов (экспозиция проб – одни сутки); 7 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных аэрозолей с помощью ВФУ (2 – с экспозицией проб пять суток, 5 – с экспозицией проб одни сутки), 12 пунктов по отбору проб осадков и 6 пунктов по отбору проб поверхностных вод для анализа на содержание трития, 9 пунктов по отбору проб поверхностных вод и 3 пункта по отбору проб морской воды для анализа на содержание ^{90}Sr .

Анализы отобранных проб радиоактивных аэрозолей и выпадений на содержание $\Sigma\beta$ проводятся в пяти радиометрических группах и двух радиометрических лабораториях. В радиометрических лабораториях Приморского (отбор проб по территории всего региона) и Сахалинского (Сахалинская область) УГМС проводится гамма-спектрометрический анализ проб. В лаборатории Приморского УГМС дополнительно проводится радиохимический анализ проб поверхностных вод (^{90}Sr), поступающих со всего региона. В лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун» проводится анализ проб на содержание трития в осадках и поверхностных водах и на ^{90}Sr в морских и частично поверхностных водах.

Радиационная обстановка

Радиационный фон

По данным сети радиационного мониторинга, радиационный фон на территории ДВФО в течение последних лет остаётся без изменений. Среднегодовые значения МАЭД в субъектах ДВФО в 2021 г. изменялись от 0,09 до 0,17 мкЗв/ч и находились в пределах естественного радиационного фона Дальневосточного региона (табл. 2.8.1). В 2021 г. среднегодовое значение МАЭД на территории ДВФО составило 0,12 мкЗв/ч, а максимальное – 0,31 мкЗв/ч – отмечено на территории Республики Бурятия.

Таблица 2.8.1

**Среднегодовые и максимальные измеренные значения МАЭД
в субъектах РФ ДВФО в 2021 г., мкЗв/ч**

Субъекты Федерации	Количество пунктов	Среднегодовые	Максимальные измеренные
Приморский край	30	0,14	0,26 (Астраханка)
Хабаровский край	25	0,11	0,24 (Георгиевка)
Камчатский край	17	0,09	0,16 (Соболево)
Амурская область	25	0,12	0,24 (Архара)
Магаданская область	14	0,12	0,27 (Талая)
Сахалинская область	18	0,11	0,21 (Поронайск)
Республика Саха (Якутия)	45	0,12	0,19 (Крест-Хальджай)
Чукотский автономный округ	15	0,12	0,22 (Айон)
Еврейская автономная область	5	0,13	0,23 (Никольское)
Забайкальский край	34	0,14	0,29 (Менза)
Республика Бурятия	24	0,17	0,31 (Таксимо)
ДВФО	252 (262*)	0,12	0,31

Примечание: * – с учётом станции, где МАЭД измеряется только автоматическими комплексами.

Приземная атмосфера

Наблюдения за содержанием радионуклидов в приземном слое атмосферы с помощью ВФУ на территории ДВФО проводятся в семи субъектах Российской Федерации. Среднегодовая объёмная активность ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы в пунктах наблюдения приведена в табл. 2.8.2.

Таблица 2.8.2

**Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в населённых пунктах ДВФО,
10⁻⁷ Бк/м³ (данные Приморского УГМС)**

Пункты наблюдения	¹³⁷ Cs			⁹⁰ Sr		
	2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Приморский край						
Владивосток	0,7	нпо	нпо	0,8	0,7	1,0
Хабаровский край						
Хабаровск	нпо	нпо	нпо	0,8	0,7	0,7
Амурская область						
Благовещенск	нпо	нпо	1,4	1,9	2,2	2,8
Магаданская область						
Магадан	нпо	нпо	нпо	0,5	0,5	0,5
Сахалинская область						
Южно-Сахалинск	нпо	нпо	1,3	0,8	0,7	0,65
Республика Саха (Якутия)						
Якутск	нпо	нпо	0,9	1,8	1,2	1,1
Забайкальский край						
Чита	нпо	1,4	нпо	0,6	0,6	0,6
Среднее по ДВФО	нпо	нпо	1,2	1,0	1,0	1,0
Средневзвешенное по АТР	1,2	1,3	1,3	1,24	1,1	1,2

Примечание: нпо – ниже предела обнаружения (1·10⁻⁷ Бк/м³).

Как видно из таблицы, среднегодовая объёмная активности ¹³⁷Cs в приземном слое атмосферы в 2021 г. на большей части территории ДВФО регистрировалась на пределе обнаружения (~ 0,1·10⁻⁷ Бк/м³). Наибольшее среднегодовое значение объёмной активности было зафиксировано во Владивостоке.

Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в атмосферном воздухе ДВФО в 2021 г. составила $1,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Среднегодовые объёмные активности ^{90}Sr в отдельных пунктах региона в 2021 году изменялись в пределах $(0,5-1,9) \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Минимальная среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr отмечалась на станции Магадан, максимальная – в Благовещенске. Объёмная активность ^{90}Sr в воздухе на территории ДВФО соответствовала уровню прошлого года. Наблюдаемое содержание ^{90}Sr в приземном слое атмосферы на семь порядков ниже нормативов, установленных НРБ-99 [4].

Среднегодовая объёмная активность $\Sigma\beta$ в атмосферном воздухе в 2021 году на территории ДВФО незначительно увеличилась по сравнению с 2020 годом ($25 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³) и составила $27 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³.

Радиоактивные выпадения

Средневзвешенное значение выпадений $\Sigma\beta$ в 2021 г. ($0,91$ Бк/м²·сут) осталось на уровне 2020 г. ($0,86$ Бк/м²·сут).

Выпадения ^{137}Cs и ^{90}Sr на подстилающую поверхность на территории ДВФО в 2021 г. были, как и в предыдущие годы, ниже предела обнаружения.

В 2021 году случаев высокого загрязнения и экстремально высокого загрязнения атмосферных выпадений на территории Дальневосточного региона не зафиксировано.

Поверхностные и морские воды

Объёмная активность трития в осадках по территории ДВФО в 2021 г. составила 1,6 Бк/л, что сравнимо со средним значением по территории РФ (табл. 2.8.3). В отдельных субъектах региона содержание трития в осадках варьировалось от 0,7 Бк/л (Петропавловск-Камчатский) до 2,5 Бк/л (Сковородино Амурской области).

В 2021 г. усреднённая объёмная активность трития в реках ДВФО (табл. 2.8.3) незначительно выросла по сравнению с 2020 г. и составила 1,95 Бк/л, что немного выше среднего значения по рекам на территории РФ (1,6 Бк/л).

Таблица 2.8.3

Объёмная активность радионуклидов в осадках и поверхностных водах ДВФО в 2021 г. (данные Приморского УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Пункты наблюдения	Осадки	Реки и озёра		Моря
	^3H , Бк/л	^3H , Бк/л	^{90}Sr , мБк/л	^{90}Sr , мБк/л
Камчатский край				
Петропавловск-Камчатский (Тихий океан, Авачинская губа)	0,7			1,8
Каменское* Ключи, р. Камчатка	1,75		3,6	
Амурская область				
Благовещенск (р. Амур) Сковородино	2,5	2,6		
Хабаровский край				
Хабаровск (р. Амур) Комсомольск-на-Амуре (р. Амур)	0,8	1,7 1,9	4,4	
Магаданская область				
Магадан	1,2			
Сахалинская область				
Холмск (Японское море) Корсаков (залив Анива, Охотское море)	0,8			1,25 1,6
Чукотский автономный округ				
Певек Анадырь	1,0 1,0			

Пункты наблюдения	Осадки	Реки и озёра		Моря
	^3H , Бк/л	^3H , Бк/л	^{90}Sr , мБк/л	^{90}Sr , мБк/л
Республика Саха (Якутия)				
Верхоянск	2,3		3,7	
Оленёк	2,0		2,6	
Тикси	2,0			
Якутск	2,1			
Индигирский (р. Индигирка)		2,1	3,7	
Черский (р. Колыма)		1,5		
Среднеколымск (р. Колыма)			3,7	
Хабарово (р. Лена)		1,9		
Кюсюр (р. Лена)			2,3	
Тюмети (р. Оленёк)			2,6	
Верхоянск (р. Яна)	2,3		3,7	
Среднее по ДВФО	1,6	1,95	3,7	1,55
Среднее по РФ	1,5	1,6	4,6	
Приморский край				
Астраханка (оз. Ханка)			5,1	

Примечание: * – из 12 проб осадков поступили 3, данные в расчёт не включались.

2.8.1. РОО на территории Камчатской области

В Камчатской области в районе г. Вилючинск расположено АО «Дальневосточный завод «Звезда». Это предприятие является ведущим предприятием по ремонту подводных лодок Тихоокеанского флота и единственным на Дальнем Востоке специализирующимся на ремонте, переоборудовании и модернизации атомных подводных лодок и кораблей с ядерной энергетической установкой.

Радиационный мониторинг объектов окружающей среды в 100-км зоне этого РОО за пределами ЗАТО Вилючинск осуществляет Камчатское УГМС. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг РОО показано на рис. 2.8.2.

Радиационный мониторинг окружающей среды в 100-км зоне РОО организован Камчатским УГМС следующим образом:

- отбор проб радиоактивных выпадений на подстилающую поверхность проводился в 4 пунктах с помощью горизонтальных марлевых планшетов без бортиков с суточной экспозицией;
- измерения МАЭД проводились ежедневно в 4 пунктах;
- отбор проб атмосферных осадков на содержание трития проводится в 2 пунктах, но в 2021 г. из-за малочисленности осадков на станции Каменское было отобрано только 3 пробы из 12 (в расчётах учитывались только данные по Петропавловску-Камчатскому);
- отбор проб морской воды на содержание ^{90}Sr проводился ежемесячно в прибрежной части акватории Авачинской губы;
- отбор поверхностных проб воды на содержание ^{90}Sr проводился в одном пункте (Ключи, р. Камчатка).



Рис. 2.8.2. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг Петропавловска-Камчатского:

- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- T – отбор проб атмосферных осадков;
- ⊗ – радиационно опасные объекты.

Приземная атмосфера

Среднемесячные и максимальные суточные значения атмосферных выпадений в 100-км зоне РОО Камчатской области в 2021 г. представлены в табл. 2.8.4.

Таблица 2.8.4

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в 100-км зоне РОО Камчатского края в 2021 г., Бк/м²-сут (данные Камчатского УГМС)

Месяц		Петропавловск-Камчатский МГ-1	Петропавловск-Камчатский ОГМС	Сосновка	Начики	Среднее по 100-км зоне			Среднее по Камчатскому краю		
						2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Январь	с	0,38	0,34	0,36	0,38	0,4	0,4	0,4	0,38	0,4	0,4
	м	0,54	0,57	0,58	0,68						
Февраль	с	0,36	0,35	0,37	0,42	0,4	0,4	0,4	0,38	0,4	0,4
	м	0,54	0,52	0,63	0,67						
Март	с	0,44	0,42	0,41	0,51	0,4	0,5	0,4	0,42	0,4	0,4
	м	0,75	1,25	1,22	2,95						
Апрель	с	0,39	0,46	0,47	0,43	0,5	0,5	0,4	0,43	0,6	0,4
	м	0,61	1,29	0,84	0,68						
Май	с	0,42	0,45	0,47	0,43	0,4	0,7	0,5	0,44	0,6	0,5
	м	0,71	0,87	0,73	0,63						
Июнь	с	0,45	0,5	0,44	0,57	0,5	0,6	0,5	0,54	0,6	0,6
	м	0,89	0,91	1,32	1,69						
Июль	с	0,41	0,85	0,5	0,66	0,6	0,5	0,65	0,72	0,5	0,7
	м	1,06	2,22	1,69	1,54						
Август	с	0,63	0,91	0,64	0,61	0,7	0,6	0,5	0,8	0,5	0,6
	м	2	2,65	2,16	2,15						

Месяц	Петропавловск-Камчатский МГ-1	Петропавловск-Камчатский ОГМС	Сосновка	Начики	Среднее по 100-км зоне			Среднее по Камчатскому краю		
					2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Сентябрь с	0,49	0,63	0,62	0,62	0,6	0,4	0,7	0,63	0,5	0,6
м	0,93	2,2	1,9	2,06						
Октябрь с	0,51	0,71	0,59	0,63	0,6	0,5	0,6	0,53	0,4	0,5
м	1,34	1,77	1,84	2,47						
Ноябрь с	0,47	0,5	0,48	0,52	0,5	0,4	0,5	0,43	0,4	0,5
м	1,32	1,9	1,38	1,79						
Декабрь с	0,40	0,44	0,49	0,44	0,4	0,4	0,4	0,46	0,4	0,4
м	0,84	1,04	0,98	1,26						
Среднее, Бк/м ² ·сут:										
2021 г.	0,45	0,55	0,49	0,5	0,5			0,5		
2020 г.	0,4	0,5	0,47	0,5		0,5			0,5	
2019 г.	0,4	0,5	0,5	0,6			0,5			0,5
Сумма, Бк/м ² ·год:										
2021 г.	154	200	179	183	180			188		
2020 г.	146	183	172	183		183			183	
2019 г.	146	183	183	219			183			186

Из табл. 2.8.4 видно, что среднемесячные суточные величины атмосферных выпадений в пунктах наблюдения 100-км зоны РОО в 2021 г. изменялись от 0,4 до 0,7 Бк/м²·сут. Самое высокое суточное значение выпадений наблюдалось в пункте Петропавловск-Камчатский ОГМС в августе (2,65 Бк/м²·сут).

Поверхностные и морские воды

Объёмная активность ⁹⁰Sr в водах Тихого океана у берегов Камчатки (Авачинская губа), по данным ФГБУ «НПО «Тайфун», в 2021 г. изменялась в диапазоне от 1,43 мБк/л (в апреле) до 2,35 мБк/л (в ноябре). Среднегодовая объёмная активность составила 1,79 мБк/л.

Объёмная активность трития в месячных пробах атмосферных осадков в г. Петропавловске-Камчатском, по данным ФГБУ «НПО «Тайфун», в 2021 г. изменялась в диапазоне от 0,3 Бк/л (февраль) до 1,74 Бк/л (июль). Среднегодовое содержание трития в осадках составило 0,7 Бк/л, что примерно в 2 раза меньше среднегодового значения содержания трития в осадках по всей территории РФ (1,5 Бк/л).

Радиационный фон

В 100-км зоне РОО значения МАЭД регистрировали четыре метеостанции. Среднемесячные значения МАЭД в 2021 г. колебались в пределах от 0,07 до 0,11 мкЗв/ч, а максимальные суточные значения не превышали 0,13 мкЗв/ч.

Специалистами Камчатского УГМС ежемесячно проводились автомобильные гамма-съёмки территории в 100-км зоне РОО. Значений МАЭД, соответствующих высокому и экстремально высокому радиоактивному загрязнению, не обнаружено.

Как показывают приведённые результаты, радиационная обстановка в 100-км зоне РОО, расположенных в ЗАТО Вилучинск, практически не меняется от года к году. Радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды не превышает региональных фоновых уровней, из чего можно сделать вывод, что РОО, расположенные на территории Камчатской области, заметного влияния на радиационную обстановку не оказывают.

2.8.2. ПАО «ППГХО»

ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение имени Е.П. Славского» (далее – ППГХО) – российское уранодобывающее предприятие, входящее в Урановый холдинг АРМЗ. ППГХО, является крупнейшим горнорудным предприятием Забайкальского края, включающим подземные урановые рудники и разрез бурого угля «Уртуйский», обеспечивающий топливом Краснокаменскую ТЭЦ и других потребителей восточного региона. Предприятие осуществляет добычу и переработку урановой руды и выпуск концентрата природного урана. Добыча урана ведётся подземным способом на базе действующих подземных рудников № 1, № 8, «Глубокий». Переработка руды осуществляется на гидрометаллургическом заводе и площадке кучного выщелачивания. Готовой продукцией является закись-окись урана U_3O_8 .

Основой минерально-сырьевой базы ППГХО служат урановые и молибденово-урановые месторождения Стрельцовского рудного поля, расположенные в северных предгорьях Аргунского хребта в юго-восточной части Забайкальского края.

Стрельцовское месторождение было открыто в 1963 г. в Юго-восточном Забайкалье. Добыча руды осуществляется с 1968 года. Первая очередь гидрометаллургического завода по переработке урановой руды была введена в эксплуатацию в 1976 году.

ППГХО – крупнейшее многоотраслевое горнодобывающее предприятие, осуществляющее деятельность в следующих направлениях:

- подземная добыча урановых руд;
- переработка этих руд гидрометаллургическим способом с получением природной закиси-окиси урана;
- добыча бурого угля;
- выработка серной кислоты для перерабатывающего производства;
- добыча артезианской воды для питьевого водоснабжения всей промплощадки и города;
- ремонтно-механическое обслуживание основного производства;
- выработка электрической энергии и коммунально-бытовое обеспечение промышленных и городских потребителей электроэнергией, водой и теплом.

Основными объектами ППГХО, оказывающими воздействие на окружающую среду, являются ТЭЦ мощностью 250 МВт, гидрометаллургический завод (ГМЗ) с сернокислотным цехом (СКЦ) и урановые рудники (№ 1, № 8, «Глубокий»).

Выбросы радионуклидов в атмосферный воздух

ППГХО расположено в юго-восточной части Забайкальского края в 18 км северо-восточнее г. Краснокаменска и в 460 км от г. Читы. Посёлок Октябрьский, ранее располагавшийся в районе основной площадки ППГХО, ликвидирован, население посёлка переселено в Краснокаменск. Краснокаменск расположен в равнинной части пади Сухой Урулюнгуи, имеет наиболее благоприятную в санитарном отношении розу ветров с господствующими ветрами западных румбов, которые практически исключают перенос вредных промышленных веществ в направлении города. Объекты ППГХО расположены западнее города за горными хребтами, примыкающими к пади Сухой Урулюнгуи с северо-восточной стороны. Горные хребты экранируют наиболее опасные для г. Краснокаменска восточные ветры.

Район расположения ППГХО является районом техногенно усиленного загрязнения окружающей среды естественными радионуклидами. Выбросы ППГХО и их радионуклидный состав в 2021 г. (и для сравнения в 2019–2020 гг.) представлены в табл. 2.8.5 (данные ППГХО).

Таблица 2.8.5

Выбросы радионуклидов от ППГХО в атмосферу в 2019–2021 гг.

Наименование радионуклида	Допустимый выброс, Бк/год	Фактический выброс, Бк/год			% от норматива
		2021 г.	2020 г.	2019 г.	
ДЖН	$2,67 \cdot 10^{10}$	$2,06 \cdot 10^{10}$	$4,974 \cdot 10^{10}$	$1,527 \cdot 10^{10}$	77,1
^{222}Rn	$1,24 \cdot 10^{15}$	$5,41 \cdot 10^{14}$	$4,841 \cdot 10^{14}$	$4,13 \cdot 10^{14}$	43,6
^{218}Po	$2,19 \cdot 10^{14}$	$2,12 \cdot 10^{13}$	$2,108 \cdot 10^{13}$	$1,473 \cdot 10^{13}$	9,6
^{214}Pb	$2,68 \cdot 10^{14}$	$1,10 \cdot 10^{14}$	$1,096 \cdot 10^{13}$	$7,471 \cdot 10^{13}$	41,0
^{214}Bi	$1,75 \cdot 10^{14}$	$8,05 \cdot 10^{13}$	$8,01 \cdot 10^{13}$	$5,459 \cdot 10^{13}$	46,0
^{232}Th	$1,65 \cdot 10^9$	$2,02 \cdot 10^9$	$2,063 \cdot 10^9$	$1,74 \cdot 10^9$	122,4
^{40}K	$7,47 \cdot 10^9$	$4,35 \cdot 10^9$	$4,621 \cdot 10^9$	$7,321 \cdot 10^9$	58,2
Сумма	$1,902 \cdot 10^{15}$	$7,53 \cdot 10^{14}$	$5,963 \cdot 10^{14}$	$5,571 \cdot 10^{14}$	39,6

Примечание: ДЖН – смесь долгоживущих радионуклидов (суммарный выброс ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U , ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{210}Po).

Смесь радионуклидов урана, ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{210}Po выбрасывается из ГМЗ, из шахтных стволов и вентиляционных шурфов урановых рудников, а также из труб ТЭЦ. Радионуклиды ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Pb и ^{214}Bi выбрасываются из стволов и вентиляционных шурфов ПУР-1, ^{232}Th и ^{40}K – только из труб ТЭЦ.

В 2021 году от объектов ПАО «ППГХО» выброшено в атмосферу нормируемых радионуклидов с суммарной активностью $7,53 \cdot 10^{14}$ Беккерель.

Из табл. 2.8.5 видно, что в 2021 г. выбросы на ППГХО для нормируемых радионуклидов не превышали установленных нормативов.

Поддержание уровней, не превышающих нормативы, достигается прежде всего проведением технических мероприятий, таких как:

- закладка отработанных горных выработок твердеющей закладкой для снижения эманирования;
- подводное складирование твердых отходов ГМЗ, ТЭЦ;
- контроль содержания радионуклидов в добываемом угле разрезу управления «Уртуйский».

Состояние водных объектов, расположенных вблизи ППГХО

Сброс радиоактивных элементов техногенного характера из объектов ППГХО в природные или искусственные водоёмы и реки общего назначения не осуществляется.

Загрязнённые радионуклидами шахтные воды подземных рудников, образующиеся при добыче урановых руд, в полном объёме поступают на ГМЗ, перерабатывающий урановые руды. Хозяйственно-бытовые стоки г. Краснокаменска и промышленных объектов ППГХО очищаются на городских очистных сооружениях и сбрасываются в озёра-накопители – в систему Умыкейских озёр. Взаимное проникновение шахтных вод и хозяйственно-бытовых стоков исключено, так как имеются отдельные коммуникационные системы транспортировки. Объём сбросных вод в систему Умыкейских озёр в 2021 г. составил $10,4 \cdot 10^6$ тыс. м³/год. Активность годовых сбросов радионуклидов со смесью хозяйственно-бытовых и промышленных стоков в 2020–2021 гг. представлена в табл. 2.8.6.

Таблица 2.8.6

Сбросы радионуклидов со смесью хозяйственно-бытовых и промышленных стоков в систему Умыкейских озёр и средняя за год объёмная активность радионуклидов (A_v) в сбросных водах

Наименование радионуклида	Разрешённый сброс, Бк/год	Фактический сброс, Бк/год		A_v в смеси стоков, Бк/л (данные ППГХО)		УВ в питьевой воде, Бк/л
		2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	
U ест.	$1,86 \cdot 10^{10}$	$1,51 \cdot 10^{10}$	$1,17 \cdot 10^{10}$	1,445	1,136	3,0
^{226}Ra	нн	$2,78 \cdot 10^8$	$2,79 \cdot 10^8$	0,027	0,027	0,49
^{230}Th	нн	$5,93 \cdot 10^9$	$4,15 \cdot 10^9$	0,569	0,402	0,65
^{210}Po	нн	$1,31 \cdot 10^9$	$1,15 \cdot 10^9$	0,126	0,111	0,11
^{210}Pb	нн	$1,50 \cdot 10^9$	$1,52 \cdot 10^9$	0,240	0,148	0,20

Примечание: нн – без утверждённых нормативов допустимых сбросов.

По данным табл. 2.8.6, в 2021 г. фактическая активность ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{230}Th , ^{226}Ra , находящихся в сбросах ППГХО в систему Умыкейских озёр, практически не изменилась по сравнению с 2020 годом. Радионуклиды ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{226}Ra и ^{230}Th сбрасываются ППГХО без утверждённых нормативов допустимых сбросов, а суммарная активность от естественных изотопов урана («U ест.») не превысила величину разрешённого сброса. Объёмная активность всех нуклидов в сбрасываемой смеси стоков, по данным ППГХО, в 2021 г. была ниже уровня вмешательства (УВ) для питьевой воды по НРБ-99/2009 [4].

В табл. 2.8.7 приводятся данные ППГХО по среднегодовой сумме отношений объёмной активности i -го радионуклида A_i в воде к соответствующему для данного радионуклида уровню вмешательства – $УВ_i$ в питьевой воде (далее – « $\sum (A_i/УВ_i)$ ») в 2020–2021 гг. в воде открытых водоёмов, расположенных в пади Сухой Урулунгуй и в примыкающих к ней падах в районе ППГХО. $УВ_i$ в питьевой воде принимаются в соответствии с Приложением 2а НРБ-99/2009. Перечисленные в табл. 2.8.7 водоёмы предназначены для технологических целей.

Таблица 2.8.7

Среднегодовая сумма отношений объёмной активности радионуклида в воде открытых водоёмов (A_i) в районе ППГХО к соответствующему уровню вмешательства ($УВ_i$) для данного радионуклида (данные ППГХО)

Место отбора проб	$\sum (A_i/УВ_i)$	
	2021 г.	2020 г.
Система Умыкейских озёр	3,66	2,85
Резервное водохранилище	2,31	2,71
Карьер ПГС-2	4,71	2,83

Примечания: A_i – объёмная активность для контролируемых в воде открытых водоёмов радионуклидов: U-ест., ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{210}Po , ^{210}Pb ;
 $УВ_i$ – соответствующие указанным радионуклидам уровни вмешательства для питьевой воды.

Из табл. 2.8.7 видно, что в 2021 г. $\sum (A_i/УВ_i)$ для всех водоёмов больше 1, но меньше 10. Использование перечисленных выше водоёмов в целях питьевого водоснабжения запрещено. Так как вода из этих водоёмов используется исключительно для технических целей и классифицируется как техническая, то в проведении мероприятий по снижению содержания радионуклидов в воде нет необходимости.

$\sum (A_i/УВ_i)$ в 2021 г., по сравнению с 2020 г., согласно приведённым в табл. 2.8.7 данным, в резервном водохранилище уменьшились в 1,2 раза, в системе Умыкейских озёр увеличились в 1,3 раза, в карьере ПГС-2 увеличились в 1,7 раза.

Территория, на которой расположено ППГХО, характеризуется развитием естественной гидрохимической аномалии, создаваемой урановыми и флюоритовыми месторождениями, обогащающими подземную воду ураном и фтором. Определение радионуклидного состава местных подземных вод показало, что объёмная активность урана естественного в пробах подземных вод, отобранных в скважине 2, составляет 4,36 Бк/л. Ареал активного загрязнения в районе расположения 2-й скважины дальнейшего распространения не имеет. Наличие повышенной активности свинца-210 (от 0,2 до 0,43 Бк/л), полония-210 (от 0,13 до 0,3 Бк/л) и тория-230 (от 0,77 до 0,78 Бк/л) в других обследуемых скважинах связано как с повышенным фоновым содержанием данных радионуклидов ряда природного урана в подземной воде, характерной для данной местности, так и с влиянием хвостохранилищ ГМЗ на подземные воды пади Широндукуй.

Содержание естественного урана в скважинах, расположенных в районе хвостохранилищ ГМЗ и огаркохранилища сернокислотного цеха (СКЦ) ниже уровня вмешательства для питьевой воды (меньше 3,0 Бк/л по НРБ-99/2009).

Характеристика радиоактивных отходов ПАО «ППГХО»

Хранение радиоактивных отходов, таких как «хвосты» ГМЗ, радиоактивный лом чёрных металлов, осуществляется в специальных хранилищах. Имеются искусственные защитные дамбы, в чаше хвостохранилища имеется противодиффузионный экран из двух слоёв специальной полиэтиленовой плёнки, суглинка и каменной наброски. Контроль утечек дамбовых вод из хвостохранилищ ГМЗ осуществляется посредством периодического отбора проб из наблюдательных скважин. Перехват загрязнённых грунтовых вод производится сетью скважин, расположенных в нижнем створе пади Широндукуй. Загрязнённая вода возвращается на технологические нужды основного и вспомогательного производств.

Согласно п. 4 статьи 12 Федерального закона № 190-ФЗ и документу «Перечень РАО, образующихся в результате деятельности ППГХО» от 2020 г., все РАО являются очень низкоактивными, и передача РАО от ППГХО для захоронения в ФГУП «Национальный оператор по обращению с РАО» не предусматривается.

Всего с начала работ по 14.07.2011 года накоплено 63 521 418 тонн ТРО (федеральная собственность), в период с 15.07.2011 г. до 01.01.2022 г. – 10 244 378 т (эксплуатационные РАО ПАО «ППГХО»).

Место временного хранения переведённых в категорию РАО закрытых источников ионизирующего излучения – центральное хранилище, находящееся в ЦЛ КИПиА.

Контроль радиационной обстановки ППГХО

Контроль радиационной обстановки в СЗЗ и ЗН ППГХО осуществляется силами ППГХО. В СЗЗ и ЗН предприятия контролируется содержание радионуклидов в приземной атмосфере, в воде открытых водоёмов, в грунтовых и сбросных водах, в почве, а также мощность дозы гамма-излучения на местности. По результатам радиационного мониторинга получены следующие результаты:

– объединённая СЗЗ промышленной площадки (контрольные точки) – МАЭД составляет 0,10–0,34 мкЗв/ч при среднем значении 0,18 мкЗв/ч, ЭРОА Rn – < 15,0 Бк/м³;

– хвостохранилища (верхний, средний створ) ГМЗ – МАЭД составляет 0,14 – 0,63 мкЗв/ч при среднем значении 0,32 мкЗв/ч, ЭРОА Rn – < 25,0 Бк/м³;

– огаркоохранилище СКЦ – МАЭД составляет 0,14–0,29 мкЗв/ч, при среднем значении 0,18 мкЗв/ч, ЭРОА – < 15,0 Бк/м³;

– золоотвал ТЭЦ – МАЭД составляет 0,22–0,47 мкЗв/ч при среднем значении 0,33 мкЗв/ч, ЭРОА – < 15,0 Бк/м³;

– озёра-накопители (Умыкейская система озёр) – МАЭД составляет 0,09 – 0,18 мкЗв/ч при среднем значении 0,13 мкЗв/ч, ЭРОА – < 10,0 Бк/м³.

Радиационный контроль г. Краснокаменска осуществляется на 19 пикетах, расположенных в разных микрорайонах города. По результатам мониторинга величина МАЭД составляет в среднем по городу 0,16 мкЗв/ч, ЭРОА – < 10,0 Бк/м³, запылённость – 0,290 мг/м³.

Радиационный мониторинг в 100-км зоне ППГХО

Радиационный мониторинг в 100-км зоне ППГХО осуществляет Забайкальское УГМС путём ежедневных наблюдений на шести станциях за МАЭД и на пяти станциях за атмосферными радиоактивными выпадениями, расположение которых показано на рис. 2.8.3. Данные по $\Sigma\beta$ в выпадениях, а также среднегодовые и максимальные значения МАЭД в пунктах 100-км зоны приведены в табл. 2.8.8.



Рис. 2.8.3. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг ППГХО:

- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- ⊗ – ППГХО.

Среднемесячные (с) и максимальные среднесуточные (м) значения $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне вокруг ППГХО в 2021 г., Бк/м²·сут (данные Забайкальского УГМС)

Месяц		Пункт наблюдений и соответствующие $\Sigma\beta$ в выпадениях, Бк/м ² ·сут					Среднее по 100-км зоне вокруг ППГХО	
		п. Ал. Завод	п. Забайкальск	п. Кайластуй	п. Краснокаменск	п. Приаргунск	2020 г.	2021 г.
Январь	с	1,1	1,2	1,1	0,9	1,3	1,3	1,1
	м	2,7	2,4	2,6	2,1	3,0		
Февраль	с	1,2	1,4	0,8	0,8	0,9	1,4	1,0
	м	2,4	3,2	2,3	1,6	2,1		
Март	с	1,3	1,7	1,4	1,0	1,1	1,2	1,3
	м	3,0	5,1	3,0	2,1	2,7		
Апрель	с	1,2	1,3	1,1	1,0	1,1	1,6	1,1
	м	2,3	2,8	3,5	2,3	2,5		
Май	с	1,6	1,3	1,4	1,1	1,2	1,3	1,3
	м	6,3	2,9	2,9	1,9	2,0		
Июнь	с	1,1	1,0	1,1	0,9	0,9	1,0	1,0
	м	2,7	3,3	2,0	2,5	2,0		
Июль	с	1,1	1,0	0,9	1,1	1,3	1,1	1,1
	м	3,2	2,2	2,4	2,3	2,7		
Август	с	1,0	1,0	1,0	0,7	0,9	1,3	0,9
	м	2,8	2,4	2,8	2,2	1,9		
Сентябрь	с	0,8	1,2	1,0	1,0	1,4	1,0	1,1
	м	2,2	3,4	2,1	2,1	2,9		
Октябрь	с	1,2	1,3	1,2	1,4	0,9	1,0	1,2
	м	3,2	3,6	2,7	3,8	2,0		
Ноябрь	с	1,2	1,1	1,6	1,0	1,1	0,8	1,2
	м	3,1	2,6	4,5	2,2	3,8		
Декабрь	с	1,1	1,0	1,8	1,0	0,9	0,8	1,2
	м	2,9	3,1	4,3	3,7	2,3		
Средняя $\Sigma\beta$, Бк/м ² ·сут		1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2
$\Sigma\beta$ за год, Бк/м ² ·год:							с	м
2021 г.		438	428	438	402	402	422	438
2020 г.		403	403	403	439	439	403	439
МАЭД за 2021 г., мкЗв/ч:	с	0,12	0,13	0,13	0,14	0,13	0,14	
	м	0,18	0,18	0,19	0,18	0,17		

Усреднённая по 100-км зоне ППГХО $\Sigma\beta$ выпадений за 2021 г. (1,2 Бк/м²·сут) была примерно на уровне средних значений по Забайкальскому краю (1,1 Бк/м²·сут). По результатам стационарных наблюдений Забайкальского УГМС среднемесячные значения МАЭД в пяти пунктах радиометрической сети, расположенных в 100-км зоне вокруг ППГХО, в 2021 г. колебались в диапазоне 0,12–0,19 мкЗв/ч. Максимальные суточные значения МАЭД – 0,19 мкЗв/ч – были отмечены в г. Кайластуй в мае. Среднегодовое значение МАЭД в 100-км зоне ППГХО в 2021 г. составило 0,13 мкЗв/ч и в целом соответствует среднему значению для территории Забайкалья (0,14 мкЗв/ч).

В 100-км зоне наблюдения ППГХО отбор аэрозолей для определения содержания в приземной атмосфере радиоактивных веществ отсутствует. Отбор проб аэрозолей на территории Забайкальского края производится в г. Чите. В 2021 г. среднегодовая объёмная β -активность в приземном воздухе г. Читы (табл. 2.8.9) составила $6,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ и в целом сохраняется на уровне 2020 г. ($8,9 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³).

Объёмная активность радионуклидов в приземном слое воздуха в г. Чите, Бк/м³
(данные Забайкальского УГМС, Приморского УГМС, НПО «Тайфун»)

Пункт наблюдения	Год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Среднее за год	Средневзвешенное по территории Юга Восточной Сибири
¹³⁷Cs, 10⁻⁷ Бк/м³							
Чита	2019	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	1,2
	2020	1,0	1,6	1,0	1,9	1,4	1,7
	2021	нпо	нпо	1,0	нпо	нпо	1,1
⁹⁰Sr, 10⁻⁷ Бк/м³							
Чита	2019	0,8		0,4		0,6	1,5
	2020	0,6		0,6		0,6	1,6
	2021	0,6		0,5		0,6	1,0
∑β, 10⁻⁵ Бк/м³							
Чита	2019	9,9	8,6	7,1	7,2	8,2	28,0
	2020	10,4	11,4	6,8	6,8	8,9	30,5
	2021	5,6	7,4	5,9	7,6	6,6	28,7

Примечание: нпо – ниже предела обнаружения.

В 2021 г. среднегодовые объёмные активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в г. Чите регистрировались на пределе обнаружения и были ниже средневзвешенных значений по территории Юга-Восточной Сибири. Среднегодовая ∑β (6,6·10⁻⁷ Бк/м³) уменьшилась в 1,3 раза по сравнению с 2020 годом (8,9·10⁻⁷ Бк/м³).

Специалистами Забайкальского УГМС 16–18 августа 2021 г. было проведено экспедиционное обследование радиационной обстановки в 20-км зоне в районе ППГХО. Обследование (измерение МАЭД) осуществлялось в пяти пунктах: с. Соктуй – Милозан, пос. Целинный – ст. Урулунгуй, водохранилище – г. Краснокаменск, хвостохранилище – Октябрьский, ст. Маргуцек. Анализ результатов измерений МАЭД показал, что наибольшее значение (0,31 мкЗв/ч) зарегистрировано в точке обследования хвостохранилища – Октябрьский. Октябрьский возник в 1960-е годы как посёлок при урановом месторождении. При строительстве посёлка не был учтён выход радиоактивного газа радона из тектонических разломов, в результате чего радиационный фон в посёлке был превышен. В 1999 г. было принято решение о расселении Октябрьского. В начале 2010-х гг. посёлок полностью расселён (жители переселены в г. Краснокаменск). В 2014 г. пос. Октябрьский официально упразднён.

Показатели МАЭД в других точка обследования (в населённых пунктах) находятся в пределах фонового значения (0,15–0,26 мкЗв/ч).

Из приведённых данных следует, что радиационная обстановка в 100-км зоне ППГХО в 2021 г. остаётся стабильной.

Выводы

Анализ приведённых данных позволяет сделать вывод, что радиационная обстановка на территории ДВФО в 2021 г. была стабильной. Содержание техногенных радионуклидов в воздухе, осадках, морских и поверхностных водах было на уровне средних значений для территории РФ. Необходимо отметить, что производственная деятельность ППГХО сопровождается дополнительным поступлением радионуклидов природного происхождения в открытые водоёмы в окрестностях предприятия, вода из которых из-за превышения нормативов по НРБ-99/2009 не может использоваться населением как питьевая.

Список литературы к разделу 2

1. Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации на 01.01.2020 (в разрезе субъектов Российской Федерации). Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/>
2. Бюллетень «Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям» [Электронный ресурс]. М.: Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2021. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce.
3. Распоряжение Правительства РФ от 14 сентября 2009 г. № 1311-р (в ред. распоряжения Правительства РФ от 14 апреля 2018 г. № 674-р) «Об утверждении перечня организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно-опасные производства и объекты (с изменениями на 21 марта 2022 года)».
4. Данные по радиоактивному загрязнению территории населённых пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием (239+240) / Под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2021. 233 с.
5. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2019 году. Ежегодник / Под ред. В.М. Шершакова, В.Г. Булгакова, С.М. Вакуловского и др. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2020. 332 с.
6. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2020 году. Ежегодник / Под ред. В.М. Шершакова, В.Г. Булгакова, С.М. Вакуловского и др. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2021. 330 с.
7. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2011 году. Ежегодник / Под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2012. 297 с.
8. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
9. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2013 году. Ежегодник / Под ред. В.М. Шершакова, В.Г. Булгакова, С.М. Вакуловского и др. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2014. 357 с.
10. Руководство по организации контроля состояния природной среды в районе расположения АЭС / Под ред. К.П. Махонько. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 264 с.
11. Трансурановые элементы в окружающей среде / Под ред. У.С. Хэнсона. М.: Энергоатомиздат, 1985.
12. Старков О.В., Моисеева О.В. Пространственно-временная миграция трития на территории промплощадки ГНЦ РФ – ФЭИ и её окрестностях. Информационный бюллетень. Ядерная и радиационная безопасность России. М.: ЦНИИАтоминформ, 2002. С. 64–75.
13. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2001 году. Ежегодник. СПб: Гидрометеиздат, 2002. 225 с.

14. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2005 году. Ежегодник / Под ред. С.М. Вакуловского. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. 274 с.
15. СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99 / 2010) М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 83 с.
16. Указ Президента Российской Федерации «О Южном федеральном округе № 375 от 28 июля 2016 г.».
17. Звіт «Радіоактивне забруднення території України в 2014 році»: Щорічник / Під ред. О.О. Косовця. Київ: ЦГО, 2015.
18. Указ Президента РФ от 03.11.2018 № 632 «О внесении изменений в Перечень федеральных округов, утверждённый Указом Президента Российской Федерации от 13 мая 2000 г. № 849».
19. Отчёт об экологической безопасности ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор» за 2020 г. ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор». 36 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ehp-atom.ru/public/upload/file/ekologicheskij_otchet_za_2020_god_veb.pdf

3. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ АЭС И КРУПНЕЙШИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНО-ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

3.1. Балаковская АЭС

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция» (далее – Балаковская АЭС) расположен на левом берегу Саратовского водохранилища р. Волги в 10,5 км на северо-восток от г. Балаково Саратовской области и в 170 км от г. Саратова.

В 2021 г. в эксплуатации на Балаковской АЭС находились четыре однотипных энергоблока с реакторами ВВЭР-1 000 общей мощностью 4 000 МВт.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) Балаковской АЭС ограничивается пределами промплощадки, которая представляет многоугольник общей площадью 3,75 км², площадь зоны наблюдения (ЗН) составляет около 660 км², радиус ЗН – 14 км. Окружность ЗН отсчитывается от геометрического центра венттруб реакторных отделений энергоблоков № 1–4 и включает населённые пункты: г. Балаково с прилегающим к нему пос. Ивановка, а также посёлки Богородское и Широкий Буерак.

На промплощадке Балаковской АЭС расположены все основные и вспомогательные сооружения энергоблоков. На прилегающей к промплощадке территории располагаются сооружения ряда цехов и подразделений Балаковской АЭС, строительного-монтажных организаций, тепличного хозяйства, поля и сельскохозяйственные угодья сёл Натальино и Матвеевка, а также водоём-охладитель.

Радиационный контроль за объектами окружающей среды охватывает территорию вокруг АЭС радиусом 30 км. Река Волга пересекает эту зону в направлении с северо-востока на юго-запад и в её пределах делится на два участка: в верхней части до Балаковского гидроузла – Саратовское водохранилище, в нижней части – Волгоградское. Из крупных притоков Волги в 30-км зону попадают устье р. Малый Иргиз, затопленное Саратовским водохранилищем, и участок нижнего течения р. Большой Иргиз.

Рельеф левобережной части контролируемого района ровный, ландшафт – сухая степь. Правый берег холмистый, представлен зоной лесостепи. В регионе расположения Балаковской АЭС представлены почвы трёх типов: серые и тёмно-серые лесные почвы; чернозёмы (обыкновенные, южные, карбонатные, выщелоченные, солонцеватые) и лугово-чернозёмные почвы степей (каштановые, тёмно-каштановые, каштановые с солонцами, лугово-каштановые).

В 30-км зону Балаковской АЭС входят части территорий пяти районов Саратовской области (Балаковского, Вольского, Хвалынского, Духовницкого, Пугачёвского), в которых располагаются 43 населённых пункта (рис. 3.1.1) с населением примерно 230 тыс. человек, из них в г. Балаково проживают около 188 тыс. жителей.

Газоаэрозольные выбросы от каждого энергоблока Балаковской АЭС и из спецкорпуса производятся отдельно через венттрубы. Данные о газоаэрозольных выбросах радионуклидов на Балаковской АЭС в атмосферу в 2020–2021 гг. представлены в табл. 3.1.1.

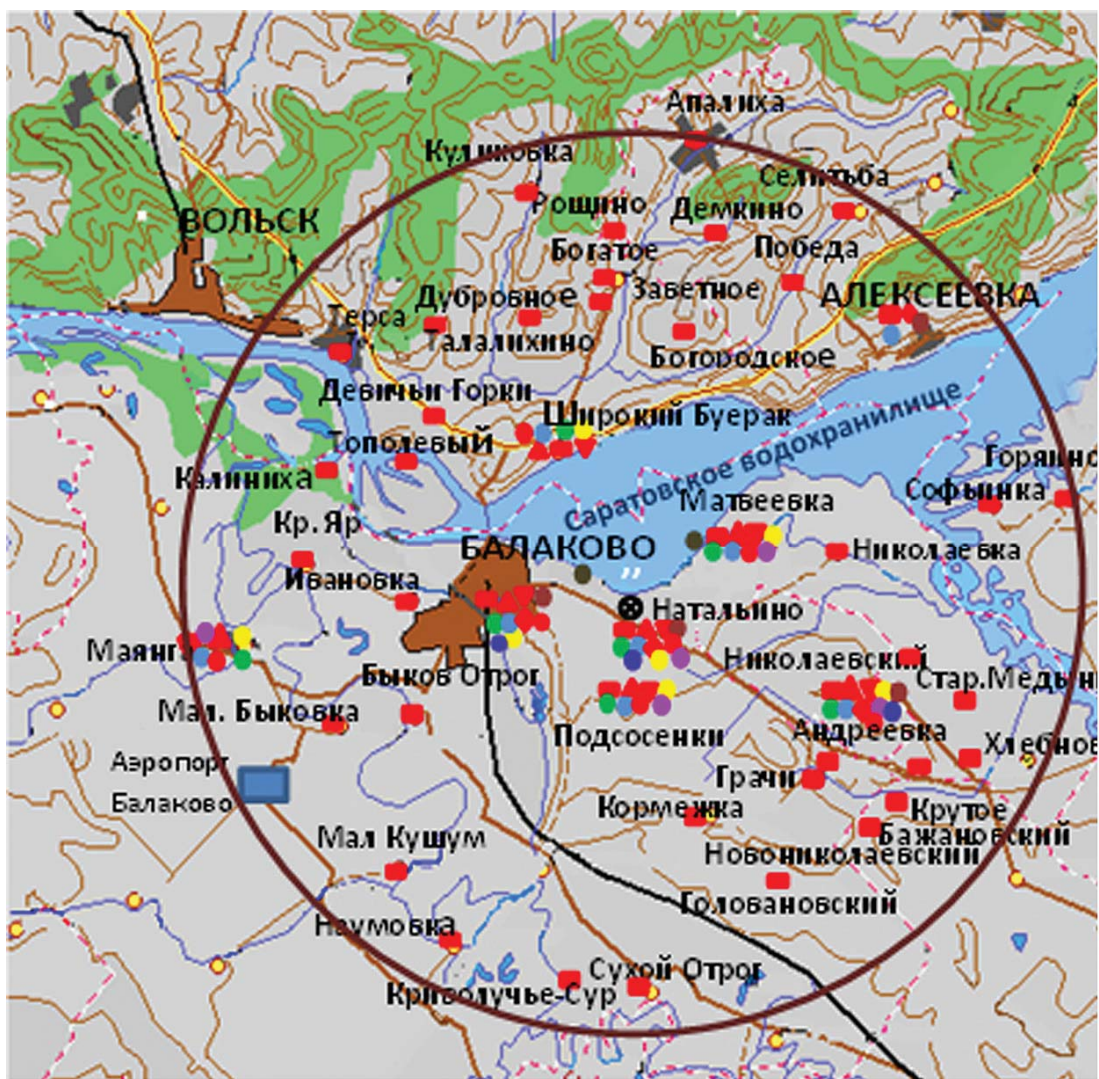


Рис. 3.1.1. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 30-км зоне вокруг Балаковской АЭС:

- — наблюдения за МАЭД;
- — измерение накопленной дозы гамма-излучения;
- ▲ — отбор проб атмосферных аэрозолей;
- ▼ — отбор проб атмосферных выпадений;
- — отбор проб снега;
- — отбор проб почвы;
- — отбор проб луговой растительности;
- ◆ — отбор проб воды поверхностных водоёмов;
- — отбор проб продуктов питания местного производства;
- — отбор проб донных отложений;
- — отбор проб водной растительности;
- — отбор проб рыбы;
- ⊗ — Балаковская АЭС.

Суммарные выбросы всех контролируемых радионуклидов уменьшились и были значительно ниже допустимых.

Таблица 3.1.1

Выбросы радионуклидов в атмосферу на Балаковской АЭС, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^3H	$5,25 \cdot 10^{14}$	$2,60 \cdot 10^{12}$	$3,59 \cdot 10^{12}$	$-1,010^{12}$
^{14}C	$4,87 \cdot 10^{13}$	$9,47 \cdot 10^7$	$1,06 \cdot 10^8$	$-1,1 \cdot 10^7$
^{41}Ar	$3,62 \cdot 10^{15}$	$3,80 \cdot 10^{10}$	$4,95 \cdot 10^{11}$	$-4,6 \cdot 10^{11}$
^{60}Co	$2,86 \cdot 10^9$	$1,93 \cdot 10^5$	$9,34 \cdot 10^5$	$-7,4 \cdot 10^5$
^{87}Kr	$4,66 \cdot 10^{14}$	$6,00 \cdot 10^{10}$	$1,03 \cdot 10^{11}$	$-4,3 \cdot 10^{10}$
^{88}Kr	$3,84 \cdot 10^{14}$	$5,98 \cdot 10^{10}$	$2,32 \cdot 10^{11}$	$-1,7 \cdot 10^{11}$
^{131}I	$4,57 \cdot 10^8$	$1,32 \cdot 10^5$	$1,91 \cdot 10^5$	$-5,9 \cdot 10^4$
^{134}Cs	$4,17 \cdot 10^8$	$1,25 \cdot 10^5$	$2,39 \cdot 10^5$	$-1,1 \cdot 10^5$
^{137}Cs	$7,15 \cdot 10^8$	$1,67 \cdot 10^5$	$4,62 \cdot 10^5$	$-3,0 \cdot 10^5$
^{133}Xe	$1,52 \cdot 10^{14}$	$9,66 \cdot 10^9$	$2,18 \cdot 10^{10}$	$-1,2 \cdot 10^{10}$
^{135}Xe	$2,09 \cdot 10^{14}$	$3,67 \cdot 10^{10}$	$2,27 \cdot 10^{11}$	$-1,9 \cdot 10^{11}$
$^{135\text{m}}\text{Xe}$	$6,05 \cdot 10^{13}$	$3,70 \cdot 10^{10}$	$8,51 \cdot 10^{10}$	$-4,8 \cdot 10^{10}$
^{138}Xe	$6,72 \cdot 10^{13}$	$4,99 \cdot 10^{10}$	$5,94 \cdot 10^{10}$	$-9,5 \cdot 10^9$

Сброс радионуклидов со сточными водами на Балаковской АЭС производится в водоём-охладитель. Водоём-охладитель используется на Балаковской АЭС для организации технического оборотного водоснабжения.

Он представляет отгороженное дамбой водохранилище длиной 6,8 км, шириной 2,6 км и средней глубиной 5,75 м. Вода водоёма-охладителя используется в качестве циркуляционной для охлаждения турбин энергоблоков Балаковской АЭС. Равномерность теплового использования водоёма-охладителя обеспечивается струенаправляющей дамбой. Длина дамбы – 5,5 км. Брызгальные бассейны относятся к системе оборотного технического водоснабжения, изолированной от внешних водоёмов, грунтовых вод и других систем водоснабжения. Подробное описание системы водопотребления и водоотведения, а также системы сброса радионуклидов со сточными водами на Балаковской АЭС приведено в [1].

Данные о сбросах радионуклидов со сточными водами в водоём-охладитель на Балаковской АЭС в 2020–2021 гг. представлены в табл. 3.1.2.

Таблица 3.1.2

Сбросы радионуклидов с жидкими стоками в водоём-охладитель на Балаковской АЭС, Бк

Источник сбросов, № выпуска	Носитель сбросов (характер сточных вод)	Приёмник (водоём, река)	Годовой объём сброса, м ³	Радионуклид	Допустимый сброс за год, Бк	Сброс за 2021 год, Бк	Сброс за 2020 год, Бк
Выпуск № 19	ПЛК стройбазы в отводящий канал	Водоём-охладитель	$1,54 \cdot 10^5$	^{54}Mn	$2,00 \cdot 10^9$	$5,69 \cdot 10^5$	$4,71 \cdot 10^5$
				^{58}Co	$1,80 \cdot 10^{10}$	$5,63 \cdot 10^5$	$4,71 \cdot 10^5$
				^{60}Co	$3,80 \cdot 10^8$	$5,74 \cdot 10^5$	$4,71 \cdot 10^5$
				^{65}Zn	$9,30 \cdot 10^9$	$6,46 \cdot 10^5$	$4,71 \cdot 10^5$
				^{106}Ru	$6,40 \cdot 10^9$	$2,06 \cdot 10^6$	$4,71 \cdot 10^5$
				^{134}Cs	$8,70 \cdot 10^8$	$6,02 \cdot 10^5$	$4,71 \cdot 10^5$
				^{137}Cs	$1,20 \cdot 10^9$	$6,02 \cdot 10^5$	$4,71 \cdot 10^5$
				^{144}Ce	$8,40 \cdot 10^9$	$2,01 \cdot 10^6$	$4,71 \cdot 10^5$
Выпуск № 5,7,9,11	Выпуск в подводящий канал с автодороги БНС-1 БНС-4	Водоём-охладитель	$8,43 \cdot 10^3$	^{54}Mn	$2,00 \cdot 10^9$	$3,14 \cdot 10^4$	$8,23 \cdot 10^5$
				^{58}Co	$8,10 \cdot 10^9$	$3,11 \cdot 10^4$	$8,23 \cdot 10^5$
				^{60}Co	$3,80 \cdot 10^8$	$3,17 \cdot 10^4$	$8,23 \cdot 10^5$
				^{65}Zn	$2,80 \cdot 10^9$	$3,56 \cdot 10^4$	$8,23 \cdot 10^5$
				^{106}Ru	$1,60 \cdot 10^9$	$1,12 \cdot 10^5$	$8,23 \cdot 10^5$
				^{134}Cs	$5,80 \cdot 10^8$	$3,32 \cdot 10^4$	$8,23 \cdot 10^5$
				^{137}Cs	$8,90 \cdot 10^8$	$3,32 \cdot 10^4$	$8,23 \cdot 10^5$
				^{144}Ce	$2,10 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^5$	$8,23 \cdot 10^5$

Источник сбросов, № выпуска	Носитель сбросов (характер сточных вод)	Приёмник (водоём, река)	Годовой объём сброса, м ³	Радионуклид	Допустимый сброс за год, Бк	Сброс за 2021 год, Бк	Сброс за 2020 год, Бк
Выпуск №3	Выпуск в подводящий канал от зданий территории ОГК, ОВК	Водоём-охладитель	3,4·10 ⁴	³ H	9,40·10 ¹²	1,11·10 ¹¹	-
				⁵⁴ Mn	2,0·10 ⁹	9,52·10 ⁴	-
				⁵⁸ Co	1,80·10 ¹⁰	9,35·10 ⁴	-
				⁶⁰ Co	3,80·10 ⁸	9,69·10 ⁴	-
				⁶⁵ Zn	9,30·10 ⁹	1,19·10 ⁵	-
				¹⁰⁶ Ru	7,10·10 ⁹	5,47·10 ⁵	-
				¹³⁴ Cs	8,70·10 ⁸	1,75·10 ⁵	-
				¹³⁷ Cs	1,20·10 ⁹	1,05·10 ⁵	-

В соответствии с требованиями Изменения № 1 в «Положении о годовых отчётах по оценке состояния безопасной эксплуатации энергоблоков атомных станций» (СТО 1.1.1.04.001.0143–2015) в случае, если существующими на АЭС приборами и методами некоторые радионуклиды, нормируемые в сбросах, не определяются, фактическому сбросу нормируемого радионуклида присваивается значение $\frac{1}{2}$ произведения нижнего предела измерения на суммарный объём сброса. В этой связи в табл. 3.1.2 в основном представлены расчётные оценки сбросов техногенных радионуклидов. Сброс общей активности с жидкими стоками в водоём-охладитель составлял в 2021 г. около $1,1 \cdot 10^{11}$ Бк и был в основном обусловлен тритием, сброс которого был значительно ниже допустимого.

Радиационный мониторинг в СЗЗ и ЗН Балаковской АЭС осуществляет лаборатория контроля внешней радиационной безопасности (ЛКВРБ) отдела радиационной безопасности (ОРБ) Балаковской АЭС, а в 100-км зоне – Приволжское УГМС.

Схема расположения пунктов радиационного мониторинга ОРБ Балаковской АЭС в 30-км зоне приведена на рис. 3.1.1. В 2021 г. ОРБ Балаковской АЭС радиационный контроль окружающей среды проводился путём измерений:

- МАЭД (мощность амбиентного эквивалента дозы внешнего гамма-излучения) в 30-км зоне Балаковской АЭС с помощью переносных приборов, 22 датчиков автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) и прямой съёмки гамма-фона на местности с помощью передвижной радиометрической лаборатории;

- годовой поглощённой дозы во всех населённых пунктах, входящих в 30-км зону, с помощью дозиметров с термолюминесцентными детекторами ТЛД-500К;

- суммарной β -активности радионуклидов ($\Sigma\beta$) и содержания отдельных техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды (атмосферном воздухе и выпадениях, воде поверхностных водоёмов, городских и станционных коммуникаций, грунтовых водах, почве, растительности, донных отложениях, продуктах питания и питьевой воде), активности трития в воде поверхностных водоёмов.

Радиоактивность приземного слоя атмосферного воздуха и атмосферных выпадений в 2021 г. контролировалась ОРБ Балаковской АЭС на стационарных постах радиационного мониторинга, расположенных в населённых пунктах на различном удалении от АЭС (7–32 км) по основным направлениям ветра, в течение всего года (рис. 3.1.1). Пробы отбирались методом прокачивания больших объёмов воздуха воздухофильтрующими установками УВФ-1 через фильтр ФПП-15 с экспозицией 30 ± 2 суток. Атмосферные выпадения собирались с месячной экспозицией

в стандартные метеорологические кюветы из нержавеющей стали размером 50×50 см и высотой 10 см, установленные на специальных стойках высотой 2–3 м от поверхности земли.

Для измерения содержания в пробах $\Sigma\beta$ использовалась малофоновая установка УМФ-2000Д и бета-спектрометр «Прогресс». Радионуклидный состав и содержание радионуклидов в объектах окружающей среды определялись на полупроводниковом γ -спектрометре с детектором из особо чистого германия (20 %). Активность трития в воде определялась с помощью спектрометрического комплекса СКС-07П-Б11 с минимально детектируемой активностью (МДА) 25 Бк/л при времени измерения 600 минут.

Схема расположения пунктов радиационного мониторинга Приволжского УГМС в 100-км зоне Балаковской АЭС показана на рис. 3.1.2. В 2021 г. в этой зоне действовали 10 стационарных пунктов ежедневных (каждые 3 часа) наблюдений за МАЭД, два пункта – за величиной радиоактивных выпадений из атмосферы, один пункт – за содержанием $\Sigma\beta$ в аэрозолях приземного слоя атмосферы и один пункт – за содержанием трития в воде Саратовского водохранилища в районе г. Балаково (пробы воды отбирались в Саратовском водохранилище 6 раз в год).

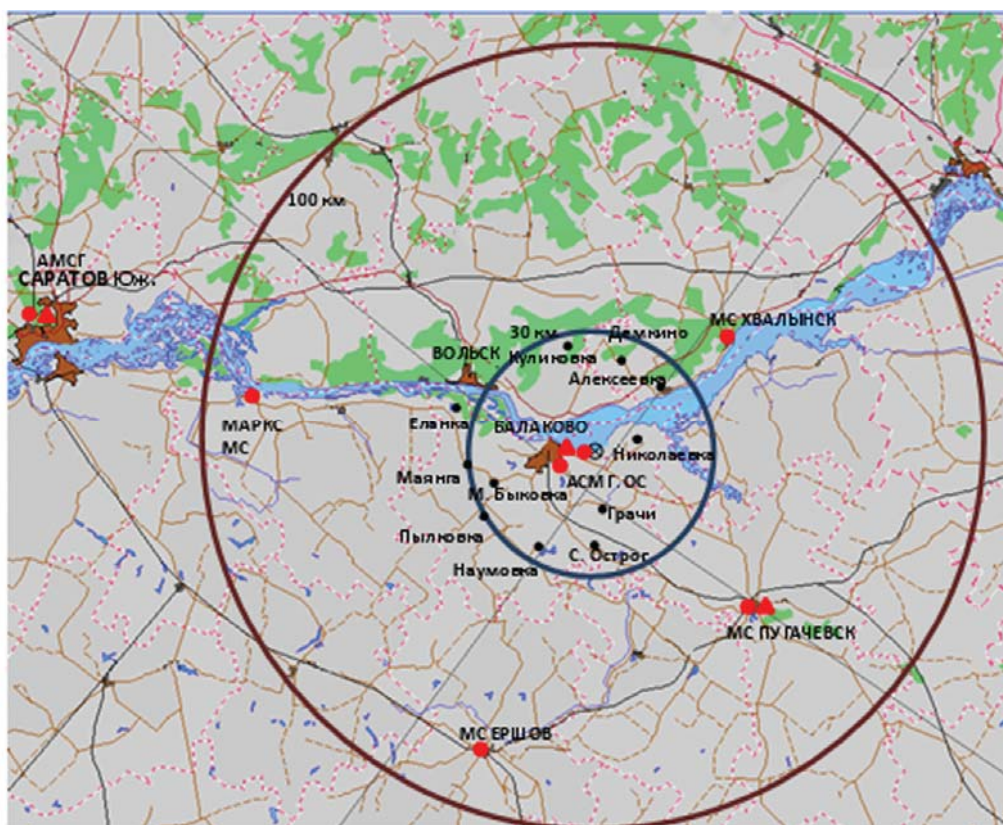


Рис. 3.1.2. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг Балаковской АЭС:

- ⊗ – АЭС;
- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений.

Измерения МАЭД проводились Приволжским УГМС дозиметрами ДБГ-06Т и дозиметрами-радиометрами ДРБП-03, для измерения содержания $\Sigma\beta$ в пробах атмосферных выпадений использовался спектрометр-радиометр МКГБ-01 «РАДЕК». Гамма-спектрометрический анализ проб и анализ проб воды на тритий проводился ФГБУ «НПО «Тайфун».

Приземная атмосфера

Результаты измерений объёмной $\Sigma\beta$ и ^{137}Cs в приземном слое атмосферы в СЗЗ и ЗН Балаковской АЭС, а также в контрольном пункте с. Маянга, расположенном в 32 км на юго-запад от АЭС, по данным ОРБ представлены в табл. 3.1.3. В таблице также представлены данные ФГБУ «НПО «Тайфун» о средневзвешенных объёмных активностях в Центре ЕТР за 2020 и 2021 годы.

Таблица 3.1.3

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферного воздуха в районе наблюдения Балаковской АЭС, Бк/м³ (данные ОРБ Балаковской АЭС и НПО «Тайфун»)

Радионуклид	СЗЗ		ЗН		Контрольный пункт		Центр ЕТР*		ДАО _{НАС.} , Бк/м ³
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	
^{137}Cs , 10 ⁻⁷	3,27	4,35	3,11	4,15	2,44	4,18	3,2	5,9	27
^{134}Cs , 10 ⁻⁷	< 2	< 3	< 2	< 3	< 2	< 3	-	-	19
^{60}Co , 10 ⁻⁷	< 2	< 3	< 2	< 3	< 2	< 3	-	-	11
$\Sigma\beta$, 10 ⁻⁵	-	4,5	-	9,2	-	11,1	21,4	21,7	-

Примечания: МДА по ^{137}Cs составляет $3,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ за время измерения 3 ч;

* – данные ФГБУ «НПО «Тайфун»;

- - нет данных.

Из табл. 3.1.3 видно, что в 2021 г. среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в воздухе СЗЗ, ЗН и контрольного пункта уменьшилась в 1,3; 1,3 и 1,7 раза по сравнению с 2020 годом. Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в воздухе во всех пунктах наблюдений была на восемь порядков ниже допустимой объёмной активности для населения ДАО_{НАС.} по НРБ-99/2009 [2]. В 2021 г. в воздухе СЗЗ, ЗН и контрольного пункта объёмная активность ^{60}Co и ^{134}Cs была менее $2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Данные УГМС ЦЧО за 2021 г. о зарегистрированных максимальных и среднемесячных объёмных $\Sigma\beta$ в воздухе приземной атмосферы в 30-км зоне Балаковской АЭС (МС Балаково) приведены в табл. 3.1.4.

Таблица 3.1.4

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе в 30-км зоне вокруг Балаковской АЭС в 2021 г., 10⁻⁵ Бк/м³ (данные Приволжского УГМС)

Пункт наблюдения		Месяц												Среднее	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.
Балаково	с	19,8	7,3	10,9	26,1	20,1	14,7	19,7	36,0	25,4	41,4	19,2	10,8	21,0	13,4
	м	75,4	24,9	35,8	53,7	44,4	54,6	61,8	85,3	89,5	97,2	120,2	27,6	120,2	73,3

Из табл. 3.1.4 видно, что в 2021 г. среднегодовая объёмная активность $\Sigma\beta$ в приземном слое воздуха в г. Балаково увеличилась в 1,6 раза по сравнению с 2020 г. и была незначительно ниже средневзвешенного значения объёмной активности $\Sigma\beta$ в воздухе по Центру ЕТР ($21,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³).

Результаты измерений $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в 2021 г. в 100-км зоне вокруг Балаковской АЭС, а также в среднем по Приволжскому УГМС приведены в табл. 3.1.5.

Таблица 3.1.5

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в 100-км зоне вокруг Балаковской АЭС в 2021 г., Бк/м²·сут (данные Приволжского УГМС)

Пункт наблюдения		Месяц												Сумма, Бк/м ² ·год	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.
Пугачёв	с	0,64	1,15	1,25	1,01	1,09	1,00	1,94	2,78	2,43	2,03	2,41	2,87	627	233
	м	0,95	3,59	2,50	1,29	1,69	1,46	3,34	3,47	3,20	2,70	4,77	4,02		
Балаково	с	4,20	3,62	3,07	0,64	4,24	3,56	3,23	2,29	2,87	3,23	2,83	3,29	1128	470
	м	14,52	21,36	17,25	16,31	28,90	12,72	25,17	15,13	7,73	7,15	5,44	5,30		
Саратов	с	0,76	0,94	1,04	0,97	1,03	1,00	2,30	2,58	2,09	2,43	2,69	2,75	626	226
	м	1,10	1,78	1,37	1,43	1,37	1,43	3,31	3,24	3,01	3,05	3,87	4,02		
Среднее по Приволжскому УГМС	с	1,92	1,63	1,24	1,20	1,15	1,17	1,52	1,57	1,73	1,90	2,10	2,03	584	412

Из табл. 3.1.5 видно, что в г. Балаково, расположенном в 30-км зоне, и в городах Пугачёве и Саратове, расположенных в 100-км зоне АЭС, среднегодовые значения $\Sigma\beta$ выпадений по сравнению с 2020 г. увеличились в 2,4 раза, в 2,7 раза и в 2,8 раза соответственно, а также были в 1,9; 1,1 и 1,1 раза выше среднегодового значения по Приволжскому УГМС соответственно. Максимальные суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне наблюдались в г. Балаково в мае и составляли 28,90 Бк/м²·сут. По данным ОРБ Балаковской АЭС, среднегодовые выпадения радионуклидов в СЗЗ, ЗН и в контрольном пункте были ниже МДА.

Почва

Отбор проб почвы проводился ОРБ Балаковской АЭС один раз в год на восьми стационарных пунктах радиационного мониторинга. Пробы почвы отбирались методом конверта. В каждом пункте в квадрате со стороной 10 м отбиралось 5 образцов поверхностного слоя почвы пробоотборником грунта ПГ-400 на глубину 5 см. Корни и посторонние включения удалялись. Данные о содержании радионуклидов в почве в 30-км зоне, по данным ОРБ Балаковской АЭС, представлены в табл. 3.1.6.

Таблица 3.1.6

Содержание радионуклидов в объектах окружающей среды в районе расположения Балаковской АЭС (данные ОРБ Балаковской АЭС)

Пункты контроля	$\Sigma\beta$			¹³⁷ Cs			⁶⁰ Co		
	2021 г.	2020 г.	Среднее за 5 лет	2021 г.	2020 г.	Среднее за 5 лет	2021 г.	2020 г.	Среднее за 5 лет
Почва, кБк/м²									
СЗЗ (Натальино, промплощадка)	-	-	-	0,07	< 0,1	-	< 0,1	< 0,1	-
ЗН	-	-	-	0,12	0,14	-	< 0,1	< 0,1	-
Контрольный пункт (Маянга)	-	-	-	< 0,1	0,38	-	< 0,1	< 0,1	-
Вода открытых водоёмов, Бк/м³									
Пруд-охладитель (сбросной канал)	-	362	-	< 12	< 12	< 12	< 14	< 14	< 14
Пруд-охладитель (заборный канал)	-	362	-	< 12	< 12	< 12	< 14	< 14	< 14
Пруд-охладитель (акватория)	-	362	-	< 12	< 12	< 12	< 14	< 14	< 14
Р. Волга, напротив Балаковской АЭС	-	68	-	< 12	< 12	< 12	< 14	< 14	< 14
Р. Волга, выше по течению от АЭС (контр. пункт)	-	70	-	< 12	< 12	< 12	< 14	< 14	< 14
р. Волга, 1 км ниже АЭС	-	84	-	< 12	< 12	< 12	< 14	< 14	< 14
Донные отложения, Бк/кг сырой массы									
Водоём-охладитель – заборный канал	-	-	-	2,20	1,84	-	< 1,0	< 1,0	-
Водоём-охладитель – сбросной канал	-	-	-	2,23	1,54	-	< 1,0	< 1,0	-
Водоём-охладитель – акватория	-	-	-	< 1,0	6,5	-	< 1,0	< 1,0	-
Саратовское вдхр. – напротив Балаковской АЭС	-	-	-	< 1,0	< 1,0	-	< 1,0	< 1,0	-
Саратовское вдхр. – П. Алексеевка, выше по течению от Балаковской АЭС (контр. пункт)	-	-	-	7,3	< 1,0	-	< 1,0	< 1,0	-
Волгоградское вдхр. – г. Балаково, ниже по течению от Балаковской АЭС	-	-	-	< 1,0	< 1,0	-	< 1,0	< 1,0	-
Сельскохозяйственная продукция, Бк/кг сырой массы									
Зерновые	-	-	-	< 0,35	< 0,35	-	-	-	-
Овощи	-	-	-	< 0,35	< 0,35	-	-	-	-
Рыба	-	-	-	< 0,70	< 0,70	-	-	-	-
Мясо	-	-	-	< 0,70	< 0,70	-	-	-	-
Молоко	-	-	-	< 0,05	< 0,05	-	-	-	-

Примечания: допустимая удельная активность для ¹³⁷Cs по СанПиН-01 [4] для мяса составляет 200 Бк/кг, для молока – 100 Бк/кг, для рыбы – 130 Бк/кг, для зерновых – 60 Бк/кг, для овощей – 80 Бк/кг, для грибов – 500 Бк/кг;
- - нет данных.

Из табл. 3.1.6 видно, что в 2021 г. содержание ^{137}Cs в СЗЗ было $0,07 \text{ кБк/м}^2$, в почве ЗН составляло $0,12 \text{ кБк/м}^2$, в почве контрольного пункта (КП) – меньше МДА ($0,1 \text{ кБк/м}^2$). Содержание ^{60}Co и ^{134}Cs в почве СЗЗ, ЗН и КП меньше МДА.

Вода, донные отложения

Отбор проб воды для определения объёмной активности радионуклидов производился: в р. Волге напротив Балаковской АЭС, выше и ниже по течению относительно места расположения АЭС; в водоёме-охладителе Балаковской АЭС в месте водозабора охлаждающей воды, в месте сброса охлаждающей воды и в акватории стана рыбаков. При отборе проб воды выбирались участки, свободные от водорослей и других предметов, прикосновение к которым могло бы привести к взмучиванию ила. Объём пробы воды составлял 20 л. Пробы концентрировались выпариванием и озолением сухого остатка в муфельной печи.

Пробы донных отложений отбирались один раз в год (осенью) в тех же точках, что и пробы воды.

Содержание гамма-активных радионуклидов в воде открытых водоёмов в районе Балаковской АЭС представлено в табл. 3.1.6. Содержание ^{60}Co и ^{137}Cs в воде открытых водоёмов было ниже МДА. С 2008 г. на Балаковской АЭС в воде открытых водоёмов, кроме техногенных γ -активных радионуклидов и $\Sigma\beta$, контролируется тритий. По данным ОРБ Балаковской АЭС, объёмная активность трития в обследованных водоёмах в 2021 г. была ниже установленного НРБ-99/2009 [2] уровня вмешательства (7600 Бк/л): в пруде-охладителе объёмная активность трития составляла 175 Бк/л , в р. Волге – ниже МДА (25 Бк/л). Объёмная активность трития в пруде-охладителе Балаковской АЭС в 113 раз выше среднего значения для рек России ($1,55 \text{ Бк/л}$).

По данным ФГБУ «НПО «Тайфун», объёмная активность трития в п. Балаково (Волгоградское водохранилище, ниже по течению от Балаковской АЭС) увеличилась в 1,2 раза по сравнению с 2020 г. и составила $1,12 \text{ Бк/л}$, что ниже среднего значения для рек России ($1,55 \text{ Бк/л}$). Из этого следует, что повышенное содержание трития в водоёме-охладителе не влияет на содержание трития в р. Волге.

В табл. 3.1.6 представлены результаты радиоизотопного анализа проб донных отложений в р. Волге и водоёме-охладителе по данным ОРБ Балаковской АЭС. Удельная активность ^{137}Cs в донных отложениях водоёма-охладителя составляла $2,2 \text{ Бк/кг}$ сырой массы, а в контрольном пункте – $7,3 \text{ Бк/кг}$ сырой массы. Удельная активность ^{137}Cs в остальных точках и ^{60}Co в водоёме-охладителе и р. Волге была ниже МДА, которая составляет $1,0 \text{ Бк/кг}$ сырой массы.

Отбор проб воды хозяйственно-питьевого водоснабжения производился на Балаковской АЭС ежеквартально из питьевого водопровода в г. Балаково, на АЭС и в с. Натальино. Объёмная активность $\Sigma\beta$ в питьевой воде составляла 54 Бк/м^3 в г. Балаково, 67 Бк/м^3 – в с. Натальино и 70 Бк/м^3 – на АЭС.

Контроль радионуклидного состава водной растительности (водорослей) водохранилища-охладителя и в р. Волге производился в тех же контрольных точках, что и отбор воды. Содержимое водной растительности сортировали, воду отфильтровывали, посторонние включения удаляли. Масса отобранной пробы после удаления из неё воды и посторонних включений составляла около одного килограмма. Отбор производился один раз в год – осенью. Среднегодовая удельная активность ^{137}Cs , ^{134}Cs и ^{60}Co в водной растительности была $< 1 \text{ Бк/кг}$.

Отбор проб воды из наблюдательных скважин (НС) производился специальным пробоотборником, представляющим собой стакан из нержавеющей стали с утяжелённым дном. Перед непосредственным взятием пробы замерялся уровень воды в скважине и извлекалось 2–3 объёма воды, находящейся в стволе скважины. Объём пробы грунтовых вод составлял 3 литра. Пробы концентрировались выпариванием и озолением сухого остатка в муфельной печи.

Продукты питания местного производства

Удельная активность ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции окрестных хозяйств приведена в табл. 3.1.6. Пробы сельскохозяйственной продукции в зоне наблюдения АЭС отбирались один раз в год: мясо (не менее 3 кг) и молоко (10 л) крупного рогатого скота – во время пастбищного сезона; овощи, корнеплоды и зерновые культуры – непосредственно перед или во время уборки урожая. Из табл. 3.1.6 видно, что содержание ^{137}Cs во всех видах сельскохозяйственной продукции, производимой в 30-км зоне АЭС, значительно ниже допустимых удельных активностей по СанПиН-01 [3].

Пробы рыбы отбирались один раз в год во время планового вылова промысловых рыб. Общая масса пробы составляла не менее 3 кг. Удельная активность ^{137}Cs в рыбе, выловленной в районе Балаковской АЭС, в 2021 г. была намного ниже допустимой по СанПиН-01 [3].

Радиационный фон на местности

По данным стационарной сети Приволжского УГМС, в 2021 г. среднемесячные значения МАЭД в 100-км зоне АЭС колебались в пределах от 0,10 до 0,15 мкЗв/ч, а максимальные среднесуточные в каждом месяце – от 0,11 до 0,18 мкЗв/ч. Значительных отклонений от естественного радиационного фона на обследованной территории не наблюдалось. Среднегодовые величины МАЭД в стационарных пунктах наблюдения составляли 0,11–0,14 мкЗв/ч, что находится в пределах колебаний глобального гамма-фона и не превышает средних значений для территории, обслуживаемой Приволжским УГМС.

По данным АСКРО Балаковской АЭС и измерений МАЭД на регламентных маршрутах, средние значения МАЭД колебались от 0,08 до 0,12 мкЗв/ч при среднегодовом значении в ЗН 0,10 мкЗв/ч.

Поглощённые за год дозы, измеренные дозиметрами-накопителями ТЛД-500К, в СЗЗ и ЗН варьировали от 0,25 до 0,66 мЗв, а в контрольном пункте Маянга значение годовой дозы на местности составляло 0,68 мЗв.

В соответствии с рекомендациями Росгидромета Р 52.18.853–2016, Р 52.18.876–2019 для Балаковской АЭС по данным радиационного мониторинга были рассчитаны интегральные показатели загрязнения (ИПЗ) почвы, поверхностных вод и донных отложений по природоохранному (экологическому) и радиационному критериям сохранения благоприятной окружающей среды (табл. 3.1.7).

Во всех случаях ИПЗ значительно меньше 1, что свидетельствует о радиационной безопасности окружающей среды по природоохранному критерию.

В целом анализ данных радиационного мониторинга позволяет сделать вывод, что содержание контролируемых радионуклидов в большинстве объектов окружающей среды в СЗЗ и ЗН Балаковской АЭС находится практически на уровне фоновых значений. С учётом потенциальной радиационной опасности АЭС мониторинг радиационной обстановки в районе её расположения необходимо продолжить.

Интегральные показатели загрязнения техногенными радионуклидами поверхностных вод, донных отложений и почвы БАЭС за 2020–2021 гг.

Компонент	Годы наблюдений	Участок территории	ИСЗ (безразмерный)	Наиболее значимые нуклиды
Почва	2020	ЗН	$3,6 \cdot 10^{-5}$	^{137}Cs
	2021		$3,1 \cdot 10^{-5}$	
	2020	Контрольный пункт	$9,8 \cdot 10^{-5}$	^{137}Cs
	2021		$< 2,6 \cdot 10^{-5}$	
Вода	2020	СЗЗ	$2,1 \cdot 10^{-2}$	
	2021		$2,3 \cdot 10^{-2}$	
	2020	Контрольный водоём	$< 2,0 \cdot 10^{-3}$	
	2021		$< 2,0 \cdot 10^{-3}$	
Донные отложения	2020	СЗЗ	$4,3 \cdot 10^{-3}$	^{137}Cs
	2021		$1,5 \cdot 10^{-3}$	
	2020		ЗН	
2021	$< 1,5 \cdot 10^{-4}$			
	2020	Контрольный водоём	$< 1,5 \cdot 10^{-4}$	
	2021		$4,9 \cdot 10^{-3}$	

3.2. Белоярская АЭС и АО «ИРМ»

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Белоярская атомная станция» (Белоярская АЭС, далее – БАЭС) расположен в 42 км к востоку от г. Екатеринбурга на восточном берегу Белоярского водохранилища, созданного на р. Пышме в качестве водоёма-охладителя, и в 3 км к северу от г. Заречный.

В настоящее время на БАЭС эксплуатируются два энергоблока: энергоблок № 3 (вторая очередь) мощностью 600 МВт с реактором на быстрых нейтронах корпусного типа БН-600 с жидкометаллическим теплоносителем (введён в эксплуатацию в апреле 1980 г.) и энергоблок № 4 с реактором БН-800, который введён в промышленную эксплуатацию 31 октября 2016 года. Энергоблоки № 1 и 2 первой очереди с реакторами на тепловых нейтронах типа АМБ остановлены в 1981 и 1989 гг. соответственно и в настоящее время находятся в стадии подготовки к выводу из эксплуатации.

В качестве границы СЗЗ (радиусом 3–5 км) приняты границы землеотводов под промплощадки всех трёх очередей Белоярской АЭС и территория Ольховской болотно-речной системы (Ольховское болото и р. Ольховка) (рис. 3.2.1). ЗН установлена радиусом 13 км, считая от вентиляционной трубы энергоблока № 3, а также посёлки Гагарский и Белоярский. В ЗН в 3–5 км к югу от Белоярской АЭС находится г. Заречный с численностью населения 31,2 тыс. человек, а также посёлки Гагарский и Белоярский. Посёлок Белоярский – второй по размеру населённый пункт зоны наблюдения, численность населения – 14,8 тыс. человек.

В г. Заречном расположен АО «Институт реакторных материалов» (ИРМ) – бывший СФ НИКИЭТ. ИРМ – один из научных ядерных центров, располагающий экспериментальной базой для исследований в области реакторного материаловедения, имеет исследовательский реактор бассейнового типа ИВВ-2М мощностью 15 МВт (эксплуатируется с 1966 г.), производит радионуклиды медицинского и промышленного назначения для внутренних и зарубежных поставок. Территории ИРМ и БАЭС примыкают друг к другу.

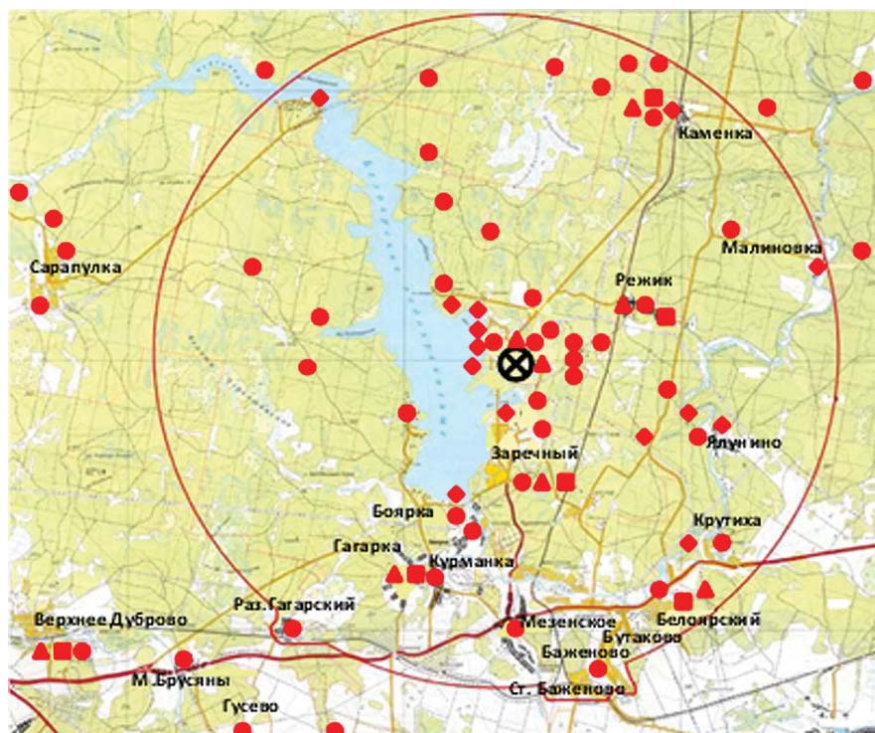


Рис. 3.2.1. Расположение пунктов радиационного мониторинга ОРБ БАЭС в СЗЗ и ЗН БАЭС:

- ⊗ – АЭС;
- ▲ – отбор месячных проб атмосферных выпадений и наблюдения за гамма-фоном;
- – отбор проб атмосферных аэрозолей;
- – измерения годовой поглощённой дозы дозиметрами ТЛД;
- ◆ – отбор проб воды.

Газоаэрозольные выбросы в атмосферу на БАЭС (технологические сдвухи, воздух из помещений зоны контролируемого доступа) после прохождения необходимой очистки производятся централизованно через вентиляционные трубы энергоблоков № 3 и № 4 высотой 100 м (высота вентиляционной трубы спецкорпуса на энергоблоке № 4 – 70 м). В табл. 3.2.1 приведены данные об активности выбросов регламентируемых радионуклидов на БАЭС в атмосферу в 2021 г. и для сравнения – в 2020 году.

Из приведённых в табл. 3.2.1 данных видно, что в 2021 г. на БАЭС годовые выбросы в атмосферу ^3H и ^{137}Cs увеличились в 1,1 и 3,1 раза соответственно по сравнению с 2020 г., а выбросы ^{14}C , ^{54}Mn и ^{60}Co – уменьшились в 1,8; 11,4 и 1,2 раза. Выбросы составляли от $1,6 \cdot 10^{-3}$ до 1,5 % допустимых выбросов.

По данным [4], выбросы нормируемых радионуклидов, таких как ^{60}Co , ^{137}Cs и ИРГ, в ИРМ выше, чем на БАЭС. Поскольку предприятия расположены рядом, разделить влияние их выбросов на радиоактивное загрязнение окружающей среды прилегающих территорий не представляется возможным. Поэтому все приведённые далее данные о радиоактивном загрязнении, обусловленном выбросами радионуклидов, следует рассматривать как результат совместного влияния БАЭС и ИРМ.

То же можно сказать и о влиянии сбросов радионуклидов, так как сбросы ИРМ подаются на очистные сооружения БАЭС, на входе не измеряются и сведений о сбросах ИРМ нет.

Выбросы радионуклидов в атмосферу на БАЭС, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^3H	$1,91 \cdot 10^{14}$	$3,07 \cdot 10^{10}$	$2,86 \cdot 10^{10}$	$+2,10 \cdot 10^9$
^{14}C	$3,14 \cdot 10^{12}$	$1,16 \cdot 10^9$	$2,06 \cdot 10^9$	$-9,00 \cdot 10^8$
^{41}Ar	$5,32 \cdot 10^{14}$	$< 3,27 \cdot 10^{12}$	$< 1,39 \cdot 10^{13}$	-
^{54}Mn	$1,23 \cdot 10^{11}$	$1,97 \cdot 10^6$	$2,24 \cdot 10^7$	$-2,04 \cdot 10^7$
^{59}Fe	$5,31 \cdot 10^{11}$	$< 9,48 \cdot 10^4$	$< 9,59 \cdot 10^4$	-
^{58}Co	$5,23 \cdot 10^{11}$	$< 8,02 \cdot 10^5$	$< 7,01 \cdot 10^5$	-
^{60}Co	$7,40 \cdot 10^9$	$1,04 \cdot 10^6$	$1,20 \cdot 10^6$	$-1,60 \cdot 10^5$
^{85}Kr	$6,90 \cdot 10^{14}$	$< 1,18 \cdot 10^{13}$	$< 1,08 \cdot 10^{14}$	-
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	$6,90 \cdot 10^{14}$	$< 6,23 \cdot 10^{10}$	$< 5,96 \cdot 10^{11}$	-
^{87}Kr	$6,90 \cdot 10^{14}$	$< 1,71 \cdot 10^{11}$	$< 1,71 \cdot 10^{12}$	-
^{88}Kr	$3,36 \cdot 10^{14}$	$< 1,82 \cdot 10^{11}$	$< 1,69 \cdot 10^{12}$	-
^{95}Zr	$1,82 \cdot 10^{11}$	$< 9,48 \cdot 10^4$	$< 9,59 \cdot 10^4$	-
^{131}I	$1,80 \cdot 10^{10}$	$< 1,71 \cdot 10^7$	$< 1,36 \cdot 10^7$	-
^{134}Cs	$9,00 \cdot 10^8$	$< 1,01 \cdot 10^6$	$< 1,03 \cdot 10^6$	-
^{137}Cs	$2,00 \cdot 10^9$	$3,00 \cdot 10^7$	$9,83 \cdot 10^6$	$+2,02 \cdot 10^7$
^{133}Xe	$6,90 \cdot 10^{14}$	$< 2,06 \cdot 10^{11}$	$< 1,95 \cdot 10^{12}$	-
$^{133\text{m}}\text{Xe}$	$6,90 \cdot 10^{14}$	$< 3,30 \cdot 10^{11}$	$< 3,03 \cdot 10^{12}$	-
^{135}Xe	$6,90 \cdot 10^{14}$	$< 5,75 \cdot 10^{10}$	$< 5,77 \cdot 10^{11}$	-
$^{135\text{m}}\text{Xe}$	$6,90 \cdot 10^{14}$	$< 3,67 \cdot 10^{11}$	$< 3,49 \cdot 10^{12}$	-
^{138}Xe	$5,17 \cdot 10^{14}$	$< 9,09 \cdot 10^{11}$	$< 9,31 \cdot 10^{12}$	-
ΣИРГ	$6,90 \cdot 10^{14}$	-	$1,43 \cdot 10^{13}$	-

Примечание: со знаком «<» приведены расчётные значения выброса, равные произведению $\frac{1}{2}$ НПИ на суммарный объём выброса.

Основным источником водопользования на БАЭС является Белоярское водохранилище, образованное в 1959–1963 гг. путём зарегулирования русла р. Пышмы в 75 км от её истока, которое пересекает зону наблюдения БАЭС в направлении с северо-запада на юго-восток. Его протяжённость – 20 км, ширина на уровне БАЭС – около 3 км. Полный объём водохранилища составляет $2,65 \cdot 10^8 \text{ м}^3$, площадь зеркала – $38,6 \text{ км}^2$, средняя глубина – 7 м. Плотины расположена в 7 км к югу от АЭС. Норма естественного стока р. Пышма в створе БАЭС равна $2,8 \text{ м}^3/\text{с}$. Хозяйственные нужды БАЭС обеспечиваются из артезианских скважин п. Каменка.

Хозяйственные стоки, очищенные дебалансные воды, воды спецпрачечной и воды душевых санпропускников после радиационного контроля на промплощадке 1-й и 2-й очередей направляются на самостоятельные очистные сооружения и далее сбрасываются в Ольховское болото, которое является отчуждённой территорией, входящей в СЗЗ (расположено в 5 км к юго-востоку от станции). Из Ольховского болота через р. Ольховку сбросные воды БАЭС попадают в р. Пышму. Ливневые и паводковые воды с промплощадок 1-й, 2-й и 3-й очередей удаляются через системы промливневой канализации в водоём-охладитель (Белоярское водохранилище).

Годовые сбросы радионуклидов со сточными водами на БАЭС в 2021 г. не превышали установленных нормативов. В 2021 г. объём сброса сточных вод в Ольховское болото на БАЭС составлял 72 148 м^3 (в 2020 г. – 67 186 м^3) с суммарной активностью $3,24 \cdot 10^{11} \text{ Бк}$ (в 2020 г. – $2,22 \cdot 10^{11} \text{ Бк}$). Данные о сбросах отдельных радионуклидов в открытую гидрографическую сеть (Ольховское болото) на БАЭС представлены в табл. 3.2.2. Основной вклад в суммарную активность сбросов вносил тритий – $3,2 \cdot 10^{11} \text{ Бк}$.

Сбросы радионуклидов со сточными водами на БАЭС в открытую гидрографическую сеть, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый сброс	Фактический сброс		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
⁵⁴ Mn	1,9·10 ⁹	1,3·10 ⁷	3,2·10 ⁶	+9,8·10 ⁶
⁶⁰ Co	4,8·10 ⁸	2,2·10 ⁶	2,0·10 ⁶	+2,0·10 ⁵
⁶⁵ Zn	2,7·10 ⁹	< 2,5·10 ⁶	< 2,4·10 ⁶	-
⁹⁰ Sr	3,1·10 ⁹	4,9·10 ⁷	1,2·10 ⁸	-7,1·10 ⁷
¹⁰⁶ Ru	4,6·10 ⁹	< 7,2·10 ⁵	< 6,7·10 ⁵	-
¹³⁴ Cs	5,1·10 ⁸	< 1,1·10 ⁶	< 1,0·10 ⁶	-
¹³⁷ Cs	7,5·10 ⁸	5,1·10 ⁷	7,5·10 ⁷	-2,4·10 ⁷
³ H	6,3·10 ¹²	3,2·10 ¹¹	2,2·10 ¹¹	+1,0·10 ¹¹

Из табл. 3.2.2 видно, что в 2021 г. сбросы ⁵⁴Mn, ⁶⁰Co и ³H увеличились в 4,1; 1,1 и 1,5 раза соответственно по сравнению с 2020 годом, а сбросы ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs – уменьшились в 2,4 и 1,5 раза соответственно. Фактические сбросы отдельных радионуклидов на БАЭС были на один-два порядка ниже допустимых величин.

Радиационный мониторинг объектов окружающей среды в 30-км зоне вокруг БАЭС проводится ОРБ БАЭС во взаимодействии с Центром гигиены и эпидемиологии № 32 ФМБА России, Росгидрометом, Институтом экологии растений и животных Уральского отделения РАН. Независимые наблюдения за радиационной обстановкой в 30-км и 100-км зонах вокруг БАЭС и ИРМ проводятся Уральским УГМС.

В 2021 г. ОРБ БАЭС контролировались следующие характеристики загрязнения окружающей среды техногенными радионуклидами (расположение пунктов радиационного мониторинга приведено на рис. 3.2.1):

- объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы измерялась два раза в месяц одновременно в шести пунктах постоянного наблюдения с экспозицией семь суток. Пробы отбирались на фильтр ФПП-15 с помощью воздуходувок УВФ-1 «Тайфун-6» производительностью 1500 м³/ч;

- радиоактивность атмосферных выпадений измерялась в восьми пунктах, расположенных на разных расстояниях (до 20 км) и направлениях от АЭС, с помощью кювет площадью 0,25 м² и высотой бортиков 10 см, экспонируемых в течение месяца;

- содержание радионуклидов в почве определялось в восьми пунктах постоянного наблюдения, совпадающих с пунктами отбора проб аэрозолей и выпадений; пробы отбирались по углам треугольника со стороной 50 м на глубину 5 см с помощью специального пробоотборника;

- содержание радионуклидов в воде, донных отложениях и рыбе из Белоярского водохранилища, воде и донных отложениях рек Пышмы и Ольховки, донных отложениях в Ольховском болоте, питьевой воде, грунтовых водах в контрольных скважинах вокруг объектов, являющихся потенциальными источниками поступления радионуклидов в подземные воды;

- содержание радионуклидов в сельхозпродукции, производимой в окрестностях АЭС;

- МАЭД в восьми пунктах постоянного наблюдения ежемесячно с помощью переносных дозиметров ДКС-АТ1121 и ДКС-АТ1123 (точки контроля были совмещены с пунктами установки кювет для сбора атмосферных выпадений), а также с помощью системы АСКРО БАЭС;

- накопленная за год доза с помощью автоматизированной термолюминесцентной системы Harshaw с дозиметрами типа 0110/8814, установленными на уровне 1,5 м от поверхности земли в коре деревьев в 77 точках на различных расстояниях (до 40 км) от БАЭС по всем направлениям. Замена дозиметров производится в октябре-ноябре, время экспозиции – 1 год.

Радиоизотопный анализ проб проводился с помощью двухканальной цифровой гамма-спектрометрической установки Ortec, жидкостного сцинтилляционного счётчика Guardian, α - β -радиометров УМФ-2000. Радиохимические, радиометрические и гамма-спектрометрические анализы выполнялись по стандартным методикам с неопределённостью $\pm(20-45)\%$.

Уральское УГМС в 2021 г. проводило следующие систематические наблюдения (схема расположения пунктов радиационного мониторинга в ближней 30-км и в 100-км зонах радиационно опасных объектов (РОО) приведена на рис. 3.2.2 (а, б)):

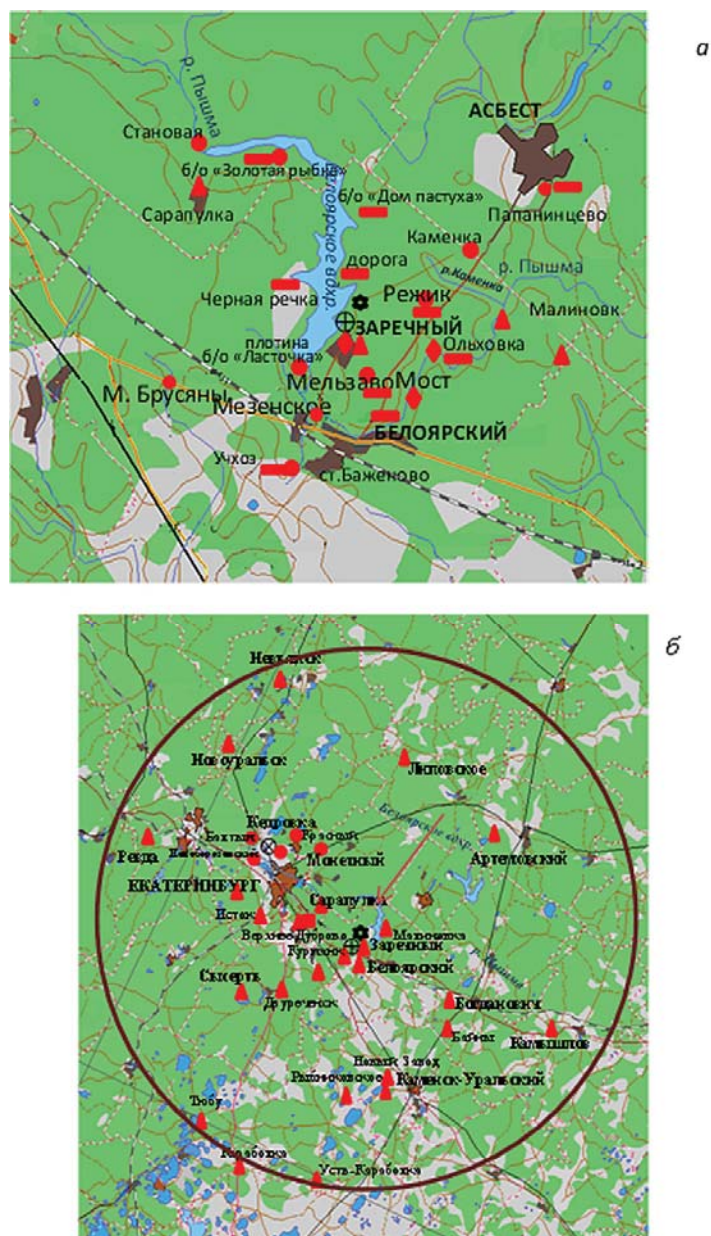


Рис. 3.2.2. Расположение пунктов радиационного мониторинга Уральского УГМС в 30-км зоне (а) и в 100-км зоне вокруг БАЭС, ИРМ и ПЗРО (б):

- – отбор проб атмосферных аэрозолей;
- ▲ – отбор суточных проб атмосферных выпадений и наблюдения за гамма-фоном;
- ▬ – отбор проб снега и травы;
- ◆ – отбор проб воды;
- – измерение МАЭД во время проведения маршрутных обследований;
- ⊛ – БАЭС;
- ⊕ – ИРМ.

- за объёмной активностью радионуклидов в приземном слое воздуха в п. Верхнее Дуброво путём отбора 5-суточных проб с помощью ВФУ на фильтр ФПП-15-1,5;
- за радиоактивностью атмосферных выпадений в 100-км зоне в 22 пунктах с помощью марлевых планшетов с суточной экспозицией, восемь из которых расположены в 30-км зоне;
- за содержанием радионуклидов в воде Белоярского водохранилища, рек Пышмы и Ольховки;
- за содержанием радионуклидов в снежном и растительном покрове в 10 пунктах, расположенных в 10–15-км зоне РОО;
- за МАЭД каждые 3 ч в 100-км зоне в 22 стационарных пунктах, восемь из которых находятся в 30-км зоне РОО, а также на шести постах в Екатеринбурге, кроме того, в марте и августе в пунктах отбора проб снега и растительности, а также при проведении маршрутных обследований (в апреле и сентябре) в 10 пунктах (10–15)-км зоны РОО (база отдыха «Золотая рыбка», база отдыха «Ласточка», Каменка, Малые Брусяны, Мезенское, Мельзавод, Папанинцево, Режик, Становая, Учхоз).

Следует отметить, что юго-восточный сектор 100-км зоны вокруг РОО от 50 до 100 км является частью Восточно-Уральского радиоактивного «стронциевого» следа, образовавшегося в 1957 г. в результате взрыва ёмкости с РАО на ПО «Маяк» (пп. Камышлов, Богданович, Байны, Каменск-Уральский, Рыбниковское). Поэтому для изучения влияния РОО на загрязнение техногенными радионуклидами окружающей среды более корректно ограничиться 30-км зоной, хотя и в этом случае не исключено влияние ВУРС за счёт ветрового переноса радиоактивной пыли с загрязнённых территорий.

Приземная атмосфера

Данные ОРБ БАЭС за 2021 г. о среднегодовых объёмных активностях радионуклидов в приземном слое воздуха СЗЗ и ЗН представлены в табл. 3.2.3.

Таблица 3.2.3

Среднегодовые объёмные активности радионуклидов в приземном воздухе СЗЗ и ЗН БАЭС, Бк/м³ (данные ОРБ БАЭС)

Место отбора проб	$\Sigma\beta, \cdot 10^{-5}$		$^{137}\text{Cs}, \cdot 10^{-7}$	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
СЗЗ	-	23,8	< 16	< 13
ЗН	-	17,1	< 14	< 18
Контрольный пункт – п. Верхнее Дуброво	-	8,9	< 14	< 12

Примечание: - - нет измерений.

Согласно данным табл. 3.2.3, среднегодовые объёмные активности ^{137}Cs в 2021 г. в СЗЗ, ЗН и контрольном пункте остались на уровне 2020 г. и были на семь порядков ниже ДОА_{нас.} по НРБ-99/2009 [2] (для ^{137}Cs – 27 Бк/м³).

Объёмные активности ^{134}Cs и ^{60}Co в пунктах наблюдения СЗЗ и ЗН были ниже соответствующих МДА.

В табл. 3.2.4 приведены среднемесячные объёмные активности $\Sigma\beta$, ^{90}Sr и ^{137}Cs в воздухе п. В. Дуброво, расположенного в 18 км на юго-запад от БАЭС (рис. 3.2.2), по данным Уральского УГМС.

Среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ в п. В. Дуброво в 2021 г. колебалась в пределах от $20,9 \cdot 10^{-5}$ до $76,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в п. В. Дуброво в 2021 г. ($41,2 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³) увеличилась

в 1,4 раза по сравнению с 2020 г. и в 2,4 раза превышала средневзвешенное значение по Западной Сибири ($17,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). В 2021 г. не было зарегистрировано случаев превышения фонового значения для данного населённого пункта за предыдущий месяц в 5 и более раз.

Таблица 3.2.4

**Объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы
п. Верхнее Дуброво (30-км зона вокруг РОО)
(данные Уральского УГМС)**

Месяц	$\Sigma\beta$, 10^{-5} Бк/м ³		¹³⁷ Cs, 10^{-7} Бк/м ³		⁹⁰ Sr, 10^{-7} Бк/м ³	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Январь	76,7	21,1	2,3	0,9		
Февраль	61,2	32,5	5,5	3,1	1,1	1,1
Март	48,4	14,4	23,1	1,0		
Апрель	49,2	21,4	8,7	3,6		
Май	56,1	23,2	24,8	н	1,8	1,5
Июнь	39,4	14,6	н	1,9		
Июль	24,9	20,4	7,6	2,3		
Август	36,3	34,8	22,7	3,4	4,0	1,9
Сентябрь	20,9	26,2	4,8	1,8		
Октябрь	24,7	45,5	2,6	н		
Ноябрь	29,5	59,8	12,6	2,5	4,1	2,5
Декабрь	27,6	44,4	8,8	2,7		
Среднее	41,2	29,9	10,3	1,9	2,8	1,8

Примечание: н – ниже предела обнаружения.

Среднегодовая объёмная активность ¹³⁷Cs в 2021 г. в воздухе п. В. Дуброво увеличилась в 5,4 раза по сравнению с уровнем 2020 г. и составляет $10,3 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (табл. 3.2.4), что в 5,2 раза выше средневзвешенного значения по Западной Сибири ($2,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в этом пункте увеличилась в 1,6 раза по сравнению с уровнем 2020 г. и составляла $2,8 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 2,1 раза выше средневзвешенного значения по территории Западной Сибири ($1,35 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

Данные наблюдений Уральского УГМС за $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в 30-км и 100-км зонах РОО приведены в табл. 3.2.5.

По сравнению с 2020 г., $\Sigma\beta$ выпадений в 30-км зоне уменьшилась в 1,2 раза ($0,55$ Бк/м²·сут), в 100-км зоне уменьшилась в 1,2 раза ($0,57$ Бк/м²·сут) и была на уровне фоновых значений для Уральского региона ($0,59$ Бк/м²·сут). Среднегодовые значения $\Sigma\beta$ выпадений в пунктах наблюдения варьировали в диапазоне $0,45$ – $0,75$ Бк/м²·сут. Максимальное суточное значение $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 г. было зарегистрировано в июле в п. Ревда и составило $5,17$ Бк/м²·сут, что в 8,8 раза выше фона по Уральскому региону.

В целом можно сказать, что среднегодовые значения $\Sigma\beta$ суточных выпадений как в 30-км, так и в 100-км зоне РОО в течение последних 10 лет существенно не меняются и находятся в пределах от $0,4$ до $0,8$ Бк/м²·сут.

В табл. 3.2.6 приведены величины выпадений из атмосферы ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в пунктах 30-км и 100-км зон вокруг РОО по данным Уральского УГМС. Там же приведены значения годовых выпадений по этой зоне и для сравнения фоновые выпадения ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr для Уральского региона.

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения $\Sigma\beta$ выпадений в 30-км и 100-км зонах вокруг БАЭС, Бк/м²-сут (данные Уральского УГМС)

Пункт наблюдения		Месяц												Среднее
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
30-км зона														
Белоярский	с	0,49	0,40	0,93	1,00	1,02	0,52	0,86	0,41	0,35	0,47	0,86	0,61	0,66
	м	1,59	1,04	2,76	1,90	2,13	2,17	3,81	1,40	0,99	2,35	3,37	1,48	
Верхнее Дуброво	с	0,84	0,59	0,57	0,44	0,50	0,47	0,67	0,41	0,47	0,57	0,47	0,51	0,54
	м	3,20	1,28	1,67	1,19	2,55	1,30	2,38	2,11	1,24	1,55	1,43	2,97	
Двуреченск	с	0,55	0,52	0,45	0,50	0,70	0,49	0,33	0,29	0,54	0,21	0,30	0,74	0,47
	м	1,36	2,26	2,19	1,85	2,62	1,24	1,05	1,71	2,49	0,73	1,46	2,21	
Заречный	с	0,65	0,51	0,48	0,74	0,46	0,27	0,62	0,57	0,57	0,64	0,26	0,53	0,53
	м	4,37	1,33	1,82	2,76	1,45	1,64	2,42	2,25	1,80	2,22	1,08	1,78	
Исток	с	0,55	0,53	0,41	0,54	0,63	0,59	0,69	0,56	0,73	0,67	0,49	0,76	0,60
	м	1,22	2,10	1,11	2,19	2,16	2,00	2,25	1,95	2,48	4,60	1,00	2,76	
Курманка	с	0,20	0,36	0,61	0,60	0,44	0,31	0,52	0,61	0,55	0,40	0,29	0,55	0,45
	м	0,68	0,98	1,30	1,52	4,54	2,53	2,33	2,70	3,23	1,56	2,02	2,66	
Сарапулка	с	0,45	0,64	0,70	0,89	0,52	0,37	0,45	0,37	0,66	0,66	0,53	0,34	0,55
	м	1,19	1,78	1,47	2,51	2,12	1,79	2,70	2,59	2,23	2,35	2,06	1,47	
Ялунина	с	0,34	0,42	0,58	0,36	0,69	0,42	0,70	0,70	0,81	0,82	0,29	0,71	0,57
	м	1,37	3,06	1,84	1,48	3,24	2,11	2,35	1,78	3,17	4,16	1,12	2,49	
Среднее:	2021 г.	0,51	0,50	0,59	0,63	0,62	0,43	0,61	0,49	0,59	0,56	0,44	0,59	0,55
	2020 г.	0,50	0,57	0,59	0,80	0,47	0,48	0,62	0,89	0,85	0,62	0,58	0,66	
100-км зона														
Артемовский	с	0,81	0,73	0,52	0,85	0,95	0,53	0,75	0,72	0,67	0,65	0,42	0,77	0,70
	м	1,84	5,14	1,78	4,25	4,44	1,58	2,29	2,28	2,95	1,60	1,11	3,31	
Байны	с	0,68	0,75	0,39	0,69	0,62	0,37	0,54	0,42	0,50	0,46	0,28	0,59	0,52
	м	1,95	4,51	0,81	3,15	4,11	1,75	3,01	1,47	1,90	2,42	1,59	2,44	
Богданович	с	0,21	0,30	0,83	0,50	0,39	0,55	0,65	0,43	0,59	0,86	0,51	0,68	0,54
	м	0,82	1,90	2,21	2,52	1,59	2,86	4,02	2,10	2,66	3,73	1,33	2,48	
Екатеринбург	с	0,72	0,68	0,46	0,72	0,70	0,38	0,53	0,45	0,69	0,42	0,51	0,70	0,58
	м	3,33	2,54	1,04	3,04	4,48	1,10	1,64	3,37	2,86	1,31	1,80	2,69	
Каменск-Уральский	с	0,40	0,43	0,46	0,60	0,42	0,55	0,82	0,47	0,42	0,40	0,49	0,30	0,48
	м	1,18	3,81	1,47	2,86	1,56	2,29	2,76	2,67	2,33	1,82	2,22	0,89	
Камышлов	с	0,62	0,67	0,64	0,53	0,59	0,44	0,68	0,79	0,79	0,27	0,43	0,47	0,58
	м	1,94	2,76	2,19	1,68	2,25	1,52	2,74	3,94	2,48	0,76	1,62	1,30	
Караболка	с	0,67	0,73	0,71	0,64	0,64	0,83	0,98	0,86	0,84	0,79	0,71	0,64	0,75
	м	1,38	1,74	1,73	1,59	1,29	2,38	3,44	3,15	1,66	1,74	1,67	1,62	
Липовское	с	0,78	0,63	0,42	0,53	0,70	0,37	0,65	0,64	0,40	0,39	0,61	0,90	0,59
	м	1,65	1,52	1,40	1,65	2,10	1,04	2,86	3,38	1,51	1,78	1,21	3,75	
Невьянск	с	0,57	0,32	0,50	0,63	0,42	0,40	0,69	0,64	0,48	0,64	0,42	0,27	0,50
	м	1,53	0,98	1,19	2,11	2,71	2,38	3,37	2,41	1,46	1,51	1,07	1,40	
Новоуральск	с	0,47	0,63	0,26	0,59	0,33	0,48	0,57	0,84	0,64	0,36	0,42	0,45	0,50
	м	3,33	3,05	1,15	1,88	1,67	1,08	1,99	2,69	3,14	1,20	1,04	1,56	
Ревда	с	0,59	0,58	0,50	0,89	0,94	0,78	0,77	0,83	0,73	0,77	0,37	0,45	0,68
	м	1,90	1,62	1,58	3,01	3,29	2,57	5,17	2,16	2,29	3,12	1,21	2,19	
Рыбниковское	с	0,56	0,50	0,47	0,67	0,62	0,35	0,47	0,63	0,44	0,24	0,50	0,49	0,50
	м	1,11	3,52	1,49	2,20	1,49	1,11	1,64	2,06	1,17	1,04	1,46	4,57	
Сысерть	с	0,51	0,60	0,32	0,59	1,10	0,33	0,75	0,47	0,49	0,43	0,30	1,01	0,58
	м	2,29	1,95	1,30	1,69	2,81	1,31	2,86	2,74	2,95	2,06	0,98	2,62	
Тюбук	с	0,67	0,70	0,61	0,61	0,54	0,63	0,74	0,64	0,63	0,68	0,60	0,64	0,64
	м	1,03	1,90	1,35	1,48	1,87	1,46	2,06	1,52	1,29	2,10	1,48	1,54	
Среднее:	2021 г.	0,56	0,56	0,54	0,64	0,63	0,47	0,66	0,58	0,59	0,54	0,46	0,60	0,57
	2020 г.	0,57	0,6	0,67	0,82	0,58	0,6	0,69	0,98	0,79	0,7	0,65	0,58	
Фон для Уральского региона:	2021 г.	0,58	0,59	0,52	0,59	0,64	0,54	0,69	0,65	0,65	0,55	0,50	0,62	0,59
	2020 г.	0,58	0,60	0,69	0,85	0,73	0,66	0,76	0,98	0,72	0,72	0,70	0,55	

Таблица 3.2.6

**Выпадения из атмосферы ^{137}Cs и ^{90}Sr
в 30- и 100-км зонах вокруг БАЭС в 2021 г., Бк/м²·год
(данные Уральского УГМС)**

Пункт наблюдения	^{137}Cs , Бк/м ² ·год	^{90}Sr , Бк/м ² ·год
30-км зона		
Белоярский	3,2	1,6
Верхнее Дуброво	2,2	2,6
Двуреченск	2,7	1,1
Заречный	1,7	1,8
Исток	2,0	1,4
Курманка	2,2	1,6
Ялунина	1,7	1,7
Сарапулка	2,0	1,8
Среднее: 2021 г.	2,2	1,7
2020 г.	0,8	2,2
100-км зона		
Байны	2,0	1,6
Богданович	2,8	1,6
Каменск-Уральский	1,4	1,6
Камышлов	2,7	1,3
Караболка	2,2	2,2
Новоуральск	2,2	1,5
Рыбниковское	2,4	2,1
Тюбук	3,4	1,8
Среднее: 2021 г.	1,9	1,7
2020 г.	1,0	2,0
Фон для Уральского региона: 2021 г.	3,8	1,4
2020 г.	0,6	1,2

Из данных табл. 3.2.6 следует, что в 2021 г. средняя величина годовых выпадений ^{137}Cs из атмосферы в 30-км зоне АЭС увеличилась в 2,8 раза, а в 100-км зоне АЭС – в 1,9 раза по сравнению с 2020 годом. Максимальные годовые выпадения ^{137}Cs наблюдались в п. Тюбук (3,4 Бк/м²·год).

Среднегодовые выпадения ^{90}Sr из атмосферы в 30-км зоне РОО (табл. 3.2.6) в 2021 г. уменьшились в 1,3 раза по сравнению с 2020 г. и составляли 1,7 Бк/м²·год, что в 1,2 раза выше фоновых выпадений для Уральского региона (1,4 Бк/м²·год). Средняя величина годовых выпадений ^{90}Sr из атмосферы в 100-км зоне вокруг РОО в 2021 г. составляла 1,7 Бк/м²·год. Максимальные выпадения ^{90}Sr наблюдались в п. Верхнее Дуброво (2,6 Бк/м²·год).

Выпадения ^{137}Cs в СЗЗ и ЗН БАЭС в 2021 г., по данным ОРБ БАЭС, составляли < 0,026 Бк/м²·сут. Сравнение этих данных с данными 2020 г. показывает, что годовые выпадения ^{137}Cs в СЗЗ и ЗН БАЭС изменились незначительно по сравнению с уровнем предыдущего года.

Снег, почва, растительность

Содержание радионуклидов в почве в окрестностях БАЭС приведено в табл. 3.2.7. По данным ОРБ БАЭС, в 2021 г. содержание ^{137}Cs в почве СЗЗ БАЭС уменьшилось в 1,3 раза, в почве ЗН БАЭС – в 1,3 раза, в почве контрольного пункта – в 1,6 раза по сравнению с 2020 годом.

Таблица 3.2.7

Плотность загрязнения почвы радионуклидами в районе расположения БАЭС, кБк/м²
(данные ОРБ БАЭС)

Место отбора пробы	Σβ			¹³⁷ Cs		
	2021 г.	2020 г.	Среднее за 5 лет	2021 г.	2020 г.	Среднее за 5 лет
СЗЗ БАЭС	-	15,0	-	0,66	0,89	0,94
ЗН БАЭС	-	19,1	-	0,71	0,94	0,89
Контрольный пункт – п. Верхнее Дуброво	-	18,6	-	0,70	1,09	0,88

Примечание: - – нет данных.

В табл. 3.2.8 приведены данные Уральского УГМС о содержании радионуклидов в снеге и растительности в 30-км зоне БАЭС (рис. 3.2.2 а). Отбор проб растительности проводился в 10 точках в конце вегетационного периода. Из табл. 3.2.8 видно, что в 2021 г. максимальная удельная Σβ в растительности наблюдалась в «Доме пастуха» (854,5 Бк/кг в.-с.), а ¹³⁷Cs – в мельзаводе (0,487 Бк/кг в.-с.). В остальных точках отбора содержание ¹³⁷Cs в растительности было в интервале 0,165–0,457 Бк/кг в.-с.

В 2021 г. пробы снега отбирались Уральским УГМС в 10 пунктах. Σβ снега изменялась в диапазоне от 1,20 до 8,96 Бк/м². Плотность загрязнения снега ¹³⁷Cs в 2021 г. находилась в пределах 0,012–0,375 Бк/м². Максимальное значение плотности загрязнения снега ¹³⁷Cs наблюдалось в Чёрной Речке.

Таблица 3.2.8

Содержание радионуклидов в снеге и растительности в районе расположения БАЭС
(данные Уральского УГМС)

Место отбора проб	Плотность загрязнения снега, Бк/м ²				Удельная активность в растительности, Бк/кг в.-с.			
	Σβ		¹³⁷ Cs		Σβ		¹³⁷ Cs	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
База отдыха «Золотая рыбка»	4,13	1,21	0,157	0,020	320,5	356,4	0,407	1,466
«Дом пастуха»	3,11	1,25	0,055	0,018	854,5	298,0	0,338	0,139
Дорога (1 км к сев. от БАЭС)	4,99	0,44	0,219	0,017	413,2	158,1	0,231	0,056
Мельзавод	8,96	1,06	0,148	0,051	370,9	198,3	0,487	0,059
Мост (пересечение тракта с р. Пышмой)	2,54	1,38	0,132	0,022	482,0	394,0	0,376	0,126
Р. Ольховка (под высоковольтной линией)	2,09	1,69	0,107	0,042	447,7	476,0	0,165	0,109
Папанинцев	1,20	1,81	0,127	0,031	223,7	399,6	0,457	0,234
Режик	4,01	2,64	0,291	0,050	181,7	389,2	0,285	0,272
Учхоз	6,03	0,81	0,012	0,049	703,4	385,4	0,217	0,291
Чёрная Речка	5,90	10,0	0,375	0,022	704,2	463,3	0,213	0,603

В 2021 г. ОРБ БАЭС проводился контроль радионуклидов в растительности. Содержание ¹³⁷Cs в растительности было <2,2 Бк/кг в СЗЗ, <2,5 Бк/кг в ЗН и <2,2 Бк/кг в контрольном пункте.

Вода и другие объекты водной экосистемы

Контроль питьевой воды из артезианских скважин, которые обеспечивают хозяйственные нужды промплощадки и г. Заречного, проводится ОРБ БАЭС ежемесячно. Отбор пробы воды в объёме 10 л производился непосредственно с напорного насоса из скважины. Объёмная Σβ в питьевой воде в 2021 г. составила 0,04 Бк/кг, что значительно ниже контрольной величины 1 Бк/л по НРБ-99/2009 для питьевой воды.

Мониторинг содержания радионуклидов в водах Белоярского водохранилища, рек Пышмы и Ольховки в 2021 г. производился ежемесячно ОРБ БАЭС и Уральским УГМС. Данные мониторинга приведены в табл. 3.2.9 и 3.2.10.

Таблица 3.2.9

**Среднегодовые объёмные активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в поверхностных водах в районе БАЭС, Бк/м³
(данные Уральского УГМС)**

Пункты отбора проб	^{90}Sr		^{137}Cs	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Белоярское вдхр., п. Заречный	10	14	11	9
р. Ольховка	48	58	30	49
р. Пышма (ниже впадения р. Ольховки)	10	14	12	10
р. Кама, с. Тюлькино	13	15	14	4
р. Вишера, с. Рябинино	11	12	14	6
р. Колва, г. Чердынь	16	18	7	5

Таблица 3.2.10

**Среднегодовые объёмные активности ^{90}Sr , ^3H и $\Sigma\beta$ в поверхностных водах в районе БАЭС
(данные ОРБ БАЭС)**

Пункты отбора проб	$\Sigma\beta$, Бк/л			^{90}Sr , мБк/л			^3H , Бк/л		
	2021 г.	2020 г.	Среднее за 5 лет	2021 г.	2020 г.	Среднее за 5 лет	2021 г.	2020 г.	Среднее за 5 лет
База отдыха «Дельфин»	-	-	-	8	12	8	30,0	34,8	29,6
Залив Худыш	-	-	-	12	17	12	-	-	-
Белоярское вдхр. (заборный канал)	-	0,15	-	13	13	9	26,5	21,0	21,7
Белоярское вдхр. (заборный канал блока № 4)	-	-	-	14	10	9	18,5	26,8	24,2
Нагорная канава	-	-	-	21	21	17	436	353	399
Нагорная канава блока № 4	-	-	-	19	10	10	293	418	388
р. Ольховка	-	-	-	80	82	57	118	173	218
р. Пышма (Белоярский)	-	-	-	12	16	11	20,5	15,3	23,1
р. Пышма (Малиновка)	-	-	-	15	14	12	21,3	22,8	22,4
р. Пышма в 1 км ниже сброса (Шеелит)	-	0,13	-	14	14	10	25,8	17,3	18,5
Промливневый канал	-	-	-	12	27	16	24,0	26,8	23,8
Сбросной канал	-	0,15	-	14	13	10	22,5	24,8	21,6
Сбросной канал блока №4	-	-	-	9	20	10	30,8	33,3	29,1
Контрольная точка – верховье Белоярского вдхр. (15 км от АЭС)	-	0,14	-	13	14	11	11,3	12,3	12,6
р. Пышма до водозабора	-	0,16	-	-	-	-	-	34,8	-

Согласно данным, представленным в табл. 3.2.9, в 2021 г. содержание ^{90}Sr в воде р. Ольховки уменьшилось в 1,2 раза по сравнению с предыдущим годом. Максимальная объёмная активность ^{90}Sr , как и в предыдущие годы, наблюдалась в р. Ольховке и составила 48 Бк/м³, что намного ниже УВ по НРБ-99/2009 [2] (4,9 Бк/л), но в 10,7 раза выше фонового уровня содержания ^{90}Sr в реках АТР (4,5 Бк/м³).

Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs по данным Уральского УГМС (табл. 3.2.9) в 2021 г. в воде р. Ольховки уменьшилась в 1,6 раза по сравнению с предыдущим годом. Максимальное значение также наблюдалось в р. Ольховке и составляло 30 Бк/м³. В указанных пунктах объёмные активности ^{137}Cs были на три порядка ниже УВ по НРБ-99/2009 (11 Бк/л) [2].

Среднегодовая объёмная активность трития в воде контролируемых водоёмов по данным ОРБ БАЭС (табл. 3.2.10) в 2021 г. оставалась на уровне средних значений за последние пять лет и составляла 11,3–30,8 Бк/л в Белоярском водохранилище и 20,5–25,8 Бк/л – в р. Пышме, что в 7,3–19,9 раза выше средней объёмной активности трития для рек РФ (1,55 Бк/л), но на два порядка ниже

уровня вмешательства по НРБ-99/2009 [2]. Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в 2021 г. составляла 9–14 мБк/л в Белоярском водохранилище и 12–15 мБк/л – в р. Пышме, что намного ниже УВ по НРБ-99/2009 [2] (4,9 Бк/л).

На содержание трития в Белоярском водохранилище оказывает влияние как БАЭС, так и ИРМ, так как стоки ИРМ и БАЭС соединяются в общий канал. Однако на преимущественный вклад АЭС в загрязнение водоёма тритием указывает динамика изменений объёмной активности трития в зависимости от функционирования энергоблоков БАЭС. Так, в период совместной работы энергоблоков № 1 и № 2 БАЭС (до 1981 г.) объёмная активность трития в водоёме на разных расстояниях от места сброса составляла 40–75 Бк/л [5]. После остановки энергоблока № 1 в период с 1981 по 1989 г. при совместной работе блоков № 2 и № 3 средний показатель объёмной активности трития составил 35–55 Бк/л. В последующее время, когда работал только энергоблок № 3, объёмная активность трития в воде снизилась в 2 раза (16–22 Бк/л).

В 2021 г. ОРБ БАЭС проводились наблюдения за содержанием радионуклидов в донных отложениях водоёмов в районе БАЭС. Пробы отбирались на глубоких местах дночерпателем, затем высушивались и озолялись. Для исследования распределения активности радионуклидов по глубине донных отложений в Ольховском болоте проводился послойный отбор проб донных отложений с использованием специального пробоотборного устройства. Результаты измерений приведены в табл. 3.2.11.

Таблица 3.2.11

Удельная активность донных отложений, Бк/кг сырого веса
(данные ОРБ БАЭС)

Пункты отбора проб	$\Sigma\beta$		^{137}Cs		^{60}Co		^{134}Cs	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Белоярское вдхр. (сброс ПЛК)	-	1312	557	994	< 6,3	10,4	< 6,3	< 4,5
Белоярское вдхр. (заборный канал)	-	410	12,1	8,8	< 6,6	< 3,4	< 6,6	< 3,4
Белоярское вдхр. (устье сбросного канала)	-	429	11,7	9,5	< 6,7	< 3,5	< 6,7	< 3,5
Залив Худыш	-	465	11,5	9,7	< 5,8	< 7,5		
Р. Пышма в 1 км ниже сброса (п. Шеелит)	-	351	6,7	7,1	< 5,3	< 5,2	< 5,3	< 5,2
Р. Пышма (500 м выше впадения р. Ольховки)	-	297	43	34	< 7,5	< 4,8	< 7,5	< 4,8
Р. Пышма (500 м ниже впадения р. Ольховки)	-	854	370	432	< 3,0	< 7,1	< 3,0	< 7,1
Середина канала	-	632	60	55	< 7,4	< 6,9	< 7,4	< 6,9
Ольховское болото:								
начало*	-	2445	1931	1948	< 6,4	< 8,5	< 6,4	< 8,5
середина*	-	2502	1274	1529	< 17,6	< 8,8	< 17,6	< 8,8
конец*	-	2247	2424	2208	< 10,8	< 7,9	< 10,8	< 7,9
Р. Ольховка	-	959	568	791	< 6,0	< 5,0	< 6,0	< 5,0
Контрольная точка – Белоярское вдхр. в 3 км до водозабора (б/о «Дельфин»)	-	542	49	32	< 6,6	< 6,6	< 6,6	< 6,6

Примечание: * – отбор проб в Ольховском болоте проводился послойно, в таблице представлены усреднённые данные послойного анализа.

В донных отложениях водных экосистем в районе расположения РОО основными продуктами загрязнения являются долгоживущие радионуклиды. Наибольшее радиоактивное загрязнение иловых отложений ^{137}Cs наблюдалось в месте сброса промливневой канализации (ПЛК), в Ольховском болоте, в р. Ольховке, а также в р. Пышме ниже впадения р. Ольховки. В 2021 г. удельная активность ^{137}Cs в донных отложениях Белоярского водохранилища в месте сброса ПЛК составляла

0,557 кБк/кг сырого веса, Ольховского болота – 1,2–2,4 кБк/кг сырого веса, рек Ольховка и Пышма – 0,57 и 0,37 кБк/кг сырого веса соответственно. Содержание ^{60}Co и ^{134}Cs в донных отложениях обследованных экосистем на два-три порядка ниже содержания ^{137}Cs .

В 2021 г. ОРБ БАЭС проводился контроль радионуклидов в водной растительности. Пробы водорослей отбирались в р. Пышма, Белоярском вдхр. и каналах. Содержание ^{137}Cs в водной растительности промливневого канала в 2021 г. составляло 9,9 Бк/кг. В других местах отбора проб содержание ^{137}Cs было ниже предела обнаружения.

Мониторинг загрязнения грунтовых вод техногенными радионуклидами на территории АЭС осуществляется посредством ежеквартального отбора и анализа проб воды из контрольных скважин, расположенных на промплощадке вокруг потенциальных источников загрязнения (здания энергоблоков, хранилища жидких радиоактивных отходов (ХЖО), хранилища сухих слабоактивных и высокоактивных отходов (ХСО) и др.). Среднегодовые объёмные активности ^{90}Sr 7,6 – 73,2 Бк/кг, превышающие УВ (4,9 Бк/кг [2]), были зарегистрированы в контрольных скважинах ХЖО, ХСО и СВО. Объёмная активность ^{90}Sr в большинстве этих скважин в 2021 г. по сравнению с предыдущим годом осталась примерно на уровне предыдущего года. Среднегодовые объёмные активности ^{137}Cs 14,5 – 296 Бк/кг, превышающие УВ (11 Бк/л), были зарегистрированы в скважинах ХЖО, ХСО и СВО. Загрязнение подземных вод ^{137}Cs в данных скважинах осталось примерно на уровне предыдущего года. Среднегодовые объёмные активности ^{60}Co , превышающие УВ (40 Бк/кг), зарегистрированы не были. Среднегодовые объёмные активности ^3H , превышающие УВ (7600 Бк/кг), также зарегистрированы не были. Самое высокое содержание ^{137}Cs (в 26,9 раз превышающее УВ) на протяжении последних пяти лет наблюдается в скважине П-1; ^{90}Sr (в 14,9 раз превышающее УВ) – в 2021 г. наблюдалось в скважине П-3.

В 2021 г., как и в предыдущие годы, ОРБ БАЭС и ЦГ и Э № 32 ФМБА России определялась удельная активность радионуклидов в продуктах питания местного производства. Пробы овощей и фруктов весом по 3 кг каждая отбирались перед уборкой урожая из коллективных садов г. Заречный. В ряде окрестных хозяйств отбирались пробы молока. Из результатов измерений (табл. 3.2.12) видно, что в 2021 г. удельная активность ^{137}Cs увеличилась в овощах и ягодах, а в корнеплодах, молоке, мясе и рыбе – уменьшилась. Полученные величины не превышали допустимых значений по СанПиН-01[3].

Среднегодовые значения МАЭД на стационарных пунктах и постах наблюдения в 30- и 100-км зонах вокруг РОО, по данным Уральского УГМС, в 2021 г. изменялись в пределах 0,09–0,12 мкЗв/ч. Усреднённые по зоне наблюдения значения МАЭД (0,11 мкЗв/ч) соответствовали гамма-фону Уральского региона.

По данным АСКРО БАЭС, МАЭД в 2021 г. в СЗЗ БАЭС изменялась в диапазоне 0,06–0,11 мкЗв/ч, в ЗН – 0,06–0,10 мкЗв/ч. При регламентных маршрутных обследованиях среднее значение МАЭД в СЗЗ и в ЗН БАЭС составляло 0,067–0,069 мкЗв/ч.

Годовая доза внешнего гамма-облучения на местности, измеряемая в 40-км зоне БАЭС, в 2021 г. в среднем в СЗЗ БАЭС составила 0,56 мЗв, изменяясь в диапазоне 0,49–0,70 мЗв; в ЗН – 0,55 мЗв с диапазоном изменения 0,52–0,59 мЗв; в контрольном пункте (В. Дуброво) – 0,55 мЗв.

Таблица 3.2.12

**Удельная активность радионуклидов в продуктах питания местного производства
в окрестностях РОО, Бк/кг сырой массы
(данные ЦГ и Э № 32 ФМБА России г. Заречный и ОРБ БАЭС)**

Место отбора и вид пробы	$\Sigma\beta$		^{137}Cs	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Пшеница*	-	-	<2,0	<2,0
Допустимая уд. акт.		—		70
Овощи	-	69	0,09	0,07
Корнеплоды	-	75	0,10	0,11
Допустимая уд. акт.		—		120
Молоко	-	59	0,14	0,15
Допустимая уд. акт.		—		100
Ягоды	-	42	0,067	0,066
Допустимая уд. акт.		—		160
Грибы	-	122	2,92	2,92
Допустимая уд. акт.		—		500
Мясо	-	83	0,50	0,56
Допустимая уд. акт.		—		200
Рыба (Белоярское водохранилище, сбросной канал, рыбучасток ПСХ БАЭС)	-	71	0,40	0,43
Допустимая уд. акт.		—		130

Примечания: * – данные ЦГ и Э № 32 ФМБА России;
- – измерения не проводились;
— – нет нормативного уровня.

В соответствии с рекомендациями Росгидромета Р 52.18.853-2016 для Белоярской АЭС по данным радиационного мониторинга были рассчитаны интегральные показатели загрязнения (ИПЗ) почвы и поверхностных вод по природоохранному (экологическому) и радиационному критериям сохранения благоприятной окружающей среды (табл. 3.2.13).

Таблица 3.2.13

**Интегральные показатели загрязнения техногенными радионуклидами
поверхностных вод и почвы БАЭС за 2020–2021 гг.**

Компонент	Участок территории	Годы наблюдений	ИПЗ (безразмерный)	Наиболее значимые нуклиды
Почва	СЗЗ	2020	$3,3 \cdot 10^{-4}$	^{137}Cs
		2021	$2,4 \cdot 10^{-4}$	
	ЗН	2020	$3,5 \cdot 10^{-4}$	^{137}Cs
		2021	$2,6 \cdot 10^{-4}$	
	Контрольный пункт	2020	$4,0 \cdot 10^{-4}$	^{137}Cs
		2021	$2,6 \cdot 10^{-4}$	
Вода	СЗЗ	2020	$4,2 \cdot 10^{-3}$	^3H
		2021	$3,8 \cdot 10^{-3}$	
	ЗН	2020	$3,2 \cdot 10^{-3}$	^3H
		2021	$4,3 \cdot 10^{-3}$	
	Контрольный водоём	2020	$2,5 \cdot 10^{-3}$	^3H
		2021	$2,4 \cdot 10^{-3}$	

Таким образом, в среднем содержание радионуклидов в объектах окружающей среды в районе размещения БАЭС в 2021 г. осталось на уровне предшествующих лет. Влияние БАЭС на радиационную обстановку проявляется в загрязнении водных объектов техногенными радионуклидами, накопленными ранее в результате прошлой деятельности АЭС. С учётом потенциальной радиационной опасности АЭС мониторинг радиационной обстановки в районе её расположения необходимо продолжить.

3.3. Билибинская АЭС

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Билибинская атомная станция» (Билибинская АЭС, далее – БиАЭС) находится на крайнем северо-востоке России за полярным кругом в зоне вечной мерзлоты на территории Чукотского автономного округа.

Билибинская АЭС (БиАЭС) включает в себя четыре однотипных энергоблока ЭГП-6 мощностью по 12 МВт каждый. Блок № 1 был введён в промышленную эксплуатацию 12 января 1974 года. Остальные три блока вводились последовательно с интервалом 1 год. Блок № 1 остановлен 23 марта 2018 года.

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

Промплощадка БиАЭС расположена в долине ручья Большой Поннеурген в 3,5 км к востоку от г. Билибино. Ручей Большой Поннеурген течёт с востока на запад и впадает в р. Большой Кепервеем (наиболее крупный приток р. Малый Анюй) ниже места расположения города. Общая длина ручья составляет 26 км, площадь – 94,2 км². Размер СЗЗ вокруг АЭС составляет 0,5 км, зоны наблюдения (ЗН) – 5 км.

В зоне наблюдения находится один населённый пункт – г. Билибино (численность населения составляет около 5,5 тыс. человек). Водоснабжение БиАЭС и г. Билибино осуществляется из проточного водохранилища, построенного на ручье Большой Поннеурген на 3,2 км выше по течению от БиАЭС. Средняя скорость осадконакопления в водохранилище – 2 мм/год.

Газообразные и аэрозольные радионуклиды на БиАЭС вместе с воздухом производственных помещений выбрасываются в атмосферу через две вентиляционные трубы с отметкой устья 50 м, предварительно пройдя очистку на спецфильтрах вентсистем. Отработанные аэрозольные фильтры систем спецвентиляции направляются в ХСО.

Данные о газоаэрозольных выбросах радионуклидов в окружающую среду на БиАЭС в 2020–2021 гг. представлены в табл. 3.3.1. Из таблицы видно, что в 2021 г. превышения допустимых выбросов и контрольных уровней на БиАЭС не было. Содержание ¹³¹I, ИРГ (кроме ⁴¹Ar) и долгоживущих радионуклидов (кроме ⁶⁰Co) в выбросах Билибинской АЭС менее МДА измерительной аппаратуры учитывается расчётным методом (1/2МДА·V (объём выброса по каждому нормируемому радионуклиду)). Основной вклад в активность выброса ИРГ вносит ⁴¹Ar, выбросы которого составляли 27,83 % допустимого выброса за год.

Таблица 3.3.1

Выбросы радионуклидов в атмосферу на БиАЭС, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
³ H	1,99·10 ¹⁴	5,28·10 ⁸	6,52·10 ⁸	-1,24·10 ⁸
¹⁴ C	2,76·10 ¹²	5,11·10 ⁸	5,90·10 ⁸	-7,9·10 ⁷
⁴¹ Ar	1,24·10 ¹⁵	3,45·10 ¹⁴	4,07·10 ¹⁴	-6,2·10 ¹³
⁶⁰ Co	7,40·10 ⁹	3,61·10 ⁶	5,71·10 ⁶	-2,1·10 ⁶

Жидкие радиоактивные отходы – продукты очистки теплоносителя основного циркуляционного контура, трапных вод и вод спецканализации, образующихся на фильтрах смешанного действия и выпарных установках спецводоочистки в виде насыщенных солевых растворов-пульп, – направляются на захоронение в ХЖО. Дебалансные воды, не прошедшие очистку на выпарных установках, сбрасываются в составе ПЛК в ручей Большой Поннеурген. Основная часть вод ПЛК в течение года не содержит искусственных радионуклидов стационарного происхождения и является сбросом технической сырой воды, служащей для охлаждения технологического оборудования энергоблоков АЭС. Вклад вод хозяйственно-фекальной канализации (ХФК) в поступление радионуклидов в окружающую среду незначителен.

В 2021 г. на БиАЭС было отведено 232,3 тыс. м³ сточных вод в ручей Большой Поннеурген. Данные о фактических сбросах радионуклидов со сточными водами на БиАЭС в 2021 и 2020 гг. приведены в табл. 3.3.2. Превышения допустимых сбросов в открытую гидрографическую сеть в 2021 г. на БиАЭС не было. В 2021 г. снизились, по сравнению с 2020 г., сбросы ³H в 3,1 раз (составили 0,26 % ДС), ⁵⁴Mn – в 2 раза (составили 0,63 % ДС), ⁶⁰Co – в 1,04 раза (составили 0,88 % ДС). Сбросы ⁵⁹Fe на семь порядков меньше соответствующих ДС. Содержание остальных контролируемых радионуклидов в сбросах было менее МДА, представленные в табл. 3.3.2 значения получены расчётным путём.

Таблица 3.3.2

Сбросы радионуклидов с жидкими стоками на БиАЭС в открытую гидрографическую сеть, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый сброс	Фактический сброс		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
³ H	1,35·10 ¹³	3,57·10 ¹⁰	1,12·10 ¹¹	-7,63·10 ¹⁰
⁵⁴ Mn	2,90·10 ⁹	1,82·10 ⁷	3,62·10 ⁷	-1,80·10 ⁷
⁵⁹ Fe	3,90·10 ¹⁰	< 6,11·10 ³	5,85·10 ⁵	-5,79·10 ⁵
⁶⁰ Co	1,67·10 ¹⁰	1,47·10 ⁸	1,53·10 ⁸	-6,00·10 ⁶
⁶⁵ Zn	2,37·10 ¹⁰	< 1,36·10 ⁴	< 1,74·10 ⁴	
¹⁰³ Ru	3,72·10 ¹⁰	< 3,28·10 ³	< 4,19·10 ³	
¹³⁴ Cs	6,47·10 ⁹	< 6,06·10 ³	< 7,78·10 ³	
¹³⁷ Cs	9,92·10 ⁹	< 9,37·10 ³	< 1,20·10 ⁴	
¹⁴¹ Ce	7,17·10 ¹⁰	< 2,65·10 ⁴	< 3,14·10 ⁴	
¹⁴⁴ Ce	9,81·10 ¹⁰	< 8,67·10 ⁴	< 1,11·10 ⁵	

Радиационный мониторинг объектов окружающей среды в радиусе до 22 км от БиАЭС осуществляет группа внешнего радиационного контроля отдела радиационной безопасности БиАЭС. В течение года группа внешнего радиационного контроля проводит регулярный мониторинг радиационной обстановки на промплощадке, в СЗЗ и ЗН.

Район радиационного мониторинга объектов окружающей среды вокруг БиАЭС условно разделён на три пояса наблюдений: 1-й – от АЭС до границы СЗЗ радиусом 0,5 км; 2-й – от 0,5 до 3 км; 3-й – от 3 до 5 км. Кроме того, район разделён на четыре сектора: север, восток, юг, запад. Для фоновых наблюдений выделен контрольный участок в южном направлении на расстоянии до 5 км от АЭС.

Размещение пунктов постоянного наблюдения в поясах и секторах зоны БиАЭС приурочено к существующему расположению значимых объектов народного хозяйства и учитывает господствующее направление ветров в районе АЭС и г. Билибино.

В 2021 г. ЛООС БиАЭС контролировались следующие характеристики загрязнения окружающей среды:

- объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы в СЗЗ и ЗН;
- радиоактивность атмосферных выпадений в пунктах постоянного наблюдения с экспозицией в один месяц, объёмная активность радионуклидов в воде открытых водоёмов, удельная активности источников питьевой воды;
- удельная активность радионуклидов в почве, донных отложениях и растительности;
- мощность дозы гамма-излучения на местности и годовая поглощённая доза.

Для изотопного анализа проб применяется лабораторная гамма-спектрометрическая система Ortec, спектрометрический комплекс СКС-07П-Б11 «Кондор».

Радиационный мониторинг в 100-км зоне вокруг БиАЭС проводился Чукотским УГМС. В 2021 г. отбирались пробы радиоактивных атмосферных выпадений в двух пунктах (Билибино, Кепервеем) с помощью горизонтального планшета без бортиков с экспозицией в одни сутки и в трёх пунктах (рис. 3.3.1) велись наблюдения за МАЭД.

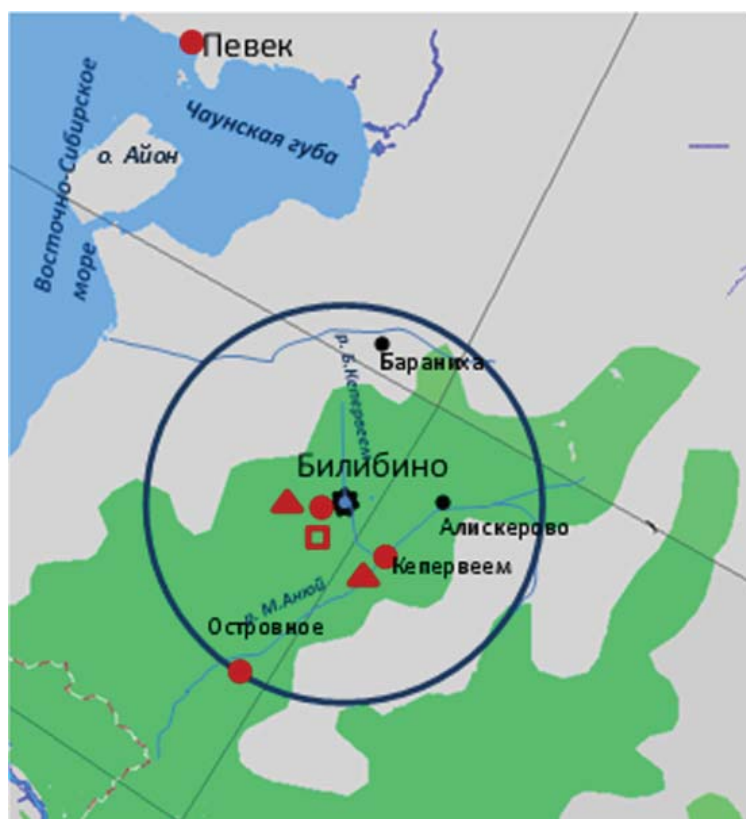


Рис. 3.3.1. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг БиАЭС:

- ⚙ – АЭС;
- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – планируемые наблюдения.

Приземная атмосфера

Результаты измерений объёмной активности радионуклидов в воздухе района размещения БиАЭС в 2021 г., по данным ЛООС БиАЭС, приведены в табл. 3.3.3.

Таблица 3.3.3

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы в районе расположения БиАЭС, 10^{-7} Бк/м³ (данные ЛООС БиАЭС)

Радионуклид	СЗЗ		ЗН	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
⁶⁰ Со	18,7	105	28,6	< 1,0
⁵⁴ Мп	-	< 1,0	-	< 1,0
¹³⁴ Сs	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
¹³⁷ Сs	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
⁵¹ Cr	-	-	-	-

Примечание: - – нет данных.

Из табл. 3.3.3 видно, что в 2021 г., как и в предыдущем, в СЗЗ в приземном слое атмосферы регистрировался ⁶⁰Со, отсутствующий в составе глобального фона. Среднегодовая объёмная активность ⁶⁰Со в приземном слое атмосферы СЗЗ уменьшилась в 5,6 раза, по абсолютной величине на семь порядков ниже допустимой объёмной активности этого радионуклида для населения (ДОО_{НАС} = 11 Бк/м³ по НРБ-99/2009) [2]. Объёмные активности ¹³⁴Сs и ¹³⁷Сs в приземном слое атмосферы СЗЗ в 2021 г. были ниже МДА. Данные по содержанию радионуклидов в приземном слое атмосферы КП за 2020 и 2021 гг. отсутствуют.

Значения $\Sigma\beta$ выпадений, по данным Чукотского УГМС, приведены в табл. 3.3.4.

Таблица 3.3.4

Среднемесячные (с) и максимальные (м) суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне БиАЭС в 2021 г., Бк/м²·сут (данные Чукотского УГМС)

Пункт наблюдений		Месяц												Год 2021
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Билибино	с	0,36	0,24	0,21	0,20	0,24	0,20	0,21	0,19	0,28	0,31	0,24	-	0,24
	м	0,72	0,48	0,34	0,29	0,37	0,32	0,57	0,47	0,48	0,42	0,35	-	0,43
Кепервеем	с	0,24	0,20	0,17	0,22	0,13	0,17	0,20	0,19	0,20	0,23	-	-	0,19
	м	0,32	0,25	0,28	0,39	0,25	0,31	0,37	0,47	0,37	0,47	-	-	0,35

Примечание: - – нет данных.

Из табл. 3.3.4 видно, что среднегодовые суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в г. Билибино и г. Кепервеем составляли 0,24 и 0,19 Бк/м²·сут, а среднемесячные в течение года изменялись от 0,13 до 0,36 Бк/м²·сут. Максимальные суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений наблюдались в январе в г. Билибино (0,72 Бк/м²·сут) и в августе и октябре в г. Кепервеем (0,47 Бк/м²·сут). В среднем $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне БиАЭС в 2021 г. была ниже среднего значения $\Sigma\beta$ выпадений по территории севера Восточной Сибири в 2021 г. (0,72 Бк/м²·сут).

По данным ЛООС БиАЭС, в выпадениях на подстилающую поверхность в 2021 г. регистрировался только ⁶⁰Со: $1,9 \cdot 10^{-2}$ Бк/м²·сут в СЗЗ. Годовые выпадения остальных радионуклидов в СЗЗ и ЗН были ниже предела обнаружения.

Вода, донные отложения

Содержание радионуклидов в воде и донных отложениях ближайших к БиАЭС открытых водоёмов в 2021 г., по данным ЛООС, приведены в табл. 3.3.5. Для сравнения в этой же таблице приводятся данные за 2020 год. Как видно из табл. 3.3.5, содержание ⁶⁰Со и ¹³⁷Сs в питьевой воде (воде водохранилища) в 2021 г. было ниже предела чувствительности аппаратуры.

В 2021 г. в воде контролируемых водных объектов содержание ^{60}Co и ^{137}Cs было также ниже пределов обнаружения.

Донные отложения для анализа отбирались ЛООС в местах отбора проб воды (табл. 3.3.5). В донных отложениях ручья Большой Поннеурген ниже сброса ПЛК регистрировался ^{60}Co , удельная активность которого в 2021 г. в 1,03 раза больше по сравнению с 2020 г. и на три порядка ниже минимально значимой удельной активности для ^{60}Co , равной $1 \cdot 10^4$ Бк/кг по НРБ-99/2009 [2] и ОСПОРБ-99 [6]. Накопление ^{60}Co в донных отложениях обусловлено схемой сброса сточных вод на БиАЭС, так как с 2002 г. сброс вод ПЛК производится непосредственно в ручей Большой Поннеурген. Содержание ^{137}Cs в донных отложениях во всех точках отбора было ниже МДА (5 Бк/кг в.-с.).

Почва, растительность

Пробы почвы отбирались ЛООС БиАЭС методом конверта на контрольных участках. Для отбора проб почвы выбирались горизонтальные целинные участки, расположенные вне поймы реки, на которых поверхностный слой почвы не подвергался эрозии и на которых нет смыва почвы с соседних участков. На выбранном участке намечался равносторонний треугольник со стороной 10 м. В каждой вершине треугольника отбиралась проба почвы площадью 100 см^2 и глубиной 5 см. Из трёх индивидуальных проб приготавливалась одна усреднённая. Пробы почвы отбирались на расстояниях от 0,3 до 3,8 км от АЭС в западном и восточном направлениях и на расстоянии 5 км – в южном направлении (контрольная точка) (табл. 3.3.5). Во всех пробах почвы в 2021 г. содержание ^{137}Cs , ^{60}Co и ^{134}Cs было ниже МДА.

Таблица 3.3.5

Содержание радионуклидов в объектах окружающей среды в районе расположения БиАЭС (данные ЛООС БиАЭС)

Вид пробы	Расстояние от АЭС, км	^{137}Cs		^{60}Co	
		2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Вода, мБк/л					
Водохранилище	3,2	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
руч. Б. Поннеурген, ниже сброса ПЛК	1,5	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
руч. Б. Поннеурген, устье	4,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
р. Б. Кепервеем, верховье – контрольный водоём	10,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Донные отложения, Бк/кг в.-с.					
Водохранилище	3,2	< 5	< 5	< 5	< 5
руч. Б. Поннеурген, ниже сброса ПЛК	1,5	< 5	< 5	60,4	58,7
руч. Б. Поннеурген, устье	4,0	< 5	< 5	< 5	< 5
р. Б. Кепервеем, верховье – контрольный водоём	10,0	< 5	< 5	< 5	< 5
Почва, Бк/м²					
СЗЗ	0,3	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
СЗЗ	0,5	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
ЗН	3,2	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
ЗН	3,8	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Контрольная точка	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Ягода (голубика), Бк/кг, сырой вес					
СЗЗ	0,3–0,5	< 1,0	< 1,0	-	-
ЗН	1,5–3,5	< 1,0	< 1,0	-	-
Контрольная точка	5,0	< 1,0	< 1,0	-	-
Грибы, Бк/кг					
ЗН, север	1,2	-	< 1,0	-	< 1,0
ЗН, восток	2,0	-	< 1,0	-	< 1,0
ЗН, юг	1,0	-	1,13	-	< 1,0
ЗН, запад	5,0	-	1,68	-	< 1,0

Примечание: - – измерения не проводились.

В 2021 г. содержание ^{137}Cs в ягодах во всех точках отбора было ниже МДА и «нулевого фона» (2,59 Бк/кг сырого веса). Пробы грибов в 2021 году не отбирались. В ягеле, хвое кедрового стланика и осоковых травах всей ЗН содержание ^{137}Cs и ^{60}Co было ниже МДА (1,0 Бк/кг).

Радиационный фон на местности

По данным Чукотского УГМС, среднегодовые значения МАЭД в 100-км зоне БиАЭС в 2021 г. изменялись от 0,12 до 0,14 мкЗв/ч, максимальные значения МАЭД не превышали 0,16 мкЗв/ч, что соответствует колебаниям естественного гамма-фона.

Контроль МАЭД на местности на БиАЭС проводился в 2021 г. при маршрутных обследованиях, а также на стационарных постах АСКРО. По данным ЛООС БиАЭС, среднегодовая МАЭД в СЗЗ и ЗН равнялась 0,12 мкЗв/ч (данные АСКРО), в контрольной точке (5 км от АЭС) – 0,12 мкЗв/ч (данные регламентных маршрутов). Максимальные измеренные значения МАЭД в СЗЗ и ЗН не превышали 0,15 и 0,13 мкЗв/ч соответственно (данные АСКРО), в контрольной точке – 0,13 мкЗв/ч (данные регламентных маршрутов).

Поглощённые за год дозы, измеренные дозиметрами-накопителями ТЛД-500К в СЗЗ и ЗН АЭС, варьировали от 0,56 до 0,73 мГр, а в контрольном пункте (5 км от АЭС) – 0,53 мГр.

Таким образом, по данным Чукотского УГМС и ЛООС БиАЭС, содержание ^{137}Cs в объектах окружающей среды в районе расположения БиАЭС не превышает фоновых уровней. Влияние БиАЭС на радиационную обстановку выражается в повышенном содержании ^{60}Co в приземном слое атмосферы СЗЗ АЭС. Однако наблюдаемые активности радионуклида существенно ниже установленных нормативов. С учётом потенциальной радиационной опасности АЭС мониторинг радиационной обстановки в районе её расположения необходимо продолжить.

3.4. Калининская АЭС

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Калининская атомная станция» (Калининская АЭС, далее – КЛНАЭС) расположен в северной части Тверской области в 150 км от г. Тверь и в 5 км к северу от г. Удомля, в котором проживают 26,7 тыс. человек. Промплощадка АЭС примыкает к южному берегу оз. Удомля. СЗЗ КЛНАЭС установлена радиусом 1,2 км, отсчитываемым от геометрического центра вентиляционных труб энергоблоков №№ 1, 2, 3 и 4 с примыканием к нему с запада, северо-запада и северо-северо-востока территорий землеотвода под сбросной канал и градирни 3-го блока. ЗН установлена радиусом 11 км, отсчитываемым от геометрического центра вентиляционных труб энергоблоков №№ 1, 2, 3 и 4. В ЗН размещаются около 52 населённых пунктов и г. Удомля.

В 2021 г. в составе КЛНАЭС находились четыре действующих энергоблока с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР-1000) мощностью 1000 МВт каждый. Энергетический пуск блока № 1 состоялся в 1984 г., в 1986 г. был включён в сеть энергоблок № 2, энергоблок № 3 введён в эксплуатацию в 2004 г., в 2011 г. состоялся пуск энергоблока № 4.

Гидрографическая сеть района КЛНАЭС развита хорошо благодаря равнинному рельефу. Наиболее крупные озёра – Удомля, Песьво, Наволок, Кезадра и Кубыча. Озёра Удомля и Песьво, соединённые естественной протокой, используются в качестве водоёмов-охладителей АЭС. Регулирование стока и горизонта озёр Песьво и Удомля осуществляется с помощью гидроузла на р. Съежа, вытекающей из оз. Удомля.

Обращение с радиоактивными отходами на КЛНАЭС подробно описано в [7].

Газоаэрозольные радиоактивные выбросы в атмосферу на КЛНАЭС осуществляются через четыре вентиляционных трубы высотой 100 м каждая. Через первую трубу в атмосферу выбрасываются технологические сдвухи и воздух из помещений блоков № 1 и № 2. Во вторую трубу поступает воздух из помещений спецкорпуса и здания переработки ТРО, в третью и четвёртую – из помещений реакторных отделений блоков № 3 и № 4. Перед выбросом в атмосферу воздух проходит очистку с целью снижения активности аэрозолей, йода и ИРГ. Действующие системы очистки газоаэрозольных выбросов АЭС обеспечивают эффективность очистки до 99,9 %.

Данные о газоаэрозольных выбросах регламентируемых радионуклидов на КЛНАЭС в 2021 г. и для сравнения в 2020 г. приведены в табл. 3.4.1.

Таблица 3.4.1

Выбросы радионуклидов в атмосферу на КЛНАЭС, Бк/год

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс*		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
³ H	$4,23 \cdot 10^{14}$	$8,26 \cdot 10^{11}$	$2,76 \cdot 10^{12}$	$-1,93 \cdot 10^{12}$
¹⁴ C	$5,91 \cdot 10^{12}$	$2,24 \cdot 10^{10}$	$1,15 \cdot 10^{10}$	$+1,09 \cdot 10^{10}$
⁴¹ Ag	$6,90 \cdot 10^{12}$	$5,20 \cdot 10^{11}$	$<2,38 \cdot 10^{11}$	-
⁸⁷ Kr	$6,90 \cdot 10^{14}$	$5,02 \cdot 10^{10}$	$<3,27 \cdot 10^{11}$	-
⁸⁸ Kr	$5,95 \cdot 10^{14}$	$1,22 \cdot 10^{11}$	$<3,82 \cdot 10^{11}$	-
¹³¹ I	$1,80 \cdot 10^{10}$	$6,91 \cdot 10^7$	$2,71 \cdot 10^5$	$+6,83 \cdot 10^7$
⁵⁴ Mn	$3,10 \cdot 10^{11}$	$<4,22 \cdot 10^6$	$<5,49 \cdot 10^6$	-
⁶⁰ Co	$7,40 \cdot 10^9$	$7,24 \cdot 10^5$	$<1,22 \cdot 10^7$	-
¹³⁴ Cs	$9,00 \cdot 10^8$	$<1,18 \cdot 10^7$	$<1,22 \cdot 10^7$	-
¹³⁷ Cs	$2,00 \cdot 10^9$	$<1,18 \cdot 10^7$	$<1,22 \cdot 10^7$	-

Примечание: * – значения выбросов радионуклидов, не фиксируемых существующими приборами и методами, получены расчётным путём (1/2 произведения нижнего предела измерения на суммарный объём выброса).

Из табл. 3.4.1 видно, что в 2021 г. годовые выбросы ¹⁴C, ¹³¹I и ИРГ выросли в 1,9 и 6,1 раза соответственно, выбросы ³H уменьшились в 3,3 раза. Величины выбросов всех контролируемых радионуклидов не превышали установленных нормативов. Наибольший вклад в активность выбросов вносят ³H (0,2 % ДВ), ⁴¹Ag (7,5 % ДВ) и ⁸⁸Kr (0,02 % ДВ).

Жидкие радиоактивные среды, образующиеся при работе АЭС, проходят очистку на системах спецводоочистки СВО-1÷СВО-7 и повторно используются в технологическом цикле. Дебалансные воды после соответствующей подготовки закачиваются для захоронения в подземный водоносный горизонт на полигоне глубинного захоронения производственных сточных вод, введённого в эксплуатацию в 2007 году (до 2007 г. их удаление проводилось в озёра Песьво и Удомля).

Объём воды в озёрах Удомля и Песьво составляет $1,0 \cdot 10^8$ и $1,8 \cdot 10^7$ м³ соответственно. С продувкой брызгальных бассейнов в озёра поступило 49 500 м³ воды (в 2020 г. – 87 000 м³).

Данные о сбросах отдельных радионуклидов в открытую гидрографическую сеть в 2021 г. на КЛНАЭС приведены в табл. 3.4.2.

По абсолютному значению суммарная активность сброса в 2021 г. ($3,4 \cdot 10^9$ Бк) уменьшилась по сравнению с 2020 г. в 1,2 раза. В сбросах с брызгальных бассейнов в 2021 году фактически определён только тритий (94,4 % общей активности сброса), сбросы которого выросли в 2021 г. в 1,3 раза и составили 0,04 % допустимого. Как видно из табл. 3.4.2, в 2021 г. сбросы всех остальных контролируемых радионуклидов, полученные расчётным путём, уменьшились за счёт уменьшения объёма сброса воды с брызгального бассейна. В 2021 г. случаев превышения контрольного уровня

допустимых сбросов, а также несанкционированных сбросов не было. Сбросы радионуклидов были на три-четыре порядка ниже допустимых.

Таблица 3.4.2

Сбросы радионуклидов в озёра Песью и Удомля со сточными водами на КЛнАЭС, Бк/год

Радионуклид	Допустимый сброс	Фактический сброс*		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^3H	$8,76 \cdot 10^{12}$	$3,21 \cdot 10^9$	$2,50 \cdot 10^9$	$+7,10 \cdot 10^8$
^{54}Mn	$2,34 \cdot 10^{10}$	$8,44 \cdot 10^6$	$1,50 \cdot 10^7$	$-6,56 \cdot 10^6$
^{58}Co	$2,53 \cdot 10^{11}$	$7,68 \cdot 10^6$	$1,38 \cdot 10^7$	$-6,12 \cdot 10^6$
^{60}Co	$6,00 \cdot 10^9$	$8,43 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^7$	$-6,27 \cdot 10^6$
^{65}Zn	$1,52 \cdot 10^{10}$	$1,81 \cdot 10^7$	$3,20 \cdot 10^7$	$-1,39 \cdot 10^6$
^{90}Sr	$4,29 \cdot 10^9$	$1,98 \cdot 10^6$	$3,48 \cdot 10^6$	$-1,50 \cdot 10^6$
^{106}Ru	$1,75 \cdot 10^{10}$	$7,20 \cdot 10^7$	$1,27 \cdot 10^8$	$-5,50 \cdot 10^7$
^{134}Cs	$6,31 \cdot 10^9$	$9,17 \cdot 10^6$	$1,63 \cdot 10^7$	$-7,13 \cdot 10^6$
^{137}Cs	$9,64 \cdot 10^9$	$9,18 \cdot 10^6$	$2,21 \cdot 10^7$	$-1,29 \cdot 10^7$
^{144}Ce	$2,28 \cdot 10^{10}$	$6,19 \cdot 10^7$	$1,09 \cdot 10^8$	$-4,71 \cdot 10^7$

Примечание: * – сбросы радионуклидов в окружающую среду представлены с учётом присвоения значения, равного $\frac{1}{2}$ произведения нижнего предела измерения на суммарный объём сброса в случае, когда нормируемые радионуклиды не определяются существующими на КЛнАЭС приборами и методами.

Радиационная обстановка вокруг КЛнАЭС в радиусе до 100 км контролируется Северо-Западным и Центральным УГМС, а в радиусе до 25 км – лабораторией внешнего дозиметрического контроля (ЛВДК) КЛнАЭС. В 2021 г. мониторинг радиационного загрязнения объектов окружающей среды в СЗЗ и ЗН КЛнАЭС был организован ЛВДК следующим образом (рис. 3.4.1):

– объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы измерялась в восьми пунктах постоянного наблюдения, изготовленных ФГБУ НПО «Тайфун» (один пункт – в СЗЗ, шесть – в ЗН и один – в контрольном пункте г. Вышний Волочёк, 50 км на юго-запад от АЭС). Посты представляют собой модульную конструкцию с установленной в ней воздухофильтрующей установкой УВФ-2 с производительностью 1100 м³/ч. Время экспозиции фильтров – две недели;

– радиоактивность атмосферных выпадений измерялась в трёх пунктах, совпадающих с пунктами отбора проб аэрозолей: в СЗЗ – пост № 1 (промзона), в ЗН – пост № 2 (д. Глиновка) и пост № 3 (д. Ряд). Пробы отбирались с помощью кювет с площадью 0,25 м² и высотой бортиков 25 см, время экспозиции которых составляло один месяц.

В пяти точках мониторинг плотности радиоактивных выпадений из атмосферного воздуха проводился по пробам снега. Отбор осуществляется один раз в год перед началом весеннего снеготаяния вблизи стационарных постов ЗН: пост № 4 (д. Стан), пост № 5 (д. Митрошино), пост № 6 (д. Зарьково), пост № 7 (г. Удомля) и в контрольном пункте – пост № 8 (г. Вышний Волочёк);

– определялось содержание радионуклидов в питьевой воде, воде из открытых водоёмов, а также в донных отложениях, водной растительности и рыбе;

– определялось содержание радионуклидов в почве, растительности, пищевых продуктах местного производства;

– проводился мониторинг МАЭД и годовой поглощённой дозы на местности.

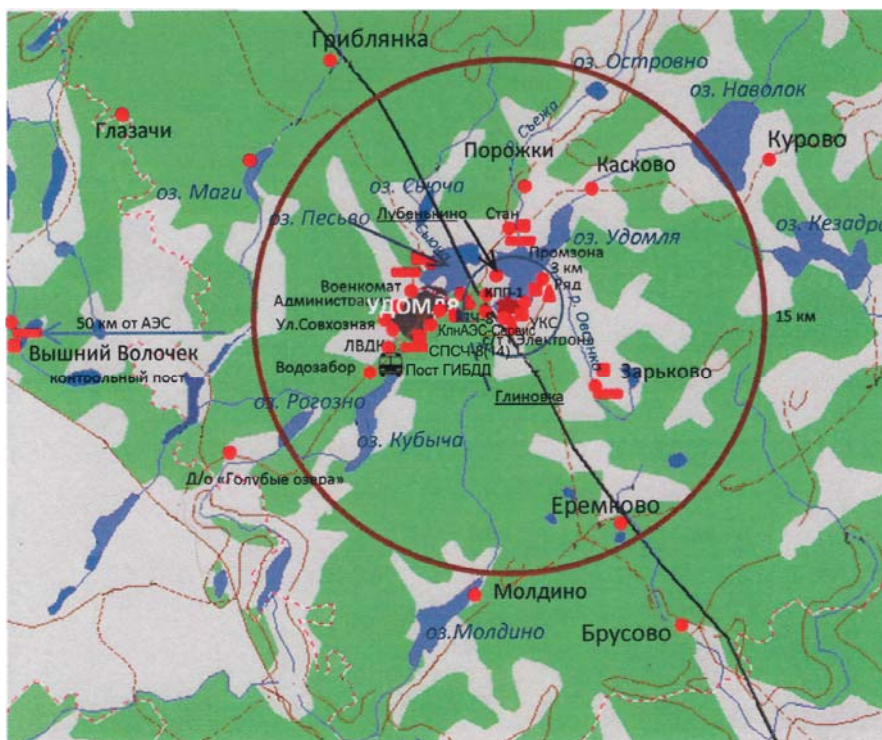


Рис. 3.4.1. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 25-км зоне вокруг КлнАЭС:

- ★ — АЭС;
- — наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ — отбор проб атмосферных выпадений;
- — отбор проб атмосферных аэрозолей;
- ▭ — отбор проб снега;
- 🚚 — передвижная радиометрическая лаборатория ЛВДК КлнАЭС.

Для измерения $\Sigma\beta$ проб использовался радиометр УМФ-2000, радиометр iSolo. Гамма-спектрометрический анализ проводился с помощью установки DSA-1000. Для измерения трития в водных пробах использовались жидкостные сцинтилляционные анализаторы TRI-CARB 2900 TR и TRI-CARB 5110 TR.

МАЭД контролировалась на КлнАЭС с помощью переносных дозиметров ДКС-96В, МКС-АТ1117М, установки «Гамма-сенсор», входящей в состав передвижной радиометрической лаборатории, а также с помощью АСКРО, состоящей из 17 постов (девять постов – в ЗН, три – в СЗЗ, пять – вне ЗН), оснащённых автоматизированными дозиметрами SkyLINK и «Атлант». Поглощённую дозу на местности измеряли термолюминесцентным методом, в каждом пункте устанавливалось по два термолюминесцентных дозиметра «Радос» системы «Dosacus».

Схема расположения пунктов радиационного мониторинга Северо-Западного УГМС и Центрального УГМС показана на рис. 3.4.2.

В 2021 г. в 100-км зоне КлнАЭС проводились наблюдения следующих параметров окружающей среды:

- радиоактивности атмосферных аэрозолей в одном пункте путём отбора проб на фильтры с помощью ВФУ с пятисуточной экспозицией;
- радиоактивности атмосферных выпадений в двух пунктах с помощью марлевых планшетов с суточной экспозицией;
- МАЭД в семи пунктах постоянного наблюдения.

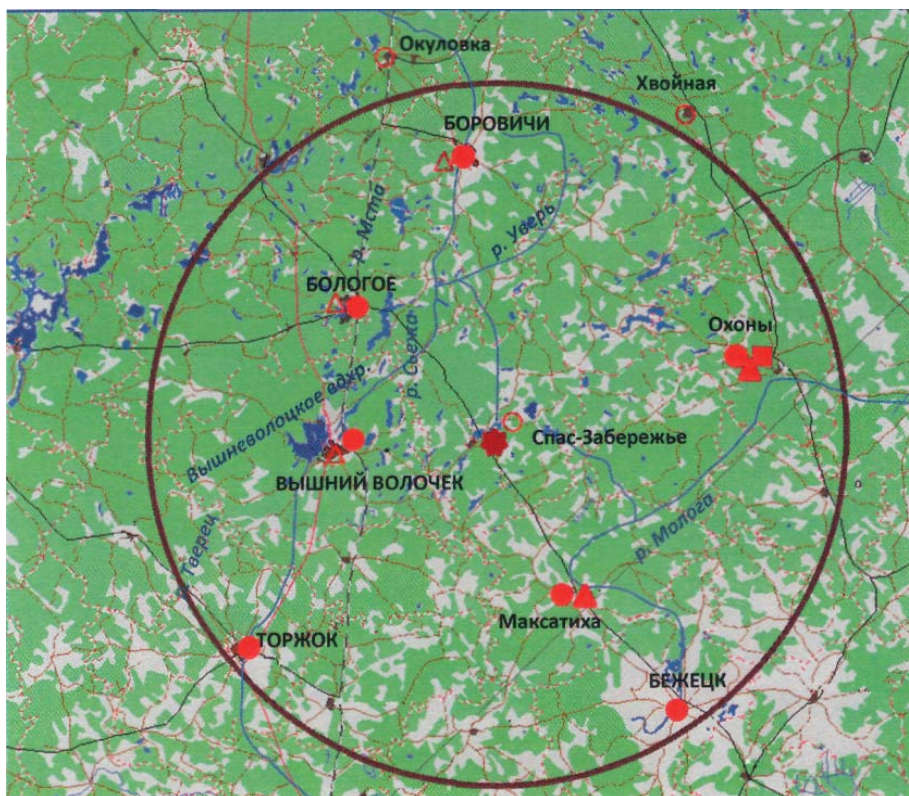


Рис. 3.4.2. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг КЛнАЭС:

- ★ — АЭС;
- — отбор проб атмосферных аэрозолей;
- ▲ — отбор проб атмосферных выпадений;
- — наблюдения за гамма-фоном;
- △ — планируемые наблюдения.

Приземная атмосфера

Результаты измерений объёмных активностей радионуклидов в приземном слое атмосферы в 2021 г., полученные ЛВДК в объединённых и осреднённых пробах для СЗЗ, ЗН и КП, представлены в табл. 3.4.3. Анализ данных показывает, что в 2021 г. в СЗЗ, ЗН и КП, как и в предыдущие годы, основная доля техногенной активности приземной атмосферы была обусловлена ¹³⁷Cs, содержание других техногенных радионуклидов в атмосферных аэрозолях было ниже МДА.

Таблица 3.4.3

Объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы вокруг КЛнАЭС, 10⁻⁷ Бк/м³ (данные ЛВДК КЛнАЭС)

Пункт контроля	¹³⁷ Cs		¹³⁴ Cs		⁶⁰ Co		⁵⁴ Mn	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
СЗЗ	11,60	6,52	<2,83	<0,71	<3,69	7,89	-	<3,22
ЗН	3,50	2,81	<0,20	<0,24	<0,18	<0,23	-	<0,23
Г. Вышний Волочёк (контрольный пункт)	4,30	5,25	<0,70	<0,70	<0,70	<0,69	-	<0,65
ДОО _{НАС.} , Бк/м ³	27		19		11		72	

Примечание: - – данные отсутствуют.

Среднегодовая активность ¹³⁷Cs в 2021 г. увеличилась, по сравнению с предыдущим годом, в СЗЗ в 1,8 раза, в ЗН в 1,2 раза, в контрольном пункте уменьшилась в 1,2 раза, оставалась на семь-восемь порядков ниже ДОО_{НАС.} по НРБ-99/2009 [2].

В табл. 3.4.4, по данным Северо-Западного и Центрального УГМС, приведены среднемесячные и максимальные суточные значения объёмной $\Sigma\beta$ радионуклидов в воздухе в п. Охоны, а также значения $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений за 2021 г. в пп. Охоны и Максатиха, расположенных в 100-км зоне КЛНАЭС.

Таблица 3.4.4

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения $\Sigma\beta$ выпадений (Р, Бк/м²·сут) и объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе (q, 10⁻⁵ Бк/м³) в 100-км зоне КЛНАЭС в 2021 г. (данные Северо-Западного и Центрального УГМС)

Месяц		Охоны		Максатиха	Север ЕТР	
		Р	q	Р	Р	q
Январь	с	0,4	-	1,1	0,8	11,4
	м	0,9	-	2,4		
Февраль	с	0,6	-	1,1	0,5	8,6
	м	1,6	-	3,1		
Март	с	0,5	-	1,0	0,4	8,3
	м	1,7	-	2,6		
Апрель	с	0,7	-	1,1	0,4	11,5
	м	1,6	-	2,2		
Май	с	0,5	-	1,1	0,5	11,6
	м	1,8	-	1,8		
Июнь	с	0,4	-	1,2	0,4	12,8
	м	1,4	-	3,2		
Июль	с	0,4	-	1,2	0,3	7,8
	м	1,2	-	2,5		
Август	с	0,4	-	1,2	0,5	6,3
	м	1,2	-	3,3		
Сентябрь	с	0,7	-	1,2	0,6	4,8
	м	1,6	-	2,8		
Октябрь	с	0,3	-	1,2	0,6	6,3
	м	0,9	-	2,3		
Ноябрь	с	0,4	6,8	1,1	0,6	6,3
	м	1,1	6,8	1,9		
Декабрь	с	0,5	3,5	1,3	0,6	5,5
	м	1,7	6,2	2,3		
Среднее: 2021 г.		0,5	5,2	1,2	0,5	8,5
2020 г.		0,4	3,3	1,1	0,5	8,2
Сумма, Бк/м ² ·год: 2021 г.		183		438	183	
2020 г.		146		402	175	

Примечание: - – измерения не проводились, помолка ВФУ.

Из табл. 3.4.4 видно, что в 2021 г. среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ в п. Охоны изменялась от $3,5 \cdot 10^{-5}$ до $6,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в этом пункте была в 1,6 раза ниже средневзвешенного значения для Севера ЕТР ($8,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³).

По данным ЛВДК КЛНАЭС, среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в воздухе СЗЗ КЛНАЭС в 2021 г. составляла $15,3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в ЗН – $15,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. По данным ЛВДК КЛНАЭС, в СЗЗ и ЗН в 2021 г. радионуклиды стационарного происхождения в пробах выпадений обнаружены не были (значения контролируемых величин не превышали МДА).

По данным Северо-Западного и Центрального УГМС, годовые значения $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 г. в п. Максатиха выросли в 1,1 раза, в п. Охоны – в 1,3 раза по сравнению с 2020 годом. Среднемесячные величины $\Sigma\beta$ суточных атмосферных выпадений варьировали в пунктах наблюдения в пределах от 0,3 до 1,3 Бк/м²·сут. Максимальные суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений наблюдались в августе в п. Максатиха и составляли 3,3 Бк/м²·сут. В среднем $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне КЛНАЭС

в 2021 г. составила 0,85 Бк/м²·сут, что превышает уровень средневзвешенного значения $\Sigma\beta$ выпадений для Севера ЕТР в 1,7 раза.

Вода и другие объекты окружающей среды

Радиационный контроль воды открытых водоёмов, расположенных в СЗЗ и ЗН АЭС, проводился ЛВДК один раз в полугодие. В табл. 3.4.5 представлены усреднённые данные о содержании радионуклидов в воде водоёмов-охладителей (оз. Песьво и оз. Удомля), р. Съеже (вытекающей из водоёмов-охладителей), а также близлежащих водоёмов, не связанных со сбросами КЛНАЭС, – оз. Саминец и оз. Кубыча, расположенных в ЗН и выбранных в качестве фоновых.

Таблица 3.4.5

Содержание радионуклидов в объектах окружающей среды в районе расположения КЛНАЭС (данные ЛВДК КЛНАЭС)

Пункт контроля	¹³⁷ Cs		⁶⁰ Co		³ H, Бк/л		⁹⁰ Sr	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Вода открытых водоёмов, мБк/л								
оз. Песьво (устье сбросного канала)	< 1,6	< 2,0	< 1,5	< 1,8	< 10	11	2,6	3,6
оз. Удомля (входной канал)	< 1,7	< 1,8	< 1,6	< 1,6	< 10	< 10	2,9	1,4
р. Съежа (вытекает из оз. Удомля)	< 1,6	< 1,8	< 1,5	< 1,6	< 10	< 10	2,8	2,5
оз. Саминец (ЗН) – контрольный водоём	< 1,8	< 2,0	< 1,7	< 1,8	< 10	< 10	2,4	2,2
оз. Кубыча (ЗН) – контрольный водоём	< 1,4	< 1,6	< 1,4	< 1,5	< 10	< 10	1,7	1,6
Донные отложения водоёмов, Бк/кг с.-м.								
	¹³⁷ Cs		⁶⁰ Co		¹³⁴ Cs		⁹⁰ Sr	
оз. Песьво (устье сбросного канала)	< 0,42	< 0,42	< 0,36	< 0,36	< 0,42	< 0,42	1,25	0,88
оз. Удомля (входной канал)	< 0,44	< 0,45	< 0,39	< 0,38	< 0,43	< 0,44	< 1,03	1,72
р. Хомутовка, устье (СЗЗ)	< 0,43	< 0,42	< 0,37	< 0,36	< 0,43	< 0,42	-	-
р. Съежа (вытекает из оз. Удомля)	2,02	< 0,46	< 0,37	< 0,39	< 0,43	< 0,46	-	-
оз. Саминец (ЗН) – контрольный водоём	< 0,43	< 0,58	< 0,37	< 0,35	< 0,43	< 0,41	-	-
оз. Кубыча (ЗН) – контрольный водоём	1,28	1,56	< 0,34	< 0,36	< 0,40	< 0,41	-	-
Почва, кБк/м²								
	¹³⁷ Cs		⁶⁰ Co		¹³⁴ Cs		⁹⁰ Sr	
СЗЗ	0,11	0,22	< 0,033	< 0,043	< 0,037	< 0,047	0,069	< 0,037
ЗН	0,19	0,35	< 0,058	< 0,050	< 0,063	< 0,055	0,064	0,168
г. Вышний Волочёк (50 км от АЭС) – контрольный пункт	0,21	0,12	< 0,039	< 0,034	< 0,043	< 0,038	0,078	< 0,049

Примечание: - - измерения не проводились.

Из табл. 3.4.5 видно, что в пробах воды, отобранных в разных водоёмах, объёмные активности ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co и ³H находятся ниже предела обнаружения используемого метода анализа. Значения среднегодовой объёмной активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr ниже соответствующих результатов до пуска АЭС. Объёмная активность трития в водоёмах-охладителях в 2021 г. на два порядка ниже установленного в НРБ-99/2009 уровня вмешательства и рекомендованного контрольного уровня (5000 Бк/л по данному нуклиду для водоёмов-охладителей). В 2021 г. значение среднегодовой объёмной активности трития в водоёмах-охладителях ниже, чем среднее значение за предыдущие 5 лет. Это связано с введением на КЛНАЭС в 2007 г. полигона глубинного захоронения промстоков. Объёмные активности трития в водоёмах-охладителях достоверно не определяются в рамках используемой методики в оз. Песьво с 2021 г., в оз. Удомля – с 2020 г. Так как нижняя граница диапазона измерений, равная 10 Бк/л, превышает фоновые уровни содержания трития в поверхностных водах на территории РФ, рекомендуется переход на более чувствительную методику измерений. В контрольных

водоёмах (оз. Саминец и оз. Кубыча), в р. Съежа и питьевой воде в 2021 г. данный нуклид не идентифицирован (активность меньше МДА, равной 10 Бк/л).

Основным поставщиком питьевой воды для новой части г. Удомля и промплощадки КЛнАЭС является водозабор города. Радиационный мониторинг питьевой воды осуществлялся ЛВДК КЛнАЭС путём измерения $\Sigma\beta$ и $\Sigma\alpha$ в пробах воды, отобранных из водопровода г. Удомля, а также из водоразборных колонок близлежащих населённых пунктов. В 2021 г. объёмная $\Sigma\beta$ и $\Sigma\alpha$ питьевой воды не превышала контрольных уровней по НРБ-99/2009 (≤ 1 Бк/л для $\Sigma\beta$ и $\leq 0,2$ Бк/л для $\Sigma\alpha$).

Донные отложения из водоёмов отбирались дночерпателем вблизи береговой линии и представляли собой заиленный песок. Периодичность отбора – один раз в год. В табл. 3.4.5 приведены данные о содержании радионуклидов в донных отложениях водоёмов-охладителей, р. Съежи, р. Хомутовки (впадает в оз. Удомля), протекающей по территории промплощадки АЭС, в нижнее течение которой производится сброс ПЛК с промплощадки АЭС, а также озёр Саминец и Кубыча. Результаты мониторинга в 2021 г. показали, что ^{134}Cs , ^{137}Cs и ^{60}Co в пробах донных отложений во всех местах пробоотбора, кроме ^{137}Cs в р. Съежа и оз. Кубыча, достоверно не определялись (значения контролируемой величины не превышали МДА). Удельная активность ^{137}Cs в донных отложениях р. Съежа и оз. Кубыча значительно ниже нулевого фона (10,4 Бк/кг сухого веса). Вместе с тем удельные активности радионуклидов в донных отложениях, приведённые в табл. 3.4.5, являются наиболее низкими по каждому из приведённых водоёмов, поскольку места отбора проб донных отложений расположены вдоль береговой линии. Грунты в местах отбора представляют собой заиленный песок, содержание радионуклидов в которых ниже, чем в грунтах, представленных в виде илов и сапропелей, расположенных в этих же водоёмах на больших глубинах, что подтверждается проведёнными в 2002–2003 гг. исследованиями мелководных и глубоководных участков водоёмов-охладителей, в результате которых из техногенных радионуклидов в донных отложениях был обнаружен только ^{137}Cs , в основном в илах (5,5–96,2 Бк/кг в.-с.) и сапропелях (12,6–70,3 Бк/кг в.-с.).

Удельная активность ^{90}Sr в донных отложениях водоёмов-охладителей в 2021 г., по сравнению с предыдущим годом, в оз. Песьво выросла в 1,4 раза (оставаясь на три порядка ниже уровня введения ограничений на использование в хозяйственной деятельности (1 000 Бк/кг)), в оз. Удомля не превышала МДА. Значения контролируемых величин находятся на уровне средних показателей за пять предыдущих лет наблюдений (в пределах неопределённости измерений) и меньше соответствующих значений нулевого фона, что свидетельствует об отсутствии накопления нуклидов в донных отложениях.

В водной растительности поверхностных водоёмов достоверно определялся ^{137}Cs и ^{90}Sr , значения активности которых находились на уровне и ниже соответствующих значений нулевого фона.

ЛВДК в районе КЛнАЭС один раз в год отбираются целинные слои почвы глубиной 5 см. Места отбора проб находятся вблизи постов постоянного наблюдения: в СЗЗ – 1 точка контроля, в ЗН – 6 точек, в контрольном пункте (г. Вышний Волочёк) – 1 точка. В табл. 3.4.5 приведены усреднённые данные о плотности содержания техногенных радионуклидов в почве по СЗЗ, ЗН и контрольному пункту в 2021 году. Из табл. 3.4.5 видно, что радиоактивность почвы обусловлена в основном ^{137}Cs глобального происхождения, он достоверно определялся в пробах почвы, отобранных в СЗЗ, ЗН и контрольном пункте.

Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs в СЗЗ и ЗН в 2021 г., по сравнению с предыдущим годом, снизилась в 2 и 1,8 раза соответственно, в контрольном пункте выросла в 1,8 раза. Все значения плотности радиоактивного загрязнения почвы в 2021 г. в несколько раз меньше значений, полученных в 1982 г. (нулевого фона).

Обобщённые данные о содержании радионуклидов в продуктах питания в зоне наблюдения КЛНАЭС представлены в табл. 3.4.6.

Таблица 3.4.6

**Содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции
в районе расположения КЛНАЭС, Бк/кг с.-м.
(данные ЛВДК КЛНАЭС)**

Вид пробы	^{137}Cs		^{90}Sr	
	2021 г.	До пуска АЭС*	2021 г.	До пуска АЭС*
Растительность луговая	< 0,21	1,6	1,23	15,9
Корнеплоды	< 0,07	0,09	0,25	0,08
Овощи	< 0,03	0,1	< 0,13	0,16
Допустимая уд. акт.	80		40	
Ягоды	5,22	-	< 0,19	-
Допустимая уд. акт.	160		не нормируется	
Грибы	3,90	-	< 0,11	-
Допустимая уд. акт.	500		не нормируется	
Молоко	< 0,03	0,27	< 0,05	0,17
Допустимая уд. акт.	100		25	
Мясо	< 0,12	0,12**	< 0,15	0,11**
Допустимая уд. акт.	200		-	
Рыба	< 0,46	0,50	0,32	1,5
Допустимая уд. акт.	130		100	

Примечания: - – нет данных;

* – в Бк/кг сухой массы;

** – данные по контрольному пункту (г. Вышний Волочёк).

Отбор проб проводился с учётом структуры питания сельского и городского населения района КЛНАЭС. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах в 2021 г. и в предшествующие годы контроля такое же, как и до работы КЛНАЭС. Наибольшее содержание ^{90}Sr в 2021 г. наблюдалось в луговой растительности (1,23 Бк/кг сырой массы), ^{137}Cs – в ягодах (5,22 Бк/кг сырой массы), что на один-два порядка ниже допустимых удельных активностей. Содержание ^{131}I в молоке не выявлено – не превышает МДА применяемой методики (< 0,04 Бк/кг). Все значения соответствуют уровням глобального загрязнения указанных пищевых продуктов и не превышают регламентируемых для них допустимых значений в СанПиН 2.3.2.1078-01 [3].

До пуска КЛНАЭС уровни гамма-излучения от естественной радиации и глобальных радиоактивных выпадений на территории АЭС составляли 0,07–0,18 мкЗв/ч. В 2021 г., по данным ЛВДК, среднегодовые значения МАЭД в СЗЗ и ЗН по регламентным маршрутам изменялись в диапазоне 0,08–0,13 мкЗв/ч, по данным АСКРО – составляли 0,10 мкЗв/ч и находились на уровне значений, имевших место до пуска АЭС. Максимальные значения МАЭД, по данным регламентных маршрутов и АСКРО, не превышали 0,17 мкЗв/ч. В контрольном пункте, по данным регламентных маршрутов, среднегодовое значение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения составляло 0,07 мкЗв/ч.

По данным ежедневных (каждые три часа) наблюдений Северо-Западного и Центрального УГМС, в 2021 г. среднемесячные значения МАЭД в 100-км зоне вокруг КЛНАЭС колебались в пределах от 0,09 до 0,14 мкЗв/ч, максимальные измеренные значения достигали 0,17 мкЗв/ч, что

находится в пределах колебаний естественного гамма-фона. Среднегодовые значения МАЭД составляли 0,09–0,12 мкЗв/ч.

Контроль годовой дозы на местности проводился термомлюминесцентным методом. Полученные данные показывают, что при нормальной эксплуатации АЭС и достигнутых значениях выбросов радионуклидов с АЭС значимое отличие дозы на местности в районе КЛНАЭС от дозы в контрольном пункте отсутствует.

Таким образом, из всего вышеизложенного можно сделать выводы о том, что влияние КЛНАЭС на радиоактивность объектов окружающей среды практически отсутствует. Радиационная обстановка на территории СЗЗ и ЗН КЛНАЭС соответствует требованиям действующего санитарно-гигиенического законодательства. С учётом потенциальной радиационной опасности АЭС мониторинг радиационной обстановки в районе её расположения необходимо продолжить.

3.5. Кольская АЭС

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция» (Кольская АЭС, далее – КоАЭС) расположен за Северным полярным кругом в Мурманской области на берегу оз. Имандра, в 12 км от г. Полярные Зори, на расстоянии 33 км к северу от г. Кандалакша и 60 км к югу от г. Мончегорск. КоАЭС введена в эксплуатацию в период с 1973 по 1984 г. в составе четырёх энергоблоков типа ВВЭР мощностью 440 МВт каждый в две очереди: первая очередь – энергоблоки № 1 и № 2, вторая очередь – энергоблоки № 3 и № 4. В 2021 г. на КоАЭС находились в эксплуатации четыре энергоблока общей мощностью 1760 МВт.

Вокруг Кольской АЭС установлены СЗЗ и ЗН. Площадь СЗЗ составляет 4,2 км², ЗН – 702,3 км². СЗЗ КоАЭС включает территорию центральной части полуострова, разделяющего оз. Бабинская Имандра от оз. Иокостровская Имандра, до автомобильной дороги Санкт-Петербург – Мурманск. Зоной наблюдения является территория, ограниченная радиусом 15 км, отсчитываемым от геометрического центра вентиляционных труб 1-й и 2-й очередей Кольской АЭС. Внутренней границей ЗН является граница СЗЗ. Границы СЗЗ также установлены вокруг хранилища сухих слабоактивных отходов (ХССО). СЗЗ ХССО является территория хранилища, ограниченная охраным периметром.

В ЗН Кольской АЭС находятся следующие населённые пункты: г. Полярные Зори, пос. Африканда, н.п. Зашеек. Наиболее крупным является г. Полярные Зори с числом жителей более 14 тыс. человек. Общая численность населения, проживающего в ЗН, – около 16,4 тыс. человек.

На территории промплощадки КоАЭС расположены ХСО и временные ХЖО, оборудованные в здании спецкорпусов для каждой очереди: ХСО-1, ХЖО-1 и ХСО-2, ХЖО-2 соответственно. В январе 2007 г. принят в промышленную эксплуатацию комплекс переработки жидких радиоактивных отходов. Пунктами хранения ОЯТ являются приреакторные бассейны выдержки энергоблоков №№ 1–4. В 2010 г. введено в эксплуатацию хранилище отверждённых радиоактивных отходов (ХОРО).

Газоаэрозольные выбросы КоАЭС осуществляются через две вентиляционные трубы первой и второй очередей энергоблоков. Наибольший вклад в абсолютную величину активности выброса вносят радионуклиды из группы ИРГ (⁴¹Ar, ^{85m}Kr, ⁸⁷Kr, ⁸⁸Kr, ¹³⁵Xe) и ³H (табл. 3.5.1). Выбросы

радионуклидов из группы ИРГ, ^{131}I , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{137}Cs в 2021 г. уменьшились. Значения газоаэрозольных выбросов радионуклидов в атмосферу на КоАЭС в 2021 г. увеличились, по сравнению с 2020 г., по ^3H , ^{60}Co и ^{134}Cs в 1,1 раза. Выросшие в 2021 г. выбросы ^3H составили 0,34 %, ^{14}C – 0,53 %, ^{60}Co – 0,44 %, ^{134}Cs – 0,25 % допустимых выбросов. Все выбросы оставались ниже допустимых. По данным КоАЭС, увеличение значений выброса радионуклидов в 2021 году, по сравнению с 2020 годом, связано с вводом в эксплуатацию нового, более чувствительного оборудования контроля выбросов, проводимыми ремонтными работами на энергоблоках.

Таблица 3.5.1

Выбросы радионуклидов в атмосферу на КоАЭС, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс*		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^3H	$6,40 \cdot 10^{14}$	$2,14 \cdot 10^{12}$	$2,01 \cdot 10^{12}$	$+1,30 \cdot 10^{11}$
^{14}C	$1,12 \cdot 10^{13}$	$5,95 \cdot 10^{10}$	$1,63 \cdot 10^8$	$+5,92 \cdot 10^{10}$
^{41}Ar	$6,90 \cdot 10^{14}$	$1,93 \cdot 10^{12}$	$2,21 \cdot 10^{12}$	$-2,80 \cdot 10^{11}$
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	$6,90 \cdot 10^{14}$	$9,50 \cdot 10^{11}$	$9,66 \cdot 10^{11}$	$-1,60 \cdot 10^{10}$
^{87}Kr	$6,90 \cdot 10^{14}$	$2,51 \cdot 10^{12}$	$2,79 \cdot 10^{12}$	$-2,80 \cdot 10^{11}$
^{88}Kr	$6,90 \cdot 10^{14}$	$2,85 \cdot 10^{12}$	$3,25 \cdot 10^{12}$	$-4,00 \cdot 10^{11}$
^{135}Xe	$6,90 \cdot 10^{14}$	$7,69 \cdot 10^{11}$	$9,21 \cdot 10^{11}$	$-1,52 \cdot 10^{11}$
^{131}I	$1,80 \cdot 10^{10}$	$4,49 \cdot 10^7$	$5,57 \cdot 10^7$	$-1,08 \cdot 10^7$
^{60}Co	$7,40 \cdot 10^9$	$3,26 \cdot 10^7$	$2,89 \cdot 10^7$	$+3,70 \cdot 10^6$
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$2,47 \cdot 10^{11}$	$5,60 \cdot 10^7$	$6,06 \cdot 10^7$	$-4,60 \cdot 10^6$
^{134}Cs	$9,00 \cdot 10^8$	$2,24 \cdot 10^6$	$2,12 \cdot 10^6$	$+1,20 \cdot 10^5$
^{137}Cs	$2,00 \cdot 10^9$	$1,49 \cdot 10^7$	$3,28 \cdot 10^7$	$-1,79 \cdot 10^7$

Примечание: * – значения выбросов радионуклидов, не фиксируемых существующими приборами и методами, получены расчётным путём (1/2 произведения нижнего предела измерения на суммарный объём выброса).

Сброс охлаждающих и других вод АЭС осуществляется в губу Молочная оз. Бабинская Имандра. Бабинская Имандра и Иокостровская Имандра соединяются проливом Широкая Салма и имеют сток воды в Белое море из оз. Иокостровская Имандра через р. Нива. Озеро Иокостровская Имандра является источником технического и питьевого водоснабжения КоАЭС и ближайших от неё населённых пунктов (г. Полярные Зори, н.п. Зашеек, пос. Африканда). Расстояние между водозабором и устьем сбросного канала АЭС по акватории озера составляет 22 км.

Данные о жидких радиоактивных сбросах радионуклидов в 2021 г. в открытую гидрографическую сеть приведены в табл. 3.5.2.

Таблица 3.5.2

Сбросы радионуклидов с жидкими стоками на КоАЭС в открытую гидрографическую сеть, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый сброс	Фактический сброс*		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^3H	$5,61 \cdot 10^{13}$	$1,25 \cdot 10^{13}$	$1,36 \cdot 10^{13}$	$-1,10 \cdot 10^{12}$
^{60}Co	$6,39 \cdot 10^{10}$	$1,24 \cdot 10^7$	$5,37 \cdot 10^6$	$+7,03 \cdot 10^6$
^{65}Zn	$6,70 \cdot 10^{10}$	$1,56 \cdot 10^7$	$8,72 \cdot 10^6$	$+6,88 \cdot 10^6$
^{134}Cs	$1,18 \cdot 10^{10}$	$8,40 \cdot 10^6$	$3,30 \cdot 10^6$	$+5,10 \cdot 10^6$
^{137}Cs	$1,27 \cdot 10^{10}$	$1,02 \cdot 10^7$	$4,71 \cdot 10^6$	$+5,49 \cdot 10^6$

Примечание: * – значения сбросов радионуклидов, не фиксируемых существующими приборами и методами, получены расчётным путём (1/2 произведения нижнего предела измерения на суммарный объём сброса).

Наибольший вклад в абсолютную величину активности сброса вносит ^3H , сбросы которого в 2021 г. уменьшились в 1,1 раза и составили 22,3 % допустимого. Увеличившиеся сбросы остальных нормируемых радионуклидов не превысили 0,08 % соответствующих допустимых сбросов. Случаев

превышения норм по сбросам радиоактивных веществ с жидкими стоками в 2021 г. не зарегистрировано.

Радиоэкологический мониторинг на промплощадке, в СЗЗ и ЗН КоАЭС осуществляет ОРБ КоАЭС. В 2021 г. службами ОРБ контролировались следующие характеристики загрязнения окружающей среды:

- объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы с помощью шести непрерывно действующих фильтровентиляционных установок на территории СЗЗ, ЗН и контрольном пункте с периодичностью замены фильтров: установок JL-150 Hunter – один раз в месяц, аспирационных установок – один раз в неделю;

- радиоактивность атмосферных выпадений в пунктах постоянного наблюдения, расположенных в СЗЗ, ЗН и контрольном пункте (г. Кандалакша). С 2018 г. пробы отбираются с помощью универсальных баков-сборников атмосферных выпадений увеличенного объёма ($0,5 \times 0,5 \times 0,5$) м³, разработанных в НПО «Тайфун». Время экспозиции – один месяц;

- содержание радионуклидов в воде из оз. Имандра в шести точках, три из которых расположены в месте забора питьевой воды;

- радионуклидный состав подпиточной воды, воды тепловой сети и питьевой воды из скважин, расположенных в ЗН, – периодически;

- содержание радионуклидов в почве и растительности в 16 постоянных пунктах наблюдения (пробы объединялись по постам СЗЗ, ЗН и контрольного пункта);

- содержание радионуклидов в пробах донных отложений в 6 постоянных точках контроля акватории оз. Имандра в пределах ЗН;

- содержание радионуклидов в рыбе, свободно обитающей в оз. Имандра, а также садковой рыбе, выращиваемой в тёплых сбросах АЭС;

- содержание радионуклидов в грибах и ягодах;

- МАЭД в непрерывном (АСКРО) и периодическом (ежеквартально переносными дозиметрическими приборами по установленным маршрутам, а также с использованием передвижной радиоэкологической лаборатории) режимах.

Наблюдения за радиационной обстановкой в 100-км зоне вокруг КоАЭС, независимо от ОРБ АЭС, осуществляет Мурманское УГМС. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг КоАЭС приведено на рис. 3.5.1.

Таблица 3.5.3

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения выпадений (Р, Бк/м²·сут) и объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе (q, 10⁻⁵ Бк/м³) в 100-км зоне КоАЭС в 2021 г. (данные Мурманского УГМС)

Месяц		Зашеек		Мончегорск	Кандалакша		Заполярный регион	
		Р	q	Р	Р	q	Р	q
Январь	с	1,3	13	1,4	2,0	13,4	1,0	6,0
	м	4,6	29,6	3,9	8,2	36,9		
Февраль	с	1,4	7,1	1,2	1,3	9,4	0,7	3,7
	м	5,3	14,2	2,3	3,4	18,2		
Март	с	1,2	7,3	1,6	1,6	6,2	0,6	4,1
	м	2,4	15,4	6,2	8,4	12,7		
Апрель	с	1,3	4,4	1,1	1,1	3,6	0,7	4,3
	м	3,6	7,8	2,0	2,5	4,7		
Май	с	1,2	5,8	1,1	1,0	6,5	0,5	4,9
	м	2,4	10,5	1,9	2,3	12,1		
Июнь	с	1,5	8,4	1,6	1,7	7,8	0,5	3,4
	м	4,9	14,4	4,4	4,5	13,6		
Июль	с	1,6	5	1,4	1,4	4,7	0,8	4,0
	м	3,4	10,5	4,1	4,8	6,4		
Август	с	1,6	4,6	2,0	2,2	5,1	0,7	4,0
	м	3,6	6,5	5,4	7,4	8,8		
Сентябрь	с	1,1	5,4	0,9	1,3	4,4	0,5	3,7
	м	2,7	9,7	2,5	2,9	8,4		
Октябрь	с	1,5	8,1	1,1	1,0	5	0,8	3,7
	м	2,9	22,8	4,5	2,1	10		
Ноябрь	с	0,9	5,1	1,3	1,2	5,3	0,6	4,0
	м	2,3	13,1	2,5	2,7	13		
Декабрь	с	1,6	8,1	1,4	1,2	11,6	0,9	6,1
	м	7,2	12,2	4,7	4,5	22,8		
Среднее:	2021 г.	1,4	6,9	1,3	1,4	6,9	0,7	4,3
	2020 г.	1,4	4,9	1,6	1,6	5,4	0,7	4,0
Сумма, Бк/м ² ·год:	2021 г.	493		485	518		256	
	2020 г.	511		584	584		256	

Среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ в воздухе н.п. Зашеек, расположенном в 20-км зоне КоАЭС, по данным Мурманского УГМС, колебалась в 2021 г. в пределах от $4,4 \cdot 10^{-5}$ до $13,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в г. Кандалакша – от $3,6 \cdot 10^{-5}$ до $13,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (см. табл. 3.5.3). Максимальная среднесуточная объёмная $\Sigma\beta$ наблюдалась в январе в г. Кандалакша и составляла $36,9 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³.

Данные радиоизотопного анализа проб аэрозолей из н.п. Зашеек (входит в 20-км зону КоАЭС) за 2015–2021 гг. и из г. Кандалакша за 2010–2014 гг. и 2021 г. (с 2015 г. отбор проб в п. Кандалакша прекращён, в сентябре 2020 г. – возобновлён), проводимого Мурманским УГМС и «НПО «Тайфун», приведены в табл. 3.5.4. Из табл. 3.5.4 видно, что среднегодовая объёмная активность ¹³⁷Cs в приземной атмосфере в н.п. Зашеек и г. Кандалакша в 2021 г. превышали средневзвешенное значение по территории Заполярья в 1,1 раза. Среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в приземной атмосфере в н.п. Зашеек в 2021 г. была в 2,6, в г. Кандалакша в 1,3 раза ниже регионального уровня. Значение плотности выпадения ¹³⁷Cs в 100-км зоне КоАЭС, по данным Мурманского УГМС, в 2021 г. было ниже предела обнаружения.

Объёмные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое атмосферы в 100-км зоне вокруг КоАЭС, 10^{-7} Бк/м³
(данные Мурманского УГМС и НПО «Тайфун»)

Пункт наблюдения	Год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Среднее за год	Средневзвешенное по территории Заполярья
^{137}Cs							
Кандалакша	2010	1,1	0,9	0,6	1,2	1,0	0,9
	2011	5,9	79,1	2,3	1,7 ¹⁾	26,4 ²⁾	21,2
	2012	2,4	2,0	1,2	6,3	3,0	1,6
	2013	2,4	1,7	1,5	1,4	1,8	1,8
	2014	2,7	3,6	1,0	1,2	2,1	1,3
	2020	-	-	2,2 ¹⁾	5,0	4,3 ³⁾	0,9
	2021	0,7	1,3	1,4	1,2	1,1	1,0
Зашеек	2015	1,1	1,2	1,5	0,8	1,1	1,4
	2016	1,9	0,9	2,2	0,7	1,4	1,2
	2017	1,1	0,4	9,2	0,7	2,8	1,2
	2018	1,1	3,2	1,5	0,8	1,7	0,7
	2019	1,4	2,0	1,3	-	1,5	0,7
	2020	-	-	1,8 ¹⁾	< 1,0	1,2 ³⁾	0,9
	2021	1,0	1,2	1,0	1,3	1,1	1,0
^{90}Sr							
Кандалакша	2010	0,08	0,08	0,04	0,04	0,06	0,25
	2011	0,08	0,13	0,07	н/д	0,09	0,29
	2012	0,14	0,18	0,10	0,23	0,16	0,33
	2013	0,26	0,14	0,09	0,08	0,14	0,36
	2014	0,11	0,17	0,14	0,08	0,13	0,26
	2020	-	-	-	0,38	0,38	0,24
	2021	0,24	0,15	0,15	0,20	0,26	0,26
Зашеек	2015	0,21	-	0,16	-	0,19	0,31
	2016	0,42	-	0,20	-	0,31	0,55
	2017	0,10	-	0,12	-	0,11	0,53
	2018	0,14	-	0,16	-	0,15	0,35
	2019	0,16	-	0,16	-	0,16	0,24
	2020	-	-	0,09	-	0,09	0,24
	2021	0,12	0,08	0,10	0,10	0,10	0,26

Примечания: ¹⁾ – данные за один месяц;

²⁾ – среднее за 10 месяцев;

³⁾ – среднее за 4 месяца;

- – нет данных.

Среднегодовые значения плотности выпадения радионуклидов в СЗЗ, ЗН и контрольном пункте КоАЭС по данным ОРБ представлены в табл. 3.5.5.

Таблица 3.5.5

Среднегодовые значения плотности выпадения радионуклидов и объёмная активность радионуклидов в атмосферных осадках в СЗЗ и ЗН КоАЭС (данные ОРБ КоАЭС)

Радионуклид	СЗЗ		ЗН		г. Кандалакша – контрольный пункт	
	2021	2020	2021	2020	2021	2020
Среднегодовые значения плотности выпадения радионуклидов, Бк/м²·сут						
^{137}Cs	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02
^{134}Cs	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02
^{60}Co	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02
Объёмная активность радионуклидов в атмосферных осадках, Бк/л						
^3H	<1,84	2,56	<1,39	1,20	<1,42	1,44

Содержание ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co в атмосферных выпадениях СЗЗ, ЗН и контрольном пункте в 2021 г. было меньше МДА.

Объёмная активность ^3H в атмосферных осадках СЗЗ, ЗН и контрольном пункте в 2021 г., по данным КоАЭС, была меньше 1,84, 1,39 и 1,42 Бк/л соответственно.

В табл. 3.5.6 приведена объёмная активность радионуклидов в воздухе СЗЗ, ЗН и контрольном пункте КоАЭС по данным ОРБ.

Таблица 3.5.6

**Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы
в СЗЗ и ЗН КоАЭС, 10^{-7} Бк/м³
(данные ОРБ КоАЭС)**

Радионуклид	СЗЗ		ЗН		г. Кандалакша – контрольный пункт	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
¹³⁷ Cs	<14	12	<11	<11	<14	<16
¹³⁴ Cs	<12	<11	<11	<11	<12	<12
^{110m} Ag	30	13	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru	<101	<95	<86	<91	-	-
⁹⁵ Nb	19	13	-	-	-	-
⁶⁰ Co	23	13	<11	<12	<13	<14
⁵⁸ Co	14	11	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	13	<14	-	-	-	-
⁵¹ Cr	191	<169	-	-	-	-

Примечание: - – нет данных.

Полученные данные свидетельствуют о том, что на территории СЗЗ АЭС в атмосферном воздухе присутствуют ^{110m}Ag, ⁹⁵Nb, ⁶⁰Co, ⁵⁸Co, ⁵⁴Mn и ⁵¹Cr. Среднегодовые объёмные активности всех обнаруженных радионуклидов в 2021 г. выросли по сравнению с предыдущим годом, оставаясь на семь порядков ниже ДОО_{НАС} по НРБ 99/2009 [2]. По данным КоАЭС, используемые для контроля приземного воздуха ВФУ с недельной экспозицией фильтра обеспечивают нижнюю границу диапазона измерений объёмной активности радионуклидов на уровне $1 \cdot 10^{-6}$ Бк/м³, что не позволяет фиксировать низких значений объёмной активности ¹³⁷Cs на уровне регионального фона ($1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) в приземном воздухе СЗЗ и ЗН КоАЭС. Рекомендуется переход на более чувствительную методику измерений.

Почва

Плотность содержания радионуклидов в почве, по данным ОРБ, приведена в табл. 3.5.7. Из таблицы видно, что в 2021 г. из нормированных радионуклидов достоверно определялся только ¹³⁷Cs, плотность загрязнения почвы которым выросла, по сравнению с предыдущим годом, в СЗЗ, ЗН и контрольном пункте в 1,8, 1,4 и 2 раза соответственно. Содержание других нормируемых радионуклидов в почве было меньше МДА.

В 2021 году специалистами радиометрической лаборатории Мурманского УГМС проведены маршрутные обследования в 20-км зоне КоАЭС вдоль федеральной автомобильной дороги Р-21 «Кола» (направление от г. Кандалакши в сторону г. Мурманска) через каждые 4 км маршрута. Объёмная активность радионуклидов в снежном покрове находилась в пределах: 42–59 Бк/м³ (²²³Th), 41–49 Бк/м³ (²²⁶Ra), 51 Бк/м³ (²¹²Pb). Удельная активность радионуклидов в почве колебалась в пределах: 0,5–3,9 Бк/кг (¹³⁷Cs), 1,7–11,2 Бк/кг (²³²Th), 2,9–9,3 Бк/кг (²²⁶Ra), 2–12 Бк/кг (²¹²Pb). Содержание ¹³⁷Cs, ²³²Th, ²²⁶Ra в отобранных пробах растительности колебалось в пределах: 4,6–15,9; 1,3–4,8; 0,8–1,5 Бк/кг соответственно.

Таблица 3.5.7

**Содержание радионуклидов в объектах окружающей среды
в районе расположения КоАЭС (данные ОРБ КоАЭС)**

Место отбора проб	¹³⁷ Cs		¹³⁴ Cs		⁶⁰ Co	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Почва, Бк/м²						
СЗЗ	91	51,2	< 59	< 58	< 56	< 54
ЗН	55	38,4	< 38	< 49	< 34	< 47
Контрольный пункт	64	32,8	< 40	< 59	< 40	< 60
Вода, мБк/л						
Губа Глубокая – водозабор КоАЭС	1	1,8	< 1	< 1	< 1	< 1
Губа Молочная	< 1	< 0,9	< 1	< 1	< 1	< 1
Узкая Салма	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Широкая Салма	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Водозабор н.п. Зашеек	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Водозабор п. Африканда	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
р. Пиренга – контрольный водоём	1	3	< 1	< 1	< 1	< 1
Донные отложения, Бк/кг сырой массы						
Устье отводящего канала	17,0	18,6	< 1,3	< 1,2	< 1,1	< 1,1
Губа Молочная	12,6	13,8	< 0,8	< 1,5	< 0,7	< 1,4
Орловские острова	4,5	14,0	< 1,6	< 1,8	< 1,2	< 1,5
Губа Глубокая	6,7	10,8	< 1,1	< 1,5	< 1,0	< 1,3
Водозабор н.п. Зашеек	4,7	4,8	< 1,0	< 1,5	< 0,9	< 1,4
Водная растительность, Бк/кг						
Губа Молочная	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Губа Глубокая	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Поверхностные и подземные воды, донные отложения, водная растительность

Из всех представленных в табл. 3.5.7 радионуклидов в 2021 г. в воде оз. Имандра достоверно определялся только ¹³⁷Cs в одной точке отбора – в губе Глубокая со значением на четыре порядка ниже УВ (11 Бк/л) по НРБ-99/2009 [2]. В губе Глубокая, по данным КоАЭС, достоверно определялся ³H (5,8 Бк/л) при УВ, равном 7600 Бк/кг по НРБ-99/2009 [2]. Объёмная активность ³H во всех остальных точках отбора в воде оз. Имандра и р. Перенги была меньше МДА (МДА, Бк/л: Узкая Салма – 2,7, Широкая Салма – 2,9, водозабор п. Африканда – 2,9, водозабора н.п. Зашеек – 2,7, р. Перенга – 2,8).

По данным КоАЭС, вода источников водоснабжения удовлетворяла критериям предварительной оценки качества питьевой воды ($УА_{\alpha} < 0,2$ Бк/кг, $УА_{\beta} < 1,0$ Бк/кг), при выполнении которых дальнейшие исследования не являются обязательными.

В 2021 г. в ФГБУ «НПО «Тайфун» продолжились измерения по содержанию ⁹⁰Sr в воде оз. Имандра, возобновлённые в 2004 году. Отбор воды проводился в двух точках – н.п. Зашеек и губа Молочная. Среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в воде оз. Имандра в 2021 г. составила 1,4 и 1,3 мБк/л соответственно, что на три порядка ниже УВ, установленного НРБ-99/2009 [2], и находится на уровне фонового содержания данного радионуклида в озёрах ЕТР (1,3 мБк/л).

Содержание всех нормируемых радионуклидов в водной растительности губы Молочной и губы Глубокой была меньше МДА (табл. 3.5.7).

Удельная активность радионуклидов в донных отложениях оз. Имандра, по данным ОРБ КоАЭС, приведена в табл. 3.5.7. Отобранные пробы состоят в основном из заиленных песков, содержащих растительные остатки. В 2021 г. техногенная активность донных отложений определялась только ¹³⁷Cs глобального и частично «станционного» происхождений (в местах

непосредственного воздействия сбросных вод АЭС – Бабинская Имандра). Содержание других нормируемых радионуклидов в донных отложениях было меньше МДА. В 2021 г. в пробах донных отложений содержание ^{137}Cs было ниже, чем в 2020 году. Колебания уровней радиоактивности отложений, наблюдаемые в течение ряда лет, не имеют чётко выраженного характера. Отмеченные колебания могут быть вызваны причинами методического характера, в частности трудностями с отбором представительных проб.

Результаты гамма-измерений проб донных отложений экспедиционной группой Мурманского УГМС на створах озера Имандра (п. Зашеек, губа Молочная), а также в контрольной точке (р. Вите) в октябре 2021 г. представлены в табл. 3.5.8.

Таблица 3.5.8

Содержание радионуклидов в донных отложениях в 20-км зоне КоАЭС в октябре 2021 г. (данные Мурманского УГМС)

Точка отбора	Радионуклид	Удельная активность, Бк/кг
п. Зашеек	^{232}Th	7,5
Губа Молочная	^{212}Pb	1,7
р. Вите (контрольная точка)	^{212}Pb	7,3

Растительность и продукты питания местного производства

В 2021 г. из всех техногенных радионуклидов, по данным ОРБ КоАЭС, достоверно определялся только ^{137}Cs , удельная активность которого в грибах и ягодах (табл. 3.5.9) соответствует уровням их глобального загрязнения и не превышает допустимых значений, установленных СанПиН 2.3.2.1078-01 [3]. Удельная активность ^{137}Cs в садковой рыбе была меньше МДА.

Содержание радионуклидов в растительности района расположения КоАЭС в 2021 г. меньше МДА (табл. 3.5.9). Удельная активность ^{137}Cs в растительности меньше нулевого уровня 1972 г. (в траве – 4,4–480 Бк/кг, в ягеле – 85–677 Бк/кг).

Таблица 3.5.9

Содержание радионуклидов в продуктах питания ЗН и растительности района расположения КоАЭС (данные ОРБ КоАЭС)

Место отбора проб	^{137}Cs					
	2021 г.	2020 г.				
Грибы, Бк/кг сырой массы						
Трубчатые	0,3	4,8				
Пластинчатые	0,4	0,8				
Ягоды лесные, Бк/кг сырой массы						
Черника	0,8	3,1				
Брусника	0,5	3,9				
Рыба садковая, Бк/кг сырой массы						
Форель	< 1,1	0,4				
Осетр	< 1,4	< 0,8				
Растительность, Бк/кг						
	^{137}Cs		^{134}Cs		^{60}Co	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
СЗЗ	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
ЗН	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
КП	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0

Примечание: - – нет данных.

Радиационный фон на местности

Результаты измерений МАЭД в 100-км зоне вокруг КоАЭС в 2021 г. (по данным Мурманского УГМС) показывают, что по сравнению с 2020 г. в пунктах наблюдения среднегодовая величина МАЭД практически не изменилась и находилась в пределах от 0,08 до 0,12 мкЗв/ч при среднемесячных колебаниях от 0,05 до 0,16 мкЗв/ч, что соответствует фоновым значениям. По данным маршрутных измерений ОРБ КоАЭС в 2021 г. МАЭД в СЗЗ, ЗН и контрольном пункте была равна 0,08 мкЗв/ч, максимальное значение не превышало 0,12 мкЗв/ч.

Таким образом, на основании представленных материалов можно сделать вывод, что КоАЭС оказывает незначительное влияние на радиоактивное загрязнение окружающей среды, которое выражается в присутствии (на семь порядков ниже ДОО_{НАС}. по НРБ-99/2009 [2]) в приземном воздухе СЗЗ техногенных радионуклидов (⁵¹Cr, ⁵⁴Mn, ⁵⁸Co, ⁶⁰Co, ⁹⁵Nb, ^{110m}Ag), отсутствующих в атмосфере Заполярья. Так как нижняя граница диапазона измерений ¹³⁷Cs в атмосферном воздухе превышает средневзвешенную объёмную активность воздуха по территории Заполярья ($1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), рекомендуется переход на более чувствительную методику измерений.

3.6. Курская АЭС

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Курская атомная станция» (далее – КуАЭС) расположен в 3 км от г. Курчатова (количество жителей – 37,9 тыс. человек) и примерно в 40 км от г. Курска на левом берегу р. Сейм в его среднем течении. Сейм впадает в р. Десну, которая впадает в р. Днепр.

В 2021 г. на Курской АЭС (КуАЭС) эксплуатировались четыре энергоблока (№ 1 и № 2 – первая очередь, № 3 и № 4 – вторая очередь) с реакторами РБМК-1000, введёнными в эксплуатацию в 1976, 1979, 1983 и 1985 гг. соответственно. Проектная мощность каждого блока составляет 1000 МВт (электрическая) и 3200 МВт (тепловая). Энергоблок № 1 остановлен 19.12.2021 г. для вывода из эксплуатации.

В марте 2005 г. установлены следующие границы СЗЗ и ЗН КуАЭС: радиус СЗЗ составляет 1,7 км, а ЗН – 19 км. В зоне наблюдения проживают 66 тыс. человек.

Газоаэрозольные радиоактивные выбросы в атмосферу на КуАЭС осуществляются через две вентиляционные трубы высотой 150 м, венттрубы машзала высотой 50 м, венттрубу хранилища отработавшего ядерного топлива (ХОЯТ) (26 м), венттрубу здания 54 (40 м), венттрубу ХТРО-1 (30 м), венттрубу ХТРО-3 (21,5 м). Перед выбросом в атмосферу воздух проходит очистку на аэрозольных фильтрах. Для уменьшения активности выбросов в окружающую среду используются камера выдержки (первая очередь), установка подавления активности (вторая очередь), фильтровальные станции. Данные о выбросах регламентируемых радионуклидов на КуАЭС в атмосферу в 2021 г. представлены в табл. 3.6.1.

В 2021 г. годовые выбросы ³H, ¹⁴C, ⁴¹Ar, ⁵⁴Mn, ⁶⁰Co, ⁸⁷Kr, ¹³¹I, ¹³³I, ^{135m}Xe и ¹³⁷Cs увеличились по сравнению с 2020 г., а выбросы ^{85m}Kr, ⁸⁸Kr, ¹³³Xe, ¹³⁵Xe и ¹³⁴Cs уменьшились. Выбросы составляли от 0,006 % (для ⁵⁹Fe) до 23,2 % (для ⁶⁰Co) от допустимых нормативов.

Сбросы ХФК на КуАЭС после биологической очистки поступают на поля фильтрации, а ПЛК – в р. Сейм. Дебалансные воды (избыточные воды, прошедшие специальную обработку) поступают в систему ПЛК.

Водоём-охладитель расположен на ровной, местами заболоченной, левобережной пойме р. Сейм между хутором Александровский и д. Глушково. Водоём-охладитель разделён на два рукава струераспределительной дамбой, предназначенной для равномерного распределения потока нагретой воды по всей акватории. Средняя глубина водоёма-охладителя составляет 4,4 м, максимальная – 11 м. Объём чаши водоёма-охладителя составляет $94,6 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, площадь зеркала – $21,5 \text{ км}^2$, скорость течения – от 0,02 м/с (в летнюю межень) до 0,05 м/с (в весенний паводок).

Таблица 3.6.1

Выбросы радионуклидов в атмосферу на КуАЭС, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^3H	$8,89 \cdot 10^{14}$	$5,32 \cdot 10^{11}$	$4,88 \cdot 10^{11}$	$+4,4 \cdot 10^{10}$
^{14}C	$1,29 \cdot 10^{13}$	$8,20 \cdot 10^{11}$	$8,02 \cdot 10^{11}$	$+1,8 \cdot 10^{10}$
^{41}Ar	$2,18 \cdot 10^{15}$	$8,42 \cdot 10^{13}$	$5,81 \cdot 10^{13}$	$+2,6 \cdot 10^{13}$
^{54}Mn	$7,23 \cdot 10^{11}$	$6,09 \cdot 10^8$	$1,51 \cdot 10^8$	$+4,6 \cdot 10^8$
^{59}Fe	$3,00 \cdot 10^{12}$	$1,84 \cdot 10^8$	-	-
^{60}Co	$2,50 \cdot 10^9$	$5,80 \cdot 10^8$	$1,16 \cdot 10^8$	$+4,6 \cdot 10^8$
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	$3,70 \cdot 10^{15}$	$9,08 \cdot 10^{12}$	$9,62 \cdot 10^{12}$	$-5,4 \cdot 10^{11}$
^{87}Kr	$3,37 \cdot 10^{15}$	$1,06 \cdot 10^{13}$	$4,59 \cdot 10^{12}$	$+6,0 \cdot 10^{12}$
^{88}Kr	$1,37 \cdot 10^{15}$	$1,84 \cdot 10^{13}$	$2,89 \cdot 10^{13}$	$-1,1 \cdot 10^{13}$
^{131}I	$9,30 \cdot 10^{10}$	$6,74 \cdot 10^8$	$5,17 \cdot 10^8$	$+1,6 \cdot 10^8$
^{133}I	$5,32 \cdot 10^{13}$	$4,71 \cdot 10^8$	$2,54 \cdot 10^7$	$+4,5 \cdot 10^8$
^{133}Xe	$5,56 \cdot 10^{15}$	$9,59 \cdot 10^{13}$	$1,06 \cdot 10^{14}$	$-1,0 \cdot 10^{13}$
$^{135\text{m}}\text{Xe}$	$3,70 \cdot 10^{15}$	$8,25 \cdot 10^{12}$	$4,40 \cdot 10^{11}$	$+7,8 \cdot 10^{12}$
^{135}Xe	$3,70 \cdot 10^{15}$	$8,07 \cdot 10^{13}$	$8,98 \cdot 10^{13}$	$-9,1 \cdot 10^{12}$
^{138}Xe	$2,44 \cdot 10^{15}$	$1,61 \cdot 10^{13}$	$8,85 \cdot 10^{11}$	-
^{134}Cs	$1,40 \cdot 10^9$	$1,17 \cdot 10^7$	$1,36 \cdot 10^7$	$-1,9 \cdot 10^6$
^{137}Cs	$4,00 \cdot 10^9$	$4,94 \cdot 10^7$	$4,14 \cdot 10^7$	$+8,0 \cdot 10^6$
^{140}Ba	$1,01 \cdot 10^{10}$	-	$9,59 \cdot 10^6$	-

Примечание: значения выбросов радионуклидов, не фиксируемых существующими приборами и методами, получены расчётным путём (1/2 произведения нижнего предела измерения на суммарный объём выброса); данные, для каких радионуклидов значения выбросов получены расчётным путём, отсутствуют.

Данные о содержании радионуклидов в сбросах КуАЭС в р. Сейм, а также нормативы по допустимым сбросам для отдельных радионуклидов представлены в табл. 3.6.2. В 2021 г. объём сброса промышленно-ливневых и дебалансных вод на КуАЭС составил $9,0 \cdot 10^3 \text{ м}^3$. По сравнению с 2020 г., в 2021 г. сбросы ^3H изменились незначительно. Тритий вносил основной вклад в активность сбросов, однако его годовой сброс не превышал 0,06 % допустимого.

Радиационная обстановка вокруг КуАЭС в радиусе до 100 км контролируется УГМС ЦЧО, а в радиусе до 30 км – лабораторией внешнего радиационного контроля (ЛВРК) КуАЭС.

В 2021 г. контроль радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды в СЗЗ и ЗН КуАЭС был организован ЛВРК следующим образом:

- объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы определялась путём анализа в объединённых за месяц пробах атмосферных аэрозолей в шести пунктах, расположенных на разных расстояниях и в разных направлениях от АЭС. Пробы отбирались с помощью ВФУ типа «Тайфун» производительностью от $1250 \text{ м}^3/\text{ч}$ до $4000 \text{ м}^3/\text{ч}$;

- радиоактивность атмосферных выпадений определялась в девяти пунктах из анализа месячных проб, отобранных с помощью кювет с площадью $0,25 \text{ м}^2$ и высотой бортиков 10 см, установленных на высоте 1 м от поверхности земли;

- определялось содержание радионуклидов в питьевой воде, воде из открытых водоёмов, промоунов КуАЭС и скважин промплощадки;

- определялся радиоизотопный состав в почве, донных отложениях, в рыбе водоёма-охладителя, а также в сельхозпродуктах местного производства;
- проводился регулярный контроль за уровнем МАЭД и за интегральной дозой облучения на местности в СЗЗ и ЗН.

Таблица 3.6.2

Сбросы радионуклидов в открытую гидрографическую сеть на КуАЭС, Бк

Радионуклид	Сброс за 2021 г., Бк	Индекс сброса в 2021 г.	Сброс за 2020 г., Бк	Индекс сброса в 2020 г.
³ H	$6,23 \cdot 10^{10}$	$6,11 \cdot 10^{-4}$	$6,11 \cdot 10^{10}$	$5,99 \cdot 10^{-4}$
⁵⁴ Mn	$1,71 \cdot 10^6$	$3,26 \cdot 10^{-3}$	$5,17 \cdot 10^6$	$9,84 \cdot 10^{-3}$
⁵⁸ Co	$1,58 \cdot 10^6$	$9,86 \cdot 10^{-4}$	$4,20 \cdot 10^6$	$2,62 \cdot 10^{-3}$
⁶⁰ Co	$1,77 \cdot 10^6$	$9,53 \cdot 10^{-3}$	$5,37 \cdot 10^6$	$2,89 \cdot 10^{-2}$
⁶⁵ Zn	$3,39 \cdot 10^6$	$4,41 \cdot 10^{-3}$	$9,24 \cdot 10^6$	$1,20 \cdot 10^{-2}$
¹⁰⁶ Ru	$1,61 \cdot 10^7$	$8,45 \cdot 10^{-3}$	$4,25 \cdot 10^7$	$2,24 \cdot 10^{-2}$
¹³⁴ Cs	$1,83 \cdot 10^6$	$1,06 \cdot 10^{-2}$	$5,00 \cdot 10^6$	$2,89 \cdot 10^{-2}$
¹³⁷ Cs	$2,60 \cdot 10^6$	$8,87 \cdot 10^{-3}$	$7,25 \cdot 10^6$	$2,47 \cdot 10^{-2}$
¹⁴⁴ Ce	$9,38 \cdot 10^6$	$6,33 \cdot 10^{-4}$	$2,51 \cdot 10^7$	$1,70 \cdot 10^{-3}$
Общая активность	$6,24 \cdot 10^{10}$	0,047	$6,12 \cdot 10^{10}$	0,132

Примечание: сбросы радионуклидов в окружающую среду представлены с учётом присвоения значения, равного 1/2 произведения нижнего предела измерения на суммарный объём сброса в случае, когда нормируемые радионуклиды не определяются существующими на АЭС приборами и методами.

В указанных объектах ЛВРК производился контроль радионуклидного состава по γ -излучению и $\Sigma\beta$. Радионуклидный состав проб определялся γ -спектрометрическим методом на γ -спектрометрах «CANBERRA», диапазон измерения активности согласно МВИ – $1-10^8$ Бк. Измерение $\Sigma\beta$ в пробах проводилось на радиометрах типа УМФ-2000 и жидкостных сцинтилляционных альфа-бета-радиометрах спектрометрического типа Tri-Carb 3110 TR. Мощность дозы γ -излучения на местности измерялась с помощью АСКРО АЭС и переносными дозиметрами ДРБП-03, МКС-АТ1117М, ДКС-АТ-1123, МКС/СРП-08А, КП-АД6.

Наблюдения за радиационной обстановкой в 100-км зоне вокруг КуАЭС независимо от ЛВРК АЭС осуществляет УГМС ЦЧО (рис. 3.6.1 и 3.6.2).

В 2021 г. в 100-км зоне вокруг КуАЭС проводился радиационный мониторинг следующих параметров окружающей среды (рис. 3.6.1 и 3.6.2):

- объёмной активности радионуклидов в приземном слое атмосферы путём непрерывного отбора проб с помощью ВФУ на фильтроткань ФПП-15-1,5 на двух станциях: в г. Курске – ежедневно (ВФУ 19ЦС-48) и в г. Курчатове – с экспозицией пять суток (6 проб в месяц) с помощью модернизированной установки «Тайфун-3а»;
- радиоактивных атмосферных выпадений на шести станциях с помощью горизонтальных марлевых планшетов без бортиков площадью $0,3 \text{ м}^2$ с суточной экспозицией;
- объёмной активности радионуклидов в воде открытых водоёмов (в пруде-охладителе, р. Реут и р. Сейм) при ежемесячных маршрутных обследованиях 20-км зоны КуАЭС;
- плотности загрязнения снега в зимнее время во время маршрутных обследований в 20-км зоне КуАЭС в восьми пунктах и в фоновом пункте в г. Курске;
- уровня радиоактивного загрязнения растительности в вегетационный период (с мая по июль) во время ежемесячных маршрутных обследований в 20-км зоне КуАЭС в девяти точках, совпадающих с точками отбора снега;
- мощности экспозиционной дозы гамма-излучения каждые три часа на 12 стационарных пунктах, а также при ежемесячных маршрутных обследованиях 20-км зоны КуАЭС.

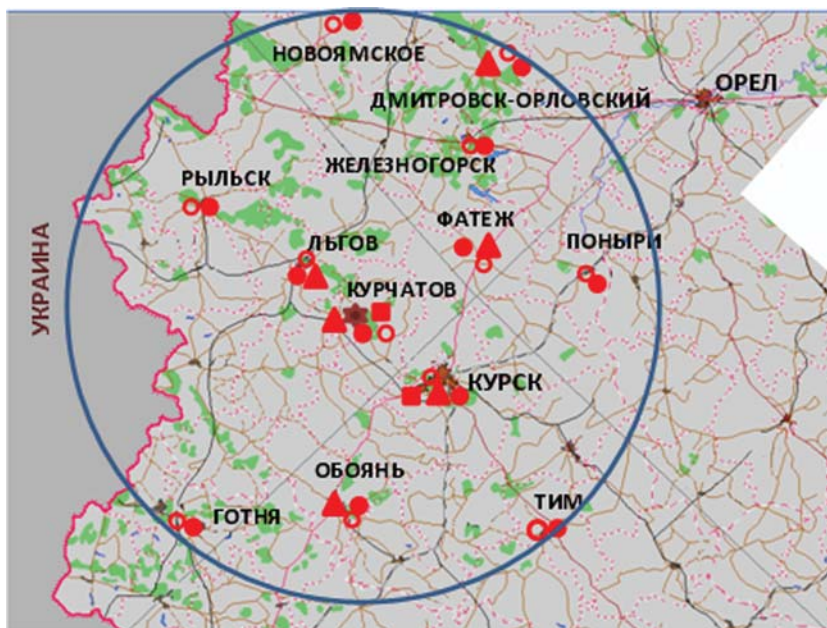


Рис. 3.6.1. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг КуАЭС:

- ★ — АЭС;
- — наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ — отбор проб атмосферных выпадений;
- — отбор проб атмосферных аэрозолей;
- — планируемые наблюдения.



Рис. 3.6.2. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 20-км зоне вокруг КуАЭС:

- ★ — АЭС;
- — отбор проб снега и растительности;
- ◆ — отбор проб воды;
- — сброс ПЛК в р. Сейм;
- — населённые пункты;
- ▲ — метеостанция «Курчатов», отбор проб атмосферных аэрозолей, выпадений, измерения гамма-фона.

Радионуклидный состав проб в УГМС ЦЧО определялся в ФГБУ «НПО «Тайфун». $\Sigma\beta$ проб измерялась на альфа-бета-радиометрах УМФ-2000 и на радиометре типа РУБ-01П5. Объёмная активность ^{90}Sr и $^{239,240}\text{Pu}$ в объединённых за квартал пробах определялась в ФГБУ «НПО «Тайфун» радиохимическим методом.

Приземная атмосфера

Данные УГМС ЦЧО за 2021 г. о зарегистрированных максимальных и среднемесячных объёмных $\Sigma\beta$ в воздухе приземной атмосферы в 100-км зоне КуАЭС приведены в табл. 3.6.3.

Таблица 3.6.3

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе в 100-км зоне вокруг КуАЭС в 2021 г., 10^{-5} Бк/м³ (данные УГМС ЦЧО)

Пункт наблюдения		Месяц												Среднее	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.
Курск	с	25	12	16	16	20	23	27	30	18	14	12	21	19	23
	м	66	23	53	63	72	85	75	50	40	32	28	48	85	132
Курчатов	с	17	17	17	25	29	56	47	27	17	13	10	14	24	28
	м	28	28	47	66	45	94	65	41	43	18	24	33	94	121

Из приведённых в табл. 3.6.3 данных видно, что максимальная объёмная $\Sigma\beta$, зарегистрированная в течение года, наблюдалась в г. Курске в июне и составила $85 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, а в г. Курчатове – тоже в июне и составила $94 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ приземного слоя атмосферы в пунктах наблюдения изменялась от $12 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в феврале и ноябре) до $30 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в августе) в г. Курске и от $10 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в ноябре) до $56 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (в июне) – в г. Курчатове. Среднегодовые объёмные $\Sigma\beta$ в Курске уменьшились в 1,2 раза по сравнению с 2020 г. и составляли $19 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что ниже уровня средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР в 1,1 раза ($21,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³), а в г. Курчатове уменьшились в 1,2 раза и составляли $24 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что выше уровня средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР в 1,1 раза.

По результатам гамма-спектрометрического анализа проб аэрозолей, проведённого УГМС ЦЧО, в табл. 3.6.4 представлены среднегодовые объёмные активности радионуклидов в воздухе 100-км зоны КуАЭС.

Таблица 3.6.4

Среднегодовые (q) и максимальные (q_м) значения объёмной активности радионуклидов в приземной атмосфере 100-км зоны КуАЭС, 10^{-7} Бк/м³ (данные УГМС ЦЧО)

Радионуклид	Курск				Курчатов				ДОАнас., Бк/м ³
	q		q _м		q		q _м		
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	
^{24}Na	н	н	н	н	н	н	н	н	290
^{51}Cr	н	н	н	н	н	н	н	н	2500
^{54}Mn	4,3	1	42	2	34,1	7	17	23	72
^{59}Fe	н	н	н	н	2,6	59	700	700	30
^{58}Co	н	н	н	н	н	н	н	н	68
^{60}Co	0,5	65,9	4,6	790	22,8	6	110	12	11
^{95}Zr	н	н	н	н	н	48	н	570	23
^{95}Nb	н	н	н	н	н	30	н	24	72
^{131}I	н	1	н	130	0,2	н	н	14	7,3
^{134}Cs	н	н	н	н	0,8	0,3	9,8	2,7	19
^{137}Cs	7	11	13	31,5	14	30	50	224	27

Примечания: максимальная объёмная активность радионуклидов (q_м) в г. Курске приведена по суточным пробам аэрозолей, в Курчатове – по пробам аэрозолей, экспонируемым в течение пяти суток; н – ниже предела обнаружения.

В табл. 3.6.4 также приведены зарегистрированные в течение года максимальные суточные объёмные активности радионуклидов в г. Курске, максимальные пятисуточные объёмные активности радионуклидов в г. Курчатове и допустимые объёмные активности радионуклидов в соответствии с НРБ-99/2009 [2] с целью оценки степени опасности для населения регистрируемых в приземной атмосфере радионуклидов.

В течение года среднемесячная объёмная активность ^{137}Cs в атмосферных аэрозолях в г. Курске изменялась от $4,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (февраль) до $13 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (май) и составила в среднем за год $6,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 1,6 раза ниже среднего за 2020 г. ($11 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и в 1,9 раза выше средневзвешенной объёмной активности ^{137}Cs для территории Центра ЕТР ($3,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). В пробах аэрозолей г. Курска также наблюдались ^{54}Mn , ^{60}Co . Среднегодовое значение активности ^{60}Co уменьшилось в 132 раза по сравнению с 2020 г., а среднегодовое значение активности ^{54}Mn увеличилось в 4,3 раза. В г. Курчатове среднемесячная объёмная активность ^{137}Cs изменялась от $5,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (ноябрь) до $50,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (май) и составила в среднем за год $13,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 2,2 раза ниже, чем в 2020 г. ($30 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), и в 3,8 раза выше средневзвешенной объёмной активности ^{137}Cs для территории Центра ЕТР.

Кроме ^{137}Cs , в пробах аэрозолей в г. Курчатове в 2021 г. наблюдались ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{131}I и ^{134}Cs . Максимальные зарегистрированные значения объёмных активностей радионуклидов были ниже нормативных ДОА_{НАС} по НРБ-99/2009 на пять и более порядков.

В табл. 3.6.5 представлены объёмные активности ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{238}Pu и $^{239+240}\text{Pu}$ в приземном слое воздуха в городах Курске и Курчатове за последние пять лет.

Из табл. 3.6.5 видно, что среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в 2021 г. в Курске увеличилась в 1,6 раза по сравнению с 2020 г. и была в 1,9 раза выше средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР, а в Курчатове уменьшилась в 7,9 раза по сравнению с 2020 г. и незначительно отличалась от уровня средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР. Объёмная активность $^{239+240}\text{Pu}$ в приземном слое воздуха г. Курска в 2021 г. ($2,46 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³) уменьшилась в 1,3 раза по сравнению с 2020 годом. Объёмная активность ^{238}Pu в приземном слое воздуха г. Курска в 2021 г. составила $2,12 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³ и уменьшилась в 1,3 раза по сравнению с 2020 годом.

Данные ЛВРК АЭС о среднегодовых объёмных активностях техногенных радионуклидов в воздухе СЗЗ и ЗН КуАЭС в 2020–2021 гг. приведены в табл. 3.6.6. По данным ЛВРК КуАЭС, в 2021 г. радионуклидный состав атмосферного воздуха в СЗЗ и ЗН существенно не изменился. Объёмная активность ^{137}Cs в ЗН ($14 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) уменьшилась в 2 раза по сравнению с 2020 г. и в 3,9 раза превышала фоновую для Центра ЕТР ($3,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Объёмные активности техногенных радионуклидов в воздухе СЗЗ, ЗН КуАЭС и контрольного пункта были на шесть-семь порядков ниже допустимых уровней, установленных НРБ-99/2009 (табл. 3.6.6).

Данные УГМС ЦЧО о годовых, среднемесячных и максимальных суточных значениях $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне КуАЭС в 2021 г. приведены в табл. 3.6.7. Там же для сравнения приведены среднемесячные суточные выпадения для Центрально-Чернозёмных областей России (без учёта станций, попавших в зону загрязнения в результате аварии на ЧАЭС в 1986 г.).

**Объёмные активности ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в приземном слое атмосферы
в 100-км зоне вокруг КуАЭС в 2017–2021 гг., Бк/м³
(данные УГМС ЦЧО и НПО «Тайфун»)**

Пункт наблюдения	Год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Среднее за год	Средневзвешенное по территории Центра ЕТР
$^{137}\text{Cs}^*$, 10⁻⁷							
Курск	2017	5,5	9,3	7,8	3,9	6,7	3,2
	2018	2,6	8,7	11,1	21,3	10,9	3,4
	2019	4,5	6,4	11,5	4,5	6,7	3,4
	2020	3,7	15,2	16,1	7,7	11	5,9
	2021	5,7	8,2	7,4	5,5	6,7	3,6
Курчатов	2017	10,5	17,3	11,7	9,6	12,3	3,2
	2018	6,1	18,6	16,2	14,0	13,7	3,4
	2019	7,4	9,5	21,4	6,6	11,2	3,4
	2020	7,6	81	18	13	30	5,9
	2021	9,5	26	14	5,3	13,6	3,6
^{90}Sr, 10⁻⁷							
Курск	2017	0,30			1,50	0,90	0,81
	2018	0,59			0,73	0,66	0,57
	2019	0,38			0,60	0,49	0,36
	2020	0,41			0,82	0,62	0,98
	2021	1,42			0,57	1,00	0,54
Курчатов	2017	0,30			0,36	0,33	0,81
	2018	1,02			1,00	1,01	0,57
	2019	0,70			0,97	0,84	0,36
	2020	6,98			1,43	4,21	0,98
	2021	0,64			0,42	0,53	0,54
$^{239+240}\text{Pu}$, 10⁻⁹							
Курск	2017	1,1			0,3	0,7	-
	2018	1,54			1,47	1,51	-
	2019	0,20			1,97	1,09	-
	2020	2,74			3,53	3,14	-
	2021	2,06			2,86	2,46	-
^{238}Pu, 10⁻⁹							
Курск	2017	0,4			1,4	0,9	-
	2018	0,24			-	0,24	-
	2019	0,68			н	0,68	-
	2020	2,74			2,66	2,70	-
	2021	3,58			0,66	2,12	-

Примечания: * – данные УГМС ЦЧО;
н – ниже предела обнаружения;
- – нет данных.

Таблица 3.6.6

**Среднегодовые объёмные активности радионуклидов в приземном
воздухе СЗЗ и ЗН КуАЭС в 2020–2021 гг., 10⁻⁷ Бк/м³
(данные ЛВРК КуАЭС)**

Радионуклид	СЗЗ		ЗН		п. Селекционный (контрольный пункт)		ДАО _{нас.} по НРБ-99/2009, Бк/м ³
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	
⁵⁴ Mn	570	237	29	23	11	43	72
⁵⁹ Fe	440	128	33	59	<41	<44	30
⁵⁸ Co	-	13	-	19	-	<15	68
⁶⁰ Co	390	203	22	20	120	119	11
⁶⁵ Zn	-	24	-	11	-	<37	72
⁹⁴ Nb	-	8	-	<6	-	<11	11
⁹⁵ Nb	-	130	-	33	-	93	72
⁹⁵ Zr	-	54	-	38	-	33	23
¹³⁴ Cs	25	28	<5,3	<7	<15	<14	19
¹³⁷ Cs	110	105	14	28	38	65	27

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения выпадений $\Sigma\beta$ в воздухе в 100-км зоне вокруг КуАЭС в 2021 г. (данные УГМС ЦЧО)

Пункт наблюдения		Месяц												Среднее		Сумма за год, Бк/м ² ·год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.	
Дмитровск-Орловский	с	0,9	0,5	0,9	1,0	1,0	0,9	0,6	1,3	1,1	1,0	1,3	1,3	1,0	0,8	358
	м	6,1	1,4	2,4	3,1	3,0	2,4	3,2	4,1	3,4	3,5	4,4	6,0			
Курск	с	1,1	0,8	0,6	0,8	0,8	0,6	0,7	0,9	0,8	0,8	0,7	1,2	0,8	0,8	297
	м	4,2	3,3	2,7	2,3	4,1	2,8	2,1	2,6	2,6	2,6	2,0	3,6			
Курчатов	с	1,0	1,0	0,7	1,0	0,8	0,9	0,7	1,4	1,3	1,2	1,0	1,4	1,0	1,0	379
	м	2,4	3,8	3,0	3,1	2,0	3,2	4,6	4,0	6,2	4,2	4,8	4,0			
Льгов	с	1,1	0,9	0,7	0,8	0,7	0,8	0,9	1,3	1,5	0,8	0,9	1,2	1,0	1,0	357
	м	3,4	4,1	2,9	3,6	2,7	2,8	2,8	4,6	4,7	2,6	4,5	4,9			
Обоянь	с	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,6	0,7	1,5	1,0	0,9	1,3	1,7	1,0	0,9	366
	м	6,5	2,9	3,4	4,4	4,1	2,2	2,3	5,6	3,2	3,3	4,9	5,3			
Фатеж	с	1,0	1,1	0,7	1,0	0,7	0,8	0,8	1,3	0,9	1,0	1,1	1,1	1,0	0,9	348
	м	3,3	3,4	2,7	3,5	2,7	2,3	3,4	5,3	2,6	4,4	3,2	4,1			
100-км зона Курской АЭС		1,0	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	1,3	1,1	0,9	1,0	1,3	1,0	0,9	351
Региональный фон*		0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,5	1,0	0,9	0,8	1,3	1,0	0,8	0,7	297

Примечание: * – Белгород, Липецк, Тамбов.

Из табл. 3.6.7 видно, что в 2021 г. среднегодовые суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне КуАЭС составляли 0,8–1,0 Бк/м²·сут, что находится примерно на уровне среднего значения для Центрально-Чернозёмных областей. Наибольшие годовые значения $\Sigma\beta$ выпадений были зарегистрированы в г. Курчатове (379 Бк/м²·год). Максимальное суточное значение $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне КуАЭС было зарегистрировано в январе в г. Обоянь (6,5 Бк/м²·сут).

Гамма-спектрометрический анализ атмосферных выпадений с М-2 Курчатова, а также зон 11 и 12 произведён с июня 2021 г.:

- по объединённым за месяц пробам г. Курчатова;
- по объединённым за месяц пробам по зоне 12 (Курск, Льгов, Обоянь, расположенных в зоне влияния КуАЭС);
- по объединённым за месяц пробам по зоне 11 (Липецк, Белгород, Тамбов, Жуковка).

Таблица 3.6.8

Выпадения радионуклидов из атмосферы в зоне влияния КуАЭС в 2021 г., Бк/м²·месяц (данные УГМС ЦЧО)

Месяц	Курчатова				Зона 12		Зона 11	
	¹³⁷ Cs	⁷ Be	²³² Th	²¹⁰ Pb	¹³⁷ Cs	⁷ Be	¹³⁷ Cs	⁷ Be
Январь	-	-	-	-	-	-	-	-
Февраль	-	-	-	-	-	-	-	-
Март	-	-	-	-	-	-	-	-
Апрель	-	-	-	-	-	-	-	-
Май	-	-	-	-	-	-	-	-
Июнь	н	32	0,54	24	н	19	0,05	64
Июль	н	24	0,48	29	н	22	н	36
Август	н	30	0,37	31	н	26	н	28
Сентябрь	0,09	48	0,60	46	0,08	47	0,03	34
Октябрь	н	34	0,45	32	н	32	н	22
Ноябрь	н	29	1,25	34	н	25	н	30
Декабрь	н	37	н	48	0,05	20	н	25
Сумма, Бк/м ² ·год: 2021 г.	0,09	234	3,69	244	0,13	191	0,08	239
Сумма, Бк/м ² ·год: 2020 г.	0,44	109	3,33	93	0,55	95	0,09	94
2019 г.	0,09	480	11	328	0,09	453	0,17	414

Примечания: н – ниже предела обнаружения;

- – не проводились измерения из-за поломки гамма-спектрометра.

Из табл. 3.6.8 видно, что в г. Курчатове в месячных пробах выпадений из техногенных радионуклидов регистрировался ^{137}Cs . В 2021 г., по сравнению с 2020 г., в г. Курчатове выпадения ^{137}Cs уменьшились в 4,9 раза. В зоне 12 в пробах атмосферных выпадений из техногенных радионуклидов регистрировался ^{137}Cs . Выпадения ^{137}Cs в зоне 12 уменьшились в 4,2 раза по сравнению с 2020 годом.

В 2021 г. годовые выпадения ^{137}Cs в г. Курчатове и в зоне 12 были в 2,8 и 1,9 раза ниже средних выпадений этого радионуклида на незагрязнённых территориях Центра ЕТР (0,25 Бк/м²·год).

По данным ЛВРК АЭС, в 2021 г. среднегодовые выпадения ^{60}Co в зоне наблюдения Курской АЭС увеличились по сравнению с 2020 г. и составили 0,06 Бк/м²·сут. Среднегодовые выпадения ^{137}Cs в зоне наблюдения Курской АЭС уменьшились в 1,3 раза и составили 0,03 Бк/м²·сут.

Вода, донные отложения

В 2021 г. ЛВРК КуАЭС ежемесячно отбирались пробы воды открытых водоёмов (водоём-охладитель и р. Сейм) при помощи ручных пробоотборников. Объём проб составлял не менее 40 л.

УГМС ЦЧО также ежемесячно проводился отбор проб поверхностных вод при маршрутных обследованиях в 20-км зоне КуАЭС (рис. 3.6.2). Объёмная $\Sigma\beta$ измерялась ежемесячно.

Объёмные активности отдельных радионуклидов в водах промстоков КуАЭС и приёмников сточных вод в 2021 г., полученные УГМС ЦЧО и ЛВРК КуАЭС, приведены в табл. 3.6.9 и 3.6.10 соответственно. По данным ЛВРК КуАЭС, в воде водоёма-охладителя и р. Сейм регистрировался ^{137}Cs (в БНС-3 и сбросе ПЛК), активность которого составляла 6 и 11 Бк/м³ соответственно.

Таблица 3.6.9

Объёмные активности радионуклидов в воде промстоков КуАЭС и открытых водоёмов в 2021 г., Бк/м³ (данные УГМС ЦЧО)

Место отбора пробы	$\Sigma\beta$	
	2021 г.	2020 г.
<u>Водоём-охладитель</u>		
Отводящий канал водоёма-охладителя (устье)	590	530
Подводящий канал водоёма-охладителя	450	460
<u>р. Сейм</u>		
Выше сброса ПЛК, д. Анахино (т. 9 рис. 3.6.2) – фон	270	240
100 м ниже сброса ПЛК (т. 4 рис. 3.6.2)	330	320
Ниже сброса ПЛК, д. Малые Угоны (т. 8 рис. 3.6.2)	320	230
<u>р. Реут</u>		
1 км выше сброса ХФК (т. 2 рис. 3.6.2) – фон	230	310
0,5 км ниже сброса ХФК (т. 3 рис. 3.6.2)	390	430

Таблица 3.6.10

Объёмные активности радионуклидов в воде промстоков КуАЭС и открытых водоёмов в 2021 г., Бк/м³ (данные ЛВРК КуАЭС)

Место отбора пробы	^{137}Cs		^{60}Co	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Отводящий канал водоёма-охладителя (устье)	< 20	< 19,8	< 20	< 18,8
р. Сейм (хутор Александровский)	< 19	< 19,9	< 19	< 19,6
р. Сейм (Сброс ПЛК)	6	< 9,9	< 10	< 10,0
р. Сейм (п. Макаровка)	< 19	< 19,6	< 19	< 18,7
р. Сейм (БНС-3)	11	12,0	< 19	< 19,8

По данным УГМС ЦЧО, в 2021 г. (табл. 3.6.9) средние за год значения объёмной $\Sigma\beta$ в пруде-охладителе в 2,2 раза превышают фоновое значение в р. Сейм; в р. Сейм в 100 м ниже сброса ПЛК – в 1,2 раза; в р. Реут (0,5 км ниже выведенного из эксплуатации сброса ХФК) – в 1,4 раза. Объёмная $\Sigma\beta$ во всех точках отбора была значительно ниже контрольного уровня (1 Бк/л) по НРБ-99/2009 для питьевой воды.

В районе КуАЭС водопотребление на коммунально-бытовые нужды осуществляется только из подземных источников из Курчатовского и Дичнянского водозаборов. Результаты анализов проб питьевой воды показали, что в 2021 г. объёмная бета-активность не превышала 0,1 Бк/кг.

Контроль за содержанием радиоактивных веществ в донных отложениях проводился ЛВРК КуАЭС в сбросном канале водоёма-охладителя и в трёх точках водоёма-охладителя, расположенных от места сброса тёплых вод до подводящего канала, а также в р. Сейм. Результаты анализа проб донных отложений представлены в табл. 3.6.11. Как видно из табл. 3.6.11, в 2021 г. в пробах донных отложений удельная активность ^{137}Cs изменялась в диапазоне от 0,7 до 21,7 Бк/кг. Минимальное значение активности ^{137}Cs в донных отложениях наблюдалось в р. Сейм (ниже сброса), с. Макаровка, максимальное загрязнение донных отложений ^{137}Cs наблюдалось в водоёме-охладителе, в районе ЦГиЭ № 125.

Таблица 3.6.11

**Удельная активность радионуклидов в донных отложениях в районе КуАЭС, Бк/кг в.-с.
(данные ЛВРК КуАЭС)**

Место отбора проб	^{137}Cs		^{60}Co	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Отводящий канал водоёма-охладителя	0,8	3,0	< 0,4	< 0,4
Водоём-охладитель, восточная часть	1,1	1,7	< 0,4	0,6
Водоём-охладитель, район ЦГиЭ-125	21,7	1,5	< 1,5	< 0,4
Водоём-охладитель, район ЛВД	1,4	1,9	< 0,4	< 0,5
р. Сейм (ниже сброса), д. Макаровка	0,7	1,1	< 0,5	< 0,5
р. Сейм, сброс ПЛК	1,6	3,6	0,9	< 0,5
р. Сейм (выше сброса), хутор Александровский	3,3	3,9	< 0,5	< 0,7

Для контроля за содержанием радионуклидов в грунтовых водах ЛВРК КуАЭС регулярно отбирались пробы воды при помощи ручных пробоотборников из контрольных скважин, расположенных вокруг хранилищ ХЖО, ХОЯТ, хранилища жидких и твёрдых отходов (ХЖТО), ХТРО, по периметру вокруг главных корпусов первой и второй очереди. Измерение объёмной $\Sigma\beta$ воды проводилось с помощью малофоновой установки УМФ-2000 (диапазон измерений $\Sigma\beta$ – от 0,1 до $3 \cdot 10^3$ Бк с погрешностью не более 15 %).

Снег, почва, растительность

Отбор проб снега при маршрутном обследовании в 20-километровой зоне Курской АЭС выполнялся в зимнее время в 8 пунктах вокруг Курской АЭС и в пункте 13 на аэрологической станции Курск (фоновая проба). Анализу подвергался сухой остаток после выпаривания 5 л воды, полученной после плавления снега. Измерения суммарной бета-активности проб производились на альфа-бета-радиометрах УМФ-2000 и радиометрах РУБ-01П.

По данным УГМС ЦЧО, в 2021 г. наибольшая среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ активность в талой воде (134 мБк/л) наблюдалась в т. 10. Наибольшая среднегодовая плотность загрязнения снежного покрова $\Sigma\beta$ активности ($2,23 \text{ Бк/м}^2$) наблюдалась в т. 10 (рис. 3.6.2 и табл. 3.6.12). Значения объёмной $\Sigma\beta$ активности талой воды и плотности загрязнения снега $\Sigma\beta$ активности в точке наблюдения 10 превысили значения в фоновой точке в 16,8 и 15,9 раза соответственно. Среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ активность в талой воде и плотности загрязнения снежного покрова $\Sigma\beta$ в большинстве других пунктов наблюдения превышала фоновые значения.

Пробы почвы отбирались ЛВРК КуАЭС из поверхностного слоя земли в местах расположения пунктов отбора проб атмосферных аэрозолей и выпадений. Результаты анализа проб показали, что основным техногенным радионуклидом во всех пробах почвы является ^{137}Cs . В 2021 г. средние значения поверхностной плотности ^{137}Cs в почве в СЗЗ и ЗН составляли 3,3 и 3,0 кБк/м² соответственно, в контрольном пункте (г. Льгов) – 2,0 кБк/м². Поверхностная плотность загрязнения почвы ^{60}Co составляла 130 Бк/м² в СЗЗ, 210 Бк/м² в ЗН и 270 Бк/м² – в контрольном пункте.

Таблица 3.6.12

Содержание $\Sigma\beta$ в снеге в 20-км зоне вокруг КуАЭС (данные УГМС ЦЧО)

Точка отбора пробы (рис. 3.6.2)	Плотность загрязнения, Бк/м ²		Объёмная активность в талой воде, мБк/л	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
т. 1 – 3 км на юго-запад от д. Дичня	0,24	-	14	-
т. 2 – 0,6 км на юго-запад от д. Лукашевка	0,32	-	20	-
т. 4 – северная окраина д. Иванино	1,07	-	64	-
т. 5 – западная окраина д. Большие Угоны	0,55	-	33	-
т. 7 – северо-восточный выезд из д. Макаровка	0,79	-	48	-
т. 8 – 3 км на восток от д. Макаровка	0,41	-	24	-
т. 10 – 0,5 км к востоку от п. Дроняевский	2,23	-	134	-
т. 12 – 2 км к востоку от д. Дичня	0,36	-	21	-
т. 13 – метеостанция г. Курска (фон)	0,14	-	8	-

Радиоактивное загрязнение растительного покрова в районе возможного влияния газоаэрозольных выбросов из венттруб АЭС в 2021 г. контролировалось УГМС ЦЧО при маршрутных обследованиях в 20-км зоне КуАЭС в июне и июле в восьми точках, совпадающих с точками отбора проб снега (рис. 3.6.2), и на аэрологической станции в Курске (фоновая точка). В пробах растительности регулярно определялась удельная активность ^{137}Cs и природного радионуклида ^{40}K . В табл. 3.6.13 представлены результаты определения радионуклидного состава в пробах растительности.

Таблица 3.6.13

Содержание радионуклидов в растительности в 20-км зоне вокруг КуАЭС в 2021 г. (данные УГМС ЦЧО)

Точка отбора пробы (рис. 3.6.2)	Удельная активность, Бк/кг в.-с.	
	^{137}Cs	^{40}K
т. 1 – 3 км на юго-запад от д. Дичня	2,7	563
т. 2 – 0,6 км на юго-запад от д. Лукашевка	1,9	521
т. 4 – северная окраина д. Иванино	3,05	650
т. 5 – западная окраина д. Большие Угоны	0,8	475
т. 7 – северо-восточный выезд из д. Макаровка	1,7	499
т. 8 – 3 км на восток от д. Макаровка	0,64	580
т. 10 – 0,5 км на восток от п. Дроняевский	0,35	620
т. 12 – 2 км на восток от д. Дичня	0,97	440
т. 13 – метеостанция г. Курск (фон)	1,7	520
Среднее	1,5	541

Примечание: н – активность радионуклида ниже нижнего предела диапазона измерений объёмной активности.

Из табл. 3.6.13 видно, что среднее содержание ^{137}Cs в растительности в 20-км зоне АЭС в 2021 г. составило 1,5 Бк/кг в.-с., что в 2,1 раза ниже значения 2020 г. (0,7 Бк/кг в.-с.). Максимальная удельная активность ^{137}Cs в пробе растительного покрова наблюдалась в т. 4 (рис. 3.6.2) – 3,05 Бк/кг в.-с.

В 2021 г. ЛВРК КуАЭС отбирались пробы растительности в точках расположения постов постоянного наблюдения, водоёме-охладителе и р. Сейм. Радионуклидный состав проб определялся гамма-спектрометрическим методом на полупроводниковых гамма-спектрометрах из особо чистого германия. Результаты измерений приведены в табл. 3.6.14.

Таблица 3.6.14

Содержание радионуклидов в растительности в 20-км зоне вокруг КуАЭС в 2021 г., Бк/кг (данные ЛВРК КуАЭС)

Наименование объекта контроля	Место отбора пробы	Радионуклид	
		¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co
Наземная растительность	СЗЗ	1,5	<1,6
	ЗН	2,6	1,7
	КП	2,0	<2,0
Водная растительность	Водоём-охладитель сбросной канал	<2,6	<1,8
	Водоём-охладитель восточная часть	<2,2	<1,6
	Водоём-охладитель район ЦГиЭ № 125	<2,5	<1,9
	Водоём-охладитель район здания ЛВД	<2,5	<2,1
	р. Сейм выпуск ПЛК	1,4	<0,8
	р. Сейм хутор Александровский	<1,2	<1,0
	р. Сейм БНС-3	<1,3	<0,9
р. Сейм с. Макаровка	<1,5	<1,1	

Из табл. 3.6.14 видно, что содержание ¹³⁷Cs в наземной и водной растительности составляло от <1,2 до 2,6 Бк/кг, а ⁶⁰Co – от <0,8 до 1,7 Бк/кг.

В 2021 г. ЛВРК КуАЭС для анализа на содержание радионуклидов были отобраны продукты питания местного производства. Удельная активность ¹³⁷Cs в пищевых продуктах в 2021 г. была намного ниже нормативов по СанПиН-01: грибах – 0,9 Бк/кг сырой массы; ягодах – 1,7 Бк/кг сырой массы; корнеплодах – <1,0 Бк/кг сырой массы; картофеле – <0,9 Бк/кг сырой массы; рыбе – <0,6 Бк/кг сырой массы; зерновых – <1,2 Бк/кг сырой массы; мясе – <0,7 Бк/кг сырой массы; овощах – <0,8 Бк/кг сырой массы; молоке – <0,8 Бк/кг сырой массы. Полученные значения удельной активности радионуклидов сопоставимы с уровнями активностей продуктов питания в 2020 году.

Радиационный фон на местности

По данным ежемесячных измерений МАЭД, проводимых УГМС ЦЧО во время маршрутных обследований 20-км зоны вокруг КуАЭС, в 2021 г. МАЭД изменялась в пределах от 0,07 до 0,19 мкЗв/ч при среднем значении за год 0,12 мкЗв/ч, что соответствует колебаниям естественного γ -фона. Среднемесячные значения МАЭД в 100-км зоне по данным 12 пунктов наблюдения находились на уровне предыдущих лет и изменялись от 0,10 до 0,15 мкЗв/ч. Максимальные суточные значения МАЭД не превышали 0,17 мкЗв/ч.

По данным АСКРО КуАЭС, в 2021 г. среднегодовая величина МАЭД в СЗЗ составила 0,12 мкЗв/ч, а в ЗН – 0,10 мкЗв/ч. По измерениям, проводимым во время регламентных маршрутных обследований, среднегодовое значение МАЭД в СЗЗ и ЗН составило 0,11 мкЗв/ч, что не отличается по величине от значений МАЭД предпускового периода станции в 1975 г. (0,11 мкЗв/ч).

Годовая доза на местности в ЗН КуАЭС изменялась от 0,98 до 1,12 мЗв, что находится на уровне значения в контрольном п. Селекционный, расположенном в 30 км от АЭС (1,04 мЗв).

Представленные данные позволяют сделать вывод, что воздействие Курской АЭС на радиационную обстановку в районе её расположения незначительно. Согласно данным мониторинга, в приземном воздухе Курска и Курчатова в 2021 г. наблюдались техногенные радионуклиды (⁵⁴Mn,

^{59}Fe , ^{60}Co , ^{131}I и ^{134}Cs), отсутствующие в составе глобального фона. Однако их объёмные активности были на шесть-семь порядков ниже допустимых по НРБ-99/2009. С учётом потенциальной радиационной опасности АЭС мониторинг радиационной обстановки в районе её расположения необходимо продолжить.

3.7. Ленинградская АЭС

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ленинградская атомная станция» (далее – ЛАЭС) расположен в 80 км западнее г. Санкт-Петербурга на побережье Копорской губы Финского залива Балтийского моря (рис. 3.7.1). Первый и второй энергоблоки (первая очередь, здание 401) АЭС расположены примерно в 4 км к юго-западу от г. Сосновый Бор, третий и четвёртый энергоблоки (вторая очередь, здание 601) находятся на 2 км западнее, пятый энергоблок расположен примерно в 4,5 км к юго-западу от г. Сосновый Бор.

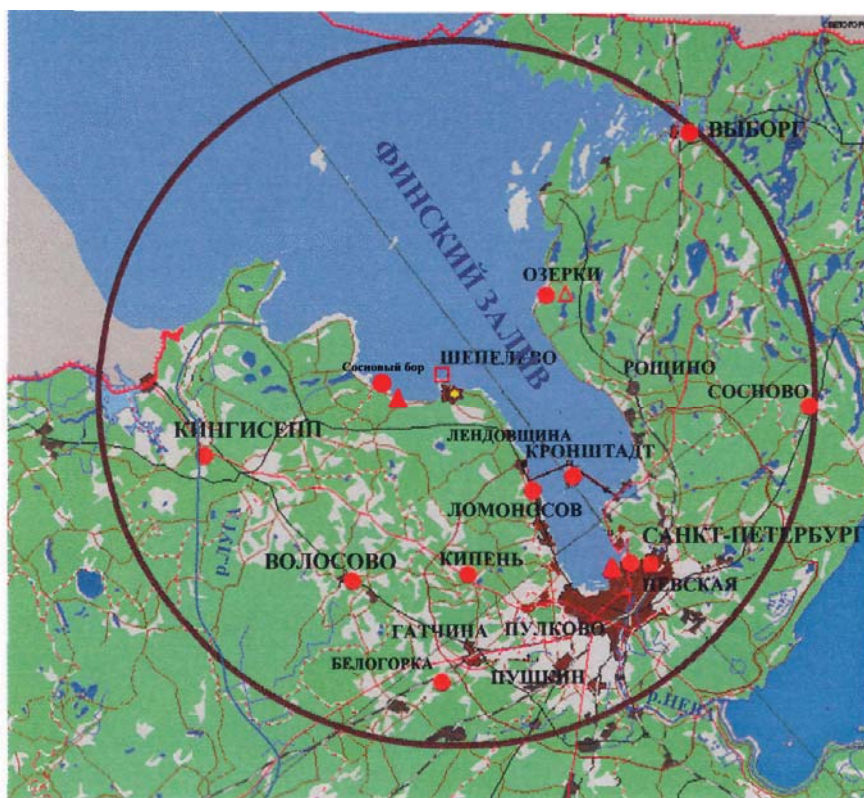


Рис. 3.7.1. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг ЛАЭС:

- ★ – АЭС;
- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – отбор проб атмосферных аэрозолей;
- △ □ – планируемые наблюдения.

В 2021 г. на ЛАЭС эксплуатировались четыре энергоблока: № 3 и № 4 – вторая очередь с реакторами РМБК-1000, № 5 – с реактором типа ВВЭР-1200, введёнными в эксплуатацию в 1979, 1981 и 2018 гг. соответственно и № 6 – с реактором ВВЭР-1200, введённый в промышленную эксплуатацию 22 марта 2021 года.

Общая площадь, занимаемая ЛАЭС, составляет более 5,0 км². СЗЗ ЛАЭС представляет собой две накладывающиеся друг на друга окружности радиусом 1,5 км вокруг вентиляционных труб первой и второй очередей ЛАЭС с реакторами РБМК-1000 и территорию промплощадки энергоблоков ВВЭР-1200, которая частично входит в СЗЗ энергоблоков РБМК-1000.

Радиус зоны наблюдения – 17 км с центром, находящимся в середине отрезка, соединяющего вентиляционные трубы первой и второй очередей ЛАЭС с реакторами РБМК-1000. В ЗН проживают около 73 тыс. человек. Наиболее крупный населённый пункт – г. Сосновый Бор.

Подробное описание геофизических и климатических характеристик района размещения ЛАЭС приведено в [8].

На территории промплощадки ЛАЭС расположено ХОЯТ, рассчитанное на хранение 38 160 отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС). Основные хранилища жидких и твёрдых РАО (ХЖО и ХТРО), а также системы их переработки расположены на территории площадки комплекса переработки отходов. В 2014 г. на ЛАЭС после завершения последнего этапа пусконаладочных работ был осуществлён ввод в промышленную эксплуатацию комплекса по переработке твёрдых радиоактивных отходов (зд. 672Р). В состав комплекса входят установки сортировки, прессования, сжигания, системы транспортно-технологических операций, дезактивации оборудования и др.

В целях совершенствования системы обращения с жидкими радиоактивными отходами (ЖРО) на территории комплекса переработки отходов ведутся работы по созданию комплекса по переработке ЖРО гетерогенного и гомогенного составов, который будет включать установку цементирования отработанных пульп фильтроперлита и ионообменных смол и установку переработки гомогенных ЖРО по малоотходной технологии. В 2015 г. выполнена реконструкция хранилища битумной массы со строительством дополнительных отсеков, предназначенных для хранения отверждённых ЖРО.

На ЛАЭС-2 с энергоблоками ВВЭР-1200 в 2018 г. введены в эксплуатацию комплексы по обращению с твёрдыми и жидкими радиоактивными отходами.

Газоаэрозольные радиоактивные выбросы в атмосферу на ЛАЭС осуществляются через пять вентиляционных труб (первой, второй очередей, комплекса переработки отходов и вентиляционные трубы энергоблоков №№ 1 и 2 ВВЭР-1200). Данные о газоаэрозольных выбросах в целом по ЛАЭС в 2021 г. и для сравнения данные 2020 г. приведены в табл. 3.7.1. Из приведённых в табл. 3.7.1 данных видно, что в 2021 г., по сравнению с 2020 г., увеличились выбросы ¹³¹I (0,3 % ДВ), ¹³⁴Cs и ¹³⁷Cs (15 % и 5,8 % ДВ соответственно) и ИРГ (1 % ДВ). Наибольший вклад в активность выбросов вносят ИРГ. Все годовые выбросы по контролируемым радионуклидам оставались на уровне значительно ниже допустимых. Случаев превышения установленных допустимых и контрольных уровней выбросов радиоактивных веществ в атмосферу в течение 2021 г. не зарегистрировано.

Подробное описание источников водопользования ЛАЭС приведено в [1]. Сбросы очищенных дебалансных вод на ЛАЭС, которые представляют собой избыточный специдоочищенный конденсат, образующийся при очистке трапных вод, производятся в Копорскую губу Финского залива. Общий объём сброса составил 1650 м³ для энергоблоков РБМК-1000 и 96677 м³ – для энергоблоков № 1 и № 2 ВВЭР-1200. Данные о сбросах на ЛАЭС в 2021 и 2020 гг. приведены в табл. 3.7.2.

В 2021 г. из нормируемых радионуклидов достоверно определялся только ³H, годовой сброс которого вырос, по сравнению с 2020 г., в 1,4 раза. Также увеличились сбросы ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, оставаясь,

как и для ^3H , значительно ниже значений допустимых сбросов (суммарный сброс радионуклидов не превысил 0,01 % ДС для энергоблоков № 3 и № 4 РБМК-1000 и составил 7 % ДС для энергоблоков № 1 и № 2 ВВЭР-1200).

Таблица 3.7.1

Выбросы регламентируемых радионуклидов в атмосферу на ЛАЭС, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс*		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^3H	$1,03 \cdot 10^{15}$	$6,90 \cdot 10^{11}$	$8,50 \cdot 10^{11}$	$-1,60 \cdot 10^{11}$
^{14}C	$1,34 \cdot 10^{13}$	$9,98 \cdot 10^{11}$	$1,36 \cdot 10^{12}$	$-3,66 \cdot 10^{11}$
^{54}Mn	$7,38 \cdot 10^{11}$	$6,90 \cdot 10^6$	$7,80 \cdot 10^7$	$-7,11 \cdot 10^7$
^{59}Fe	$3,16 \cdot 10^{11}$	-	$1,40 \cdot 10^6$	-
^{60}Co	$7,40 \cdot 10^9$	$3,00 \cdot 10^8$	$4,40 \cdot 10^8$	$-1,40 \cdot 10^8$
^{65}Zn	$7,78 \cdot 10^{10}$	-	$1,91 \cdot 10^6$	-
^{95}Zr	$3,83 \cdot 10^{11}$	$1,30 \cdot 10^6$	$9,20 \cdot 10^6$	$-7,90 \cdot 10^6$
^{131}I	$9,30 \cdot 10^{10}$	$2,70 \cdot 10^8$	$2,60 \cdot 10^8$	$+1,00 \cdot 10^7$
^{134}Cs	$1,40 \cdot 10^9$	$2,10 \cdot 10^8$	$1,80 \cdot 10^8$	$+3,00 \cdot 10^7$
^{137}Cs	$4,00 \cdot 10^9$	$2,30 \cdot 10^8$	$2,00 \cdot 10^8$	$+3,00 \cdot 10^7$
ИРГ	$1,97 \cdot 10^{16}$	$2,00 \cdot 10^{14}$	$1,46 \cdot 10^{14}$	$+5,40 \cdot 10^{13}$

Примечание: * – значения выбросов радионуклидов, не фиксируемых существующими приборами и методами, получены расчётным путём (1/2 произведения нижнего предела измерения на суммарный объём выброса).

Таблица 3.7.2

Сбросы радионуклидов в Копорскую губу Финского залива на ЛАЭС, Бк/год

Наименование радионуклида	Допустимый сброс	Фактический сброс*		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^3H	$2,13 \cdot 10^{14}$	$1,95 \cdot 10^{13}$	$1,39 \cdot 10^{13}$	$+5,60 \cdot 10^{12}$
^{51}Cr	$5,55 \cdot 10^{13}$	$5,62 \cdot 10^7$	$2,43 \cdot 10^8$	$-1,87 \cdot 10^8$
^{54}Mn	$1,16 \cdot 10^{11}$	$3,63 \cdot 10^7$	$8,70 \cdot 10^7$	$-5,07 \cdot 10^7$
^{58}Co	$7,09 \cdot 10^{11}$	$3,34 \cdot 10^7$	$7,50 \cdot 10^7$	$-4,16 \cdot 10^7$
^{59}Fe	$5,89 \cdot 10^{10}$	$3,12 \cdot 10^7$	$8,75 \cdot 10^7$	$-5,63 \cdot 10^7$
^{60}Co	$8,54 \cdot 10^{10}$	$3,11 \cdot 10^7$	$6,37 \cdot 10^7$	$-3,26 \cdot 10^7$
^{65}Zn	$1,29 \cdot 10^{11}$	$3,34 \cdot 10^7$	$9,28 \cdot 10^7$	$-5,94 \cdot 10^7$
^{89}Sr	$1,11 \cdot 10^{13}$	$1,43 \cdot 10^9$	$1,23 \cdot 10^9$	$+2,00 \cdot 10^8$
^{90}Sr	$1,67 \cdot 10^{12}$	$7,14 \cdot 10^8$	$5,54 \cdot 10^8$	$+1,60 \cdot 10^8$
^{95}Zr	$2,20 \cdot 10^{11}$	$3,39 \cdot 10^7$	$7,50 \cdot 10^7$	$-4,11 \cdot 10^7$
^{106}Ru	$9,42 \cdot 10^{10}$	$4,83 \cdot 10^7$	$2,19 \cdot 10^8$	$-1,71 \cdot 10^8$
^{131}I	$1,82 \cdot 10^{12}$	$3,21 \cdot 10^7$	$6,88 \cdot 10^7$	$-3,67 \cdot 10^7$
^{134}Cs	$3,74 \cdot 10^{10}$	$2,74 \cdot 10^7$	$4,04 \cdot 10^7$	$-1,30 \cdot 10^7$
^{137}Cs	$5,93 \cdot 10^{10}$	$4,47 \cdot 10^7$	$4,04 \cdot 10^7$	$+4,30 \cdot 10^6$
^{144}Ce	$1,49 \cdot 10^{11}$	$5,27 \cdot 10^7$	$2,51 \cdot 10^8$	$-1,98 \cdot 10^8$

Примечание: * – фактический сброс трития равен произведению измеренной концентрации на суммарный объём сброса, величины годовых сбросов остальных нормируемых радионуклидов, измеренные значения концентраций которых не превышают нижнего предела измерения для выбранных средств, методов и условий измерений, считаются как произведение $\frac{1}{2}$ НПИ на суммарный объём сброса.

Радиационная обстановка вокруг ЛАЭС в радиусе до 100 км контролируется Северо-Западным УГМС, а в радиусе до 30 км – ОРБ ЛАЭС и ОРБ ЛАЭС-2 (далее – ОРБ ЛАЭС) (рис. 3.7.1).

В 2021 г. в СЗЗ и ЗН ОРБ ЛАЭС проводил мониторинг:

– объёмной активности радионуклидов в приземном слое атмосферы в пунктах постоянного наблюдения в СЗЗ и ЗН с помощью стационарных фильтровентиляционных установок САП «Буря» производительностью от 700 до 900 м³/ч на аэрозольные фильтры ФПП-15-1,5. С апреля 2017 г. периодичность смены фильтра составляет один раз в месяц;

– радиоактивности атмосферных выпадений с использованием металлических кювет площадью 0,3 м², время экспозиции которых составляло один месяц;

- содержания радионуклидов в питьевой воде, воде из открытых водоёмов, донных отложениях, водной растительности;
- содержания радионуклидов в почве, продуктах питания местного производства, растительности;
- МАЭД и годовой поглощённой дозы на местности.

В качестве средств измерений при проведении радиационного контроля объектов окружающей среды используются: гамма-спектрометры многоканальные для измерения рентгеновского и гамма-излучения Canberra с рабочим диапазоном энергий регистрируемого излучения от 50 до 3000 кэВ; радиометры альфа-бета-излучения спектрометрические TRI-CARB 3110 TR фирмы Perkin Elmer; альфа-бета-радиометр для измерения малых активностей УМФ-2000.

Для мониторинга МАЭД и годовой поглощённой дозы на ЛАЭС использовались следующие средства: объединённая АСКРО Ленинградской АЭС, состоящая из 4 постов пускового комплекса АСКРО ЛАЭС-2 и 10 аналогичных дополнительных постов радиационного контроля (производитель – АО «СНИИП», РФ); система автоматизированного мониторинга радиационной обстановки, включающая в себя 7 стационарных и 1 мобильную измерительную станцию (производитель – RADOS Tech. Oy, Турку, Финляндия); дозиметры-радиометры ДКС-96.

Северо-Западное УГМС в 2021 г. в 100-км зоне вокруг ЛАЭС контролировало следующие параметры окружающей среды:

- объёмную активность радионуклидов в приземном слое атмосферы путём отбора проб в одном пункте (г. Санкт-Петербург) с помощью ВФУ с пятисуточной экспозицией;
- радиоактивные атмосферные выпадения с суточной экспозицией в двух пунктах;
- мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на 11 стационарных пунктах наблюдения.

Гамма-спектрометрический анализ проб и измерение $\Sigma\beta$ в пробах аэрозолей и выпадений проводились в лаборатории Северо-Западного УГМС, а радиохимический – в ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун».

Приземный слой атмосферы

Данные Северо-Западного УГМС об объёмной $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы в 100-км зоне ЛАЭС (г. Санкт-Петербург) приведены в табл. 3.7.3.

Таблица 3.7.3

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) атмосферные выпадения $\Sigma\beta$ (Р, Бк/м²·сут) и объёмная $\Sigma\beta$ (q, 10⁻⁵ Бк/м³) в 100-км зоне ЛАЭС в 2021 г. (данные Северо-Западного УГМС)

Месяц		Санкт-Петербург, ОГМС		Сосновый Бор	Север ЕТР	
		Р	q	Р	Р	q
Январь	с	1,4	5,9	0,3	0,8	11,4
	м	8,6	8,1	1,7		
Февраль	с	0,9	6,8	0,4	0,5	8,6
	м	4,4	8,7	0,8		
Март	с	0,8	10	0,2	0,4	8,3
	м	2,7	11,6	0,7		
Апрель	с	0,6	15,2	0,3	0,4	11,5
	м	3,2	21	0,9		
Май	с	0,8	12	0,8	0,5	11,6
	м	2,2	21,5	1,7		
Июнь	с	0,6	19,4	0,3	0,4	12,8
	м	1,9	26,4	1,8		

Месяц		Санкт-Петербург, ОГМС		Сосновый Бор		Север ЕТР	
		Р	q	Р	Р	q	
Июль	с	0,7	16,5	0,3	0,3	7,8	
	м	2,6	20,7	0,9			
Август	с	0,5	8,1	0,6	0,5	6,3	
	м	1,3	11,8	1			
Сентябрь	с	0,6	7,7	0,3	0,6	4,8	
	м	3	11,7	0,7			
Октябрь	с	0,9	11,1	0,4	0,6	6,3	
	м	3,9	24,2	1			
Ноябрь	с	0,7	8,4	0,3	0,6	6,3	
	м	3	17,8	0,7			
Декабрь	с	0,7	7,3	0,4	0,6	5,5	
	м	2,2	16,1	2,1			
Среднее: Бк/ м ² -сут 10 ⁻⁵ Бк/м ³		0,7	10,7	0,4	0,5	8,5	
Сумма, Бк/м ² -год		256		146	183		

В соответствии с этими данными среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ в Санкт-Петербурге изменялась от $5,9 \cdot 10^{-5}$ до $19,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ при среднегодовом значении $10,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, которое превысило региональный уровень для Севера ЕТР ($8,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³) в 1,3 раза.

Содержание радионуклидов в приземном слое атмосферы в г. Санкт-Петербурге представлено в табл. 3.7.4.

Таблица 3.7.4

**Объёмные активности радионуклидов в приземном слое атмосферы
в г. Санкт-Петербурге в 2021 г., Бк/м³
(данные Северо-Западного УГМС и НПО «Тайфун»)**

Месяц	¹³⁷ Cs, 10 ⁻⁷	⁹⁰ Sr, 10 ⁻⁷
Январь	3,0	} 0,53
Февраль	2,0	
Март	3,8	
Апрель	2,8	} 0,58
Май	5,6	
Июнь	5,3	
Июль	4,8	} 0,56
Август	<1	
Сентябрь	3,2	
Октябрь	3,0	}
Ноябрь	1,8	
Декабрь	<1	
Среднее	3,1	0,56

Из табл. 3.7.4 видно, что объёмная активность ¹³⁷Cs в воздухе г. Санкт-Петербурга (80 км от ЛАЭС) изменялась от нижнего предела обнаружения ($1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) до $5,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (май) и её среднегодовое значение ($3,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) превышало в 1,6 раза уровень регионального значения для Севера ЕТР ($1,9 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

Среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в воздухе Санкт-Петербурга в 2021 г. ($0,56 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) уменьшилась в 1,4 раза по сравнению с предыдущим годом, находилась на уровне регионального значения для Севера ЕТР ($0,54 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и оставалась на семь порядков ниже ДОА_{НАС}.

Данные ОРБ ЛАЭС о среднегодовых объёмных активностях техногенных радионуклидов в воздухе СЗЗ и ЗН в 2020–2021 гг. приведены в табл. 3.7.5. Из таблицы видно, что в приземной атмосфере СЗЗ и ЗН ЛАЭС присутствуют продукты деления и нейтронной активации из состава выбросов ЛАЭС, отсутствующие в составе глобального радиоактивного фона. В 2021 г. объёмные

активности ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{54}Mn и ^{51}Cr в СЗЗ были выше значений в ЗН. Относительно 2020 г. в СЗЗ и ЗН ЛАЭС объёмные активности всех техногенных радионуклидов снизились.

Таблица 3.7.5

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы в районе расположения ЛАЭС, 10^{-7} Бк/м³ (данные ОРБ ЛАЭС)

Радионуклид	СЗЗ		ЗН		Д _{ОАнас.} , Бк/м ³
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	
^{137}Cs	59	180	14	42	27
^{134}Cs	15	75	16	12	19
^{131}I	< 16	21	< 13	23	7,3
^{60}Co	200	250	33	99	11
^{54}Mn	68	130	14	21	72
^{51}Cr	99	110	< 65	75	2500

В 2021 г. величины среднегодовых объёмных активностей отдельных радионуклидов техногенного происхождения в воздухе приземного слоя атмосферы СЗЗ и ЗН на шесть–девять порядков ниже допустимых среднегодовых объёмных активностей (Д_{ОА}) для населения для соответствующих радионуклидов.

Из данных мониторинга следует, что объёмная активность ^{137}Cs уменьшается с увеличением расстояния от АЭС. На расстоянии 80 км от АЭС объёмная активность ^{137}Cs в 4,5 раза ниже, чем в ЗН ЛАЭС.

Данные Северо-Западного УГМС о среднемесячных и максимальных суточных значениях $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в 100-км зоне вокруг ЛАЭС в 2021 г. приведены в табл. 3.7.3. Максимальное суточное значение $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне ЛАЭС наблюдалось в январе в Санкт-Петербурге (8,6 Бк/м²·сут). В г. Санкт-Петербурге среднегодовые суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в 1,4 раза превышали региональные выпадения на Севере ЕТР (0,5 Бк/м²·сут), в Сосновом Бору были меньше в 1,3 раза.

Гамма-спектрометрический анализ проб атмосферных выпадений в СЗЗ и ЗН ЛАЭС, по данным ЛАЭС, свидетельствует о том, что в 2021 г. плотность выпадений определялась ^{137}Cs и ^{60}Co (Бк/(м²·сут), ^{137}Cs : < 0,011 в СЗЗ, 0,018 в ЗН; ^{60}Co : 0,014 в СЗЗ, 0,011 в ЗН). Выпадения ^{134}Cs не превышали МДА, равного 0,010 Бк/(м²·сут).

Вода и другие объекты окружающей среды

Контроль источников питьевой воды проводится ОРБ ЛАЭС периодически в реках Систе и Коваша – в основном и резервном источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения, и в оз. Бабинское – контрольном водоёме. В отчётном году так же, как и по результатам многолетних наблюдений, удельные активности техногенных радионуклидов в воде указанных водоёмов не превышали НПИ и удовлетворяли критериям предварительной оценки качества питьевой воды ($УА_{\alpha} < 0,2$ Бк/кг, $УА_{\beta} < 1,0$ Бк/кг), при выполнении которых дальнейшие исследования не являются обязательными.

В 2021 г. контроль донных отложений на ЛАЭС проводился в прибрежных зонах сбросных каналов в местах с умеренной скоростью течения в связи с отсутствием донных отложений в русловой части каналов. Активность донных отложений определялась радионуклидами ^{137}Cs , ^{60}Co и ^{54}Mn (табл. 3.7.6). Удельная активность ^{137}Cs в прибрежной зоне сбросных каналов 1-й и 2-й очередей в

2021 г. выросла по сравнению с 2020 г. в 1,3 и 1,2 раза соответственно, содержание ^{60}Co в сбросном канале 1-й очереди уменьшилось в 1,3 раза.

Таблица 3.7.6

Удельная активность радионуклидов в донных отложениях, Бк/кг сырой массы*
(данные ОРБ ЛАЭС)

Место отбора пробы	^{137}Cs		^{54}Mn		^{60}Co	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Копорская губа (водоём-охладитель) Сбросной канал 1-й очереди **	29,0	22,3	0,5	0,6	2,1	2,8
Копорская губа (водоём-охладитель) Сбросной канал 2-й очереди **	13,7	11,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,4
Финский залив – контрольный водоём	10,2	9,6	< 0,4	< 0,3	< 0,4	< 0,3

Примечания: * – определение удельной активности проводилось для «влажных» донных отложений без предварительного высушивания;

** – отбор проб проводился в прибрежных зонах сбросных каналов в местах с умеренной скоростью течения.

В 2021 году активность проб водной растительности по данным ЛАЭС в сбросном канале 1-й и 2-й очереди и контрольном водоёме обуславливалась в основном ^{137}Cs со значениями 2,5; 32,0 и 8,7 Бк/кг сухого веса соответственно. В водной растительности сбросных каналов также достоверно определялся ^{54}Mn (1,2 Бк/кг сухого веса) и в сбросном канале 2-й очереди – ^{60}Co (1,6 Бк/кг сухого веса).

По данным гамма-спектрометрического анализа проб почвы, проведённого ОРБ ЛАЭС, основным техногенным радионуклидом в почве СЗЗ и ЗН является ^{137}Cs . В СЗЗ и ЗН плотность загрязнения почвы ^{137}Cs в 2021 г. (1,95 и 2,04 кБк/м² соответственно) находилась на уровне её значения в контрольном пункте (2,01 кБк/м²) и в пределах величины глобального фонового уровня (1,1–3,7 кБк/м²).

Удельная активность продуктов питания местного производства, по данным ОРБ ЛАЭС, приведена в табл. 3.7.7. Из таблицы видно, что в 2021 г. содержание ^{137}Cs снизилось, по сравнению с 2020 г., во всех местных пищевых продуктах. Содержание ^{137}Cs в корнеплодах, картофеле, молоке и мясе было ниже МДА. Все значения были на один-два порядка ниже нормативов, установленных СанПиН-01 [3].

Таблица 3.7.7

**Удельная активность продуктов питания местного производства
в окрестностях ЛАЭС, Бк/кг сырой массы**
(данные ЛВД ЛАЭС)

Продукт	^{137}Cs		Допустимый уровень по СанПиН-01 [3]
	2021 г.	2020 г.	
Корнеплоды (морковь, свёкла)	< 0,2	< 0,3	80
Картофель	< 0,2	< 0,4	80
Ягоды дикорастущие (клюква)	4,3	7,0	160
Грибы	32	43	500
Рыба	6,9	8,1	130
Молоко	< 0,4	< 0,6	100
Мясо	< 0,5	< 0,8	200

В пробах растительности в 2021 г. в СЗЗ, ЗН и контрольном пункте достоверно определялся ^{137}Cs со значениями 0,6, 2,1 и 2,7 Бк/кг соответственно, в СЗЗ также определялся ^{60}Co (0,8 Бк/кг).

По данным ежедневных наблюдений Северо-Западного УГМС, в 2021 г. среднемесячные значения МАЭД в разных пунктах 100-км зоны вокруг ЛАЭС изменялись в пределах от 0,09 до

0,16 мкЗв/ч. Максимальное значение МАЭД не превышало 0,20 мкЗв/ч, что соответствует природным флуктуациям естественного γ -фона.

Согласно данным АСКРО ЛАЭС, среднегодовые значения МАЭД в 2021 г. в СЗЗ и ЗН составили 0,10 и 0,09 мкЗв/ч соответственно, в контрольном пункте Бегуницы (в 32 км от АЭС) – 0,08 мкЗв/ч; максимальные измеренные значения МАЭД достигали 4,37 мкЗв/ч в СЗЗ (связано с перегрузкой ядерного топлива), 0,21 мкЗв/ч в ЗН и 0,15 мкЗв/ч в контрольном пункте. Во время проведения регламентных маршрутных обследований среднегодовые значения МАЭД на местности в 2021 г. в СЗЗ составляли 0,13 мкЗв/ч, в ЗН – 0,11 мкЗв/ч, в контрольном пункте Бегуницы – 0,10 мкЗв/ч. Максимальные значения МАЭД в СЗЗ и ЗН не превышали 0,25 и 0,20 мкЗв/ч соответственно.

Для оценки радиационной безопасности окружающей среды в районе расположения ЛАЭС были рассчитаны интегральные показатели загрязнения (ИПЗ), представляющие собой сумму отношений наблюдаемых концентраций радионуклидов в объекте природной среды к соответствующим значениям контрольных уровней.

В целях сохранения благоприятной окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в качестве контрольного уровня содержания радионуклидов в компоненте окружающей среды выбирается минимальное значение из рассчитанных по радиационному (в соответствии с НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99/2010, Постановлением Правительства Российской Федерации от 19.10.2012) и природоохранному / экологическому (Р 52.18.852–2016, Р 52.18.853–2016, Р 52.18.873–2018, Р 52.18.876–2019, Р 52.18.913–2021) критериям.

Из табл. 3.7.8 видно, что значения ИПЗ в 2021 г., по сравнению с предыдущим годом, незначительно выросли в донных отложениях Копорской губы, оставаясь на два порядка меньше экологически безопасного уровня риска. Основной вклад в ИПЗ во всех рассмотренных компонентах окружающей среды вносят ^{137}Cs и ^{60}Co .

Таблица 3.7.8

Интегральный показатель загрязнения объектов природной среды в районе расположения ЛАЭС в 2020, 2021 гг.

Компонент	Участок территории	Годы наблюдений	ИПЗ, безразмерный	Наиболее значимые радионуклиды, вклад в ИПЗ, %					
				^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{137}Cs	^{134}Cs	
Почва	СЗЗ	2020	$1,56 \cdot 10^{-3}$	^{137}Cs					
		2021	$1,39 \cdot 10^{-3}$						
	ЗН	2020	$1,48 \cdot 10^{-3}$	^{137}Cs					
		2021	$1,46 \cdot 10^{-3}$						
	Контрольный пункт	2020	$1,40 \cdot 10^{-3}$	^{137}Cs					
		2021	$1,44 \cdot 10^{-3}$						
Донные отложения	Копорская губа	2020	$1,72 \cdot 10^{-2}$	4,3	9,1	^{137}Cs			
		2021	$2,11 \cdot 10^{-2}$	2,9	5,5	86,6			
	Финский залив – контрольный водоём	2020	$6,99 \cdot 10^{-3}$	5,3	3,2	^{137}Cs			
		2021	$7,52 \cdot 10^{-3}$	6,6	3,0	91,6			
	Атмосфера	СЗЗ	2020	$4,57 \cdot 10^{-5}$	5,5	42,1	0,6	45,3	6,6
			2021	$2,43 \cdot 10^{-5}$	5,4	63,3	0,9	27,9	2,5
ЗН		2020	$1,36 \cdot 10^{-5}$	3,0	55,8	2,3	35,4	3,5	
		2021	$5,24 \cdot 10^{-6}$	5,1	48,5	3,4	30,7	12,2	
г. Санкт-Петербург		2020	$4,90 \cdot 10^{-7}$	^{90}Sr		^{137}Cs			
		2021	$4,67 \cdot 10^{-7}$	32,0		68,0			
				23,8		76,2			

Расчёты значений ИПЗ для воды Копорской губы в 2021 году не проводились из-за высоких значений НПИ, не позволяющих получить количественные значения содержания техногенных радионуклидов в поверхностных водах. Рекомендуется использовать в практике мониторинга поверхностных вод более чувствительную методику измерений для уточнения реальной ситуации.

Динамика ИПЗ почвенного покрова СЗЗ, ЗН ЛАЭС (рис. 3.7.2) и донных отложений Копорской губы (рис. 3.7.3) [9] показывает, что полученные оценки ИПЗ на протяжении всего периода с 2000 по 2021 год были значительно (на два-четыре порядка) ниже экологически безопасного уровня, т.е. удовлетворяли условиям обеспечения радиационной безопасности и сохранения благоприятной окружающей среды.

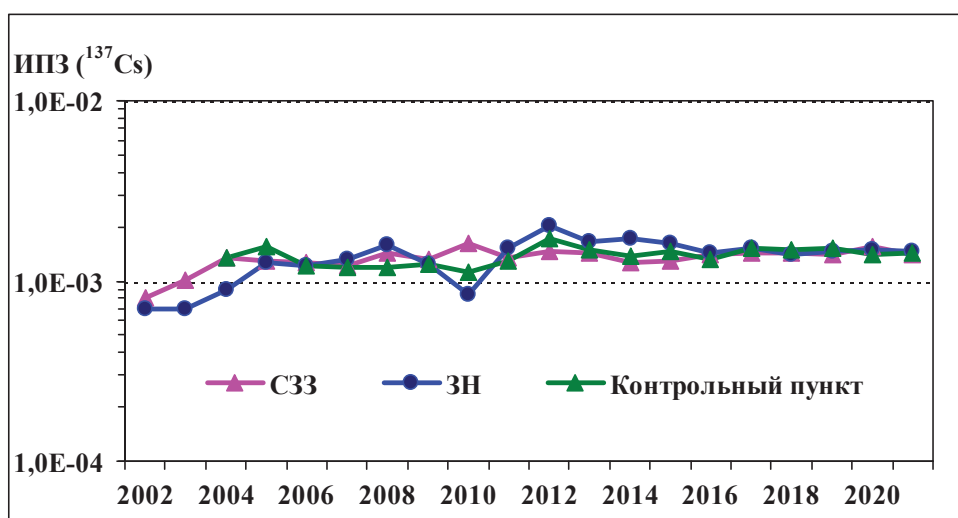


Рис. 3.7.2. Динамика интегрального показателя загрязнения почвенного покрова в районе расположения ЛАЭС в период с 2002 по 2021 г. по радиационному критерию

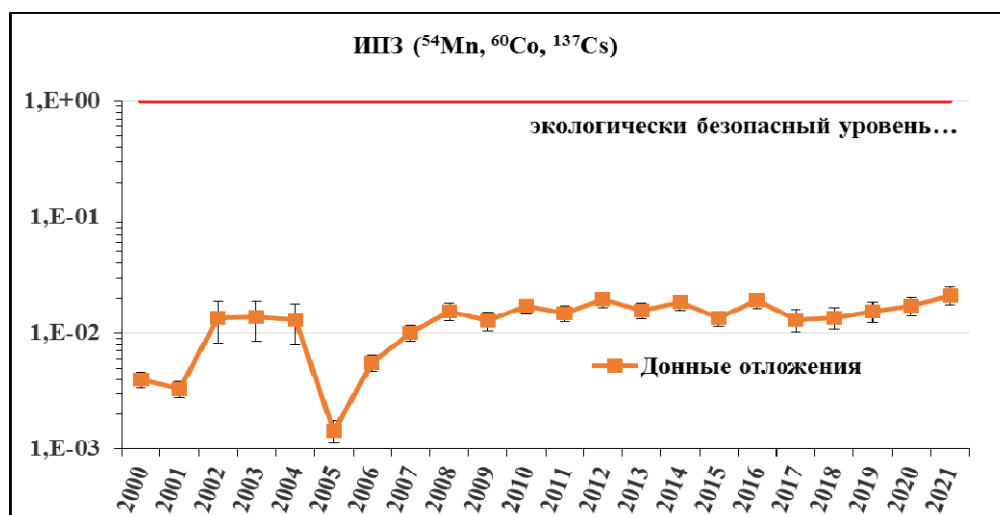


Рис. 3.7.3. Динамика интегрального показателя загрязнения донных отложений Копорской губы в 2000–2021 гг. по радиационно-гигиеническому критерию

Полученные данные позволяют сделать вывод, что воздействие ЛАЭС на радиационную обстановку в районе её расположения незначительно. Согласно данным мониторинга, наблюдается превышение фоновых уровней по объёмной активности ^{137}Cs в воздухе и присутствие в приземном слое

атмосферы зоны наблюдения ЛАЭС продуктов нейтронной активации (^{60}Co , ^{54}Mn), отсутствующих в составе глобального фона. Объёмные активности этих радионуклидов в СЗЗ выше значений в ЗН. Объёмная активность ^{137}Cs уменьшается с увеличением расстояния от ЛАЭС, на расстоянии 80 км от АЭС она в 4,5 раза ниже, чем в ЗН. Однако объёмные активности обнаруживаемых в ЗН радионуклидов на семь порядков ниже допустимых по НРБ-99/2009. В 100-км зоне вокруг ЛАЭС содержание техногенных радионуклидов в других объектах окружающей среды практически не превышает фоновых значений. С учётом потенциальной радиационной опасности АЭС мониторинг радиационной обстановки в районе её расположения необходимо продолжить.

3.8. Нововоронежская АЭС

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция» (Нововоронежская АЭС, далее – НВАЭС) является первым из отечественных с реакторами типа ВВЭР.

Станция сооружена в четыре очереди: первая – энергоблоки № 1 (ВВЭР-210 – в 1964 г.), № 2 (ВВЭР-365 – в 1969 г.), вторая – энергоблоки № 3 и № 4 (ВВЭР-440 – в 1971 и 1972 гг.), третья – энергоблок № 5 (ВВЭР-1000 – в 1980 г.), четвёртая – энергоблоки № 1 и № 2 Нововоронежской АЭС-2 (ВВЭР-1200 – в феврале 2017 г. и в октябре 2019 г.). Энергоблоки № 1 и № 2 остановлены в 1984 и 1990 гг. С этих энергоблоков вывезено ядерное топливо, и они переведены в ядерно безопасное состояние. Энергоблок № 3 выведен из эксплуатации в 2016 году. В 2018 г. проводились работы по повторному продлению срока эксплуатации энергоблока № 4 НВАЭС на дополнительный период – в 15 лет. Энергоблок включён в сеть 29 декабря 2018 года.

В 2021 г. на НВАЭС находились в эксплуатации четыре энергоблока: № 4 – проектной мощностью 440 МВт, № 5 – 1000 МВт, № 1 и № 2 НВАЭС-2 – 1200 МВт.

НВАЭС расположена на левом берегу р. Дон в Каширском районе Воронежской области. В районе НВАЭС климат умеренно-континентальный с хорошо выраженными сезонами года.

Проектная граница СЗЗ вокруг НВАЭС представляет собой объединение двух окружностей: одна – радиусом 2,25 км – от венттрубы энергоблоков № 3 и № 4, другая – радиусом 2 км – от венттрубы блока № 5. Площадь СЗЗ ~ 18 км².

Граница СЗЗ блоков № 6 и № 7 (№ 1 и № 2 НВАЭС-2) определена в границах, образованных периметром ограждения промплощадки этих блоков, общей площадью 76,79 га и находится внутри СЗЗ НВАЭС.

ЗН имеет радиус 20 км с центром на середине линии, соединяющей венттрубы энергоблоков № 3, № 4 и энергоблока № 5. Внешняя граница СЗЗ совпадает с внутренней границей ЗН. Площадь ЗН ~ 1238 км². ЗН блоков № 1 и № 2 НВАЭС-2 имеет радиус 13 км и находится внутри зоны наблюдения НВАЭС.

Напротив промплощадки НВАЭС – на правом берегу р. Дон – находятся два населённых пункта (с. Архангельское и д. Пашенково), окраины которых примыкают к внешней границе СЗЗ. К северу от промплощадки на расстоянии 3–7 км расположен г. Нововоронеж (31,5 тыс. жителей на 2020 г.), градообразующим предприятием которого является НВАЭС. В 45 км к северу и в 50 км к юго-востоку от АЭС находятся два крупных населённых пункта: г. Воронеж (число жителей около 1051 тыс. человек на 2020 г.) и г. Лиски (53,5 тыс. жителей на 2020 г.).

Источниками выбросов на АЭС являются венттрубы энергоблоков, венттруба центральных мастерских зоны контролируемого доступа Нововоронежской АЭС-2, венттруба здания переработки и хранения радиоактивных отходов Нововоронежской АЭС-2, венттруба санитарно-бытового корпуса Нововоронежской АЭС-2. Данные о газоаэрозольных выбросах в атмосферу регламентируемых на НВАЭС радионуклидов в 2021 г. и, для сравнения, в 2020 г. приведены в табл. 3.8.1.

Из приведённых в табл. 3.8.1 данных видно, что в 2021 г. на НВАЭС годовые выбросы ^3H , ^{133}Xe , ^{138}Xe , ^{131}I уменьшились по сравнению с 2020 г., а выбросы ^{14}C , ^{41}Ar , ^{87}Kr , ^{88}Kr , ^{135}Xe , ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{124}Sb , ^{134}Cs и ^{137}Cs – увеличились. Выбросы всех контролируемых радионуклидов были значительно ниже допустимых.

Таблица 3.8.1

Выбросы радионуклидов в атмосферу на НВАЭС, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^3H	$4,99 \cdot 10^{14}$	$3,66 \cdot 10^{12}$	$3,6 \cdot 10^{12}$	$-6,0 \cdot 10^{10}$
^{14}C	$7,10 \cdot 10^{12}$	$5,71 \cdot 10^{11}$	$4,5 \cdot 10^{11}$	$+4,70 \cdot 10^{10}$
^{41}Ar	$6,90 \cdot 10^{14}$	$4,54 \cdot 10^{12}$	$1,1 \cdot 10^{12}$	$+3,20 \cdot 10^{12}$
^{87}Kr	$6,90 \cdot 10^{14}$	$1,95 \cdot 10^{12}$	$1,1 \cdot 10^{12}$	$+7,00 \cdot 10^{11}$
^{88}Kr	$6,90 \cdot 10^{14}$	$9,35 \cdot 10^{11}$	$8,0 \cdot 10^{11}$	$+3,20 \cdot 10^{10}$
^{133}Xe	$6,90 \cdot 10^{14}$	$1,29 \cdot 10^{13}$	$3,7 \cdot 10^{13}$	$-2,53 \cdot 10^{13}$
^{135}Xe	$6,90 \cdot 10^{14}$	$4,77 \cdot 10^{12}$	$1,2 \cdot 10^{12}$	$+3,48 \cdot 10^{12}$
^{138}Xe	$6,90 \cdot 10^{14}$	0	0	$-1,93 \cdot 10^{12}$
^{54}Mn	$3,83 \cdot 10^{11}$	$9,92 \cdot 10^6$	$4,5 \cdot 10^6$	$+5,11 \cdot 10^6$
^{58}Co	$1,37 \cdot 10^{12}$	$9,44 \cdot 10^6$	$4,9 \cdot 10^6$	$+4,45 \cdot 10^6$
^{60}Co	$7,40 \cdot 10^9$	$3,79 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^7$	$+1,65 \cdot 10^7$
^{65}Zn	$3,62 \cdot 10^{11}$	$2,52 \cdot 10^6$	$4,1 \cdot 10^5$	$+2,08 \cdot 10^6$
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$1,18 \cdot 10^{11}$	$1,17 \cdot 10^7$	$4,7 \cdot 10^6$	$+6,68 \cdot 10^5$
^{124}Sb	$8,26 \cdot 10^{11}$	$7,87 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$+6,31 \cdot 10^6$
^{131}I	$1,80 \cdot 10^{10}$	$1,19 \cdot 10^8$	$2,7 \cdot 10^8$	$-1,49 \cdot 10^8$
^{134}Cs	$9,00 \cdot 10^8$	$2,09 \cdot 10^6$	$9,6 \cdot 10^5$	$+1,05 \cdot 10^6$
^{137}Cs	$2,00 \cdot 10^9$	$3,46 \cdot 10^7$	$8,3 \cdot 10^6$	$+2,58 \cdot 10^7$

Источниками водопользования в районе НВАЭС являются р. Дон, пруд-охладитель блока № 5, пруды рыбопродуктивного хозяйства «Нововоронежский» (рыбхоз), артезианские водозаборы подземных вод. Наливной пруд-охладитель блока № 5, характеристики которого были приведены в [10], расположен в пойме р. Дон, выше береговой насосной станции. Пруд используется не только для нужд НВАЭС, но и населением г. Нововоронежа для рыбохозяйственных, рекреационных и других целей. Подробное описание источников технического водоснабжения и сброса сточных вод на атомной станции было приведено в [10].

Данные по водоотведению и сбросу радионуклидов со сточными водами НВАЭС с учётом разгрузки подземных вод представлены в табл. 3.8.2. В 2021 г. объём сброса из водовыпуска НВАЭС составил $3,6 \cdot 10^4 \text{ м}^3$, а из водовыпуска № 4 НВАЭС-2 – $7,2 \cdot 10^4 \text{ м}^3$. Из табл. 3.8.2 видно, что сбросы радионуклидов в 2021 г. в штатном режиме работы НВАЭС не превышали разрешённых величин. Согласно этим данным, годовые сбросы ^{137}Cs в открытую гидрографическую сеть (р. Дон) из водовыпуска НВАЭС в 2021 г. не превышали 0,5 % ДС, а из водовыпуска № 4 НВАЭС-2 – 3 %. Годовой сброс ^{60}Co в р. Дон из водовыпуска НВАЭС в 2021 г. не превышал 8,1 % ДС, а из водовыпуска № 4 НВАЭС-2 – 4,2 %. Основной вклад в активность сбросов вносил тритий, величина его сбросов не превышала в 2021 г. 25 % ДС. Помимо указанных радионуклидов, в 2021 г. в водовыпуске НВАЭС также регистрировались ^{54}Mn , ^{106}Ru и ^{134}Cs .

Годовые сбросы радионуклидов на НВАЭС, Бк

Источник сточных вод	Приёмник сточных вод	Наименование радионуклида	Допустимый сброс	Фактический сброс		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
				2021 г.	2020 г.	
Водовыпуск НВАЭС (поля фильтрации)	р. Дон	³ H	$3,6 \cdot 10^{13}$	8,9E+12	$1,6 \cdot 10^{13}$	$-4,0 \cdot 10^{12}$
		⁵⁴ Mn	$6,3 \cdot 10^9$	1,4E+07	$1,1 \cdot 10^7$	$-3,0 \cdot 10^6$
		⁶⁰ Co	$2,2 \cdot 10^9$	1,8E+07	$1,4 \cdot 10^7$	$-6,0 \cdot 10^6$
		¹⁰⁶ Ru	$2,3 \cdot 10^{10}$	1,1E+08	$1,1 \cdot 10^7$	$-3,0 \cdot 10^6$
		¹³⁴ Cs	$2,6 \cdot 10^9$	1,4E+07	$1,1 \cdot 10^7$	$-3,0 \cdot 10^6$
		¹³⁷ Cs	$4,6 \cdot 10^9$	2,4E+07	$2,4 \cdot 10^7$	$-1,2 \cdot 10^7$
Водовыпуск № 4 НВАЭС-2	р. Дон	³ H	$1,1 \cdot 10^{15}$	1,1E+11	$5,0 \cdot 10^{10}$	$-2,7 \cdot 10^{12}$
		⁶⁰ Co	$2,2 \cdot 10^9$	9,2E+07	$7,6 \cdot 10^7$	$-6,4 \cdot 10^7$
		¹³⁴ Cs	$9,0 \cdot 10^8$	4,2E+07	$3,7 \cdot 10^7$	$-4,8 \cdot 10^7$
		¹³⁷ Cs	$1,4 \cdot 10^9$	4,2E+07	$3,9 \cdot 10^7$	$-4,7 \cdot 10^7$

В соответствии с требованиями п. 4.1 СТО 1.1.1.04.001.0143–2015, в случае, если существующими на АЭС приборами и методами некоторые радионуклиды, нормируемые в сбросах, не определяются, фактическому сбросу нормируемого радионуклида присваивается значение $\frac{1}{2}$ произведения нижнего предела измерения на суммарный объём сброса.

Радиационный мониторинг окружающей среды вокруг НВАЭС в радиусе до 50 км проводится ЛВРК НВАЭС, а в радиусе до 100 км – УГМС ЦЧО.

В 2021 г. ЛВРК НВАЭС контролировались следующие характеристики радиоактивного загрязнения окружающей среды:

- объёмная активность радионуклидов в приземном слое воздуха – на семи стационарных постах, один из которых расположен на промплощадке, один – в СЗЗ, четыре – в ЗН и один – в контрольном пункте (г. Лиски, в 50 км в юго-восточном направлении от АЭС). Пробы отбирались непрерывно с помощью стационарных аспирационных установок типа ФВА-49. Замена фильтров проводится не реже 1 раз в неделю;

- радиоактивность атмосферных выпадений – на 21 стационарном poste, расположенном на промплощадке, в СЗЗ и в контрольном пункте (г. Лиски), с помощью кювет площадью $0,25 \text{ м}^2$ и высотой бортиков 10 см, в качестве сорбирующей поверхности использовалась фильтровальная беззольная бумага, время экспозиции – 7–10 дней. Пробы отбирались непрерывно, замена фильтров проводится не реже чем 1 раз в 2 недели;

- содержание техногенных радионуклидов в воде открытых водоёмов, донных отложениях, рыбе открытых водоёмов, в подземных водах на территории промплощадки и СЗЗ, а также в питьевой артезианской воде;

- содержание радионуклидов в почве, в сельскохозяйственной продукции местного производства (молоке, мясе, рыбе, зерне, картофеле, капусте, моркови);

- МАЭД с помощью системы АСКРО НВАЭС, состоящей из 33 постов, и во время маршрутных обследований;

- годовая поглощённая доза гамма-излучения на местности на 76 стационарных дозиметрических постах.

В пробах объектов окружающей среды ЛВРК определялись $\Sigma\beta$, активность трития, содержание и изотопный состав гамма-излучающих радионуклидов. Анализ проб проводился гамма-спектрометрическим методом. Измерение $\Sigma\beta$ проб проводилось на радиометрах типа УМФ-2000, трития в водных

пробах – на жидкосцинтилляционном спектрометре-радиометре типа Quantulus. Для измерения МАЭД использовались мобильная дозиметрическая установка «Гамма-сенсор», переносные дозиметры ДРГ-01Т, дозиметры-радиометры МКС-АТ 1117М, МКС-АТ 6101М, ДКС-96, МКС КП-АД6, для измерения поглощённой дозы на местности – комплект термолюминесцентных дозиметров КДТ-02М.

В 2021 г. УГМС ЦЧО в 100-км зоне вокруг НВАЭС проводило наблюдения (рис. 3.8.1):

- за объёмной активностью радионуклидов в воздухе г. Нововоронежа путём отбора проб с помощью ВФУ «Тайфун-3А» на ткань ФПП-15-1,5 с экспозицией пять дней;
- за радиоактивностью атмосферных выпадений в пяти пунктах с помощью горизонтальных планшетов с суточной экспозицией;
- МАЭД на 13 стационарных постах каждые 3 часа.

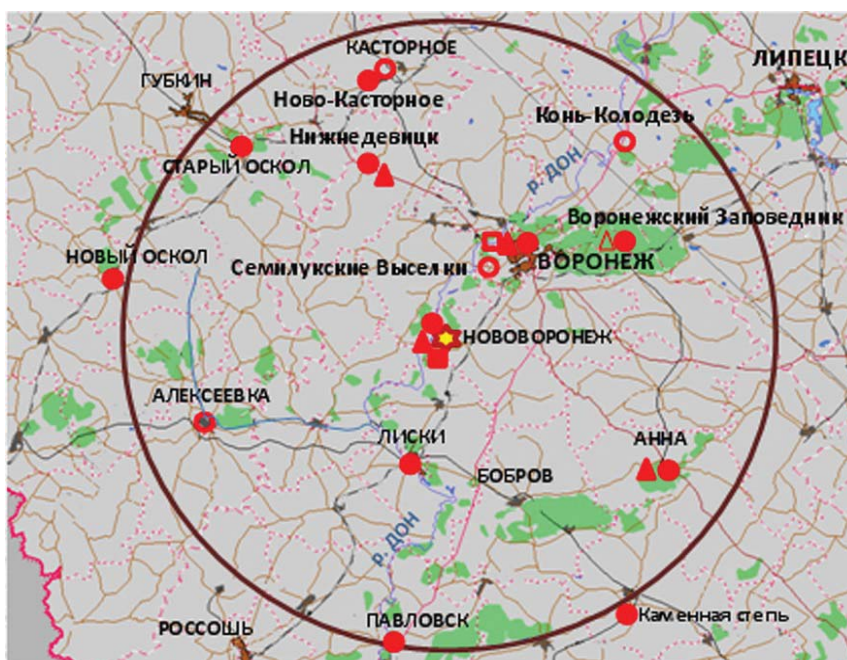


Рис. 3.8.1. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг НВАЭС:

- ★ – АЭС;
- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – отбор проб атмосферных аэрозолей;
- ◻○◻ – планируемые наблюдения.

Радионуклидный состав и активность проб в УГМС ЦЧО определялись в ФГБУ «НПО «Тайфун». $\Sigma\beta$ измерялась на альфа-, бета-радиометрах УМФ-2000 и на радиометре типа РУБ-01П5. Объёмная активность ^{90}Sr определялась в ФГБУ «НПО «Тайфун» радиохимическим методом. МАЭД измерялась с помощью дозиметров ДРГ-01Т1.

Приземная атмосфера

В табл. 3.8.3 приведены данные ЛВРК НВАЭС о среднегодовых объёмных активностях техногенных радионуклидов в воздухе СЗЗ и ЗН атомной станции в 2020–2021 гг. По данным ЛВРК НВАЭС, в 2021 г. радионуклидный состав атмосферного воздуха в СЗЗ и ЗН по качественному составу, по сравнению с 2020 г., существенных изменений не имел. В СЗЗ среднегодовые объёмные активности ^{60}Co увеличились в 1,1 раза относительно уровня 2020 г., а активности ^{137}Cs уменьшились в

1,8 раза. В ЗН среднегодовые объёмные активности ^{137}Cs уменьшились в 2,2 раза, среднегодовые объёмные активности ^{60}Co увеличились в 12,5 раз по сравнению с предыдущим годом. Объёмная активность ^{137}Cs в СЗЗ, ЗН и контрольном пункте изменялась в пределах $(10,0\text{--}21,5)\cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что примерно в 2,8–6,0 раз выше средневзвешенной объёмной активности для Центра ЕТР $(3,6\cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

Таблица 3.8.3

Среднегодовые объёмные активности радионуклидов в приземной атмосфере СЗЗ и ЗН НВАЭС, 10^{-7} Бк/м³ (данные ЛВРК НВАЭС)

Радионуклид	СЗЗ		ЗН		Контрольный пункт (г. Лиски)		ДОО _{НАЭС} , Бк/м ³
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	
^{54}Mn	10	< МДА	-	1,0	-	< МДА	72
^{58}Co	-	< МДА	-	< МДА	-	< МДА	68
^{60}Co	10	9,3	10	0,8	<10	< МДА	11
^{137}Cs	21,5	38,8	13,2	29,6	10,0	17,5	27

Примечание: МДА = 0,5 Бк/счётный образец.

В целом результаты измерений показывают, что объёмные активности техногенных радионуклидов в воздухе на семь порядков ниже установленных нормативов ДОО_{НАЭС} по НРБ-99/2009 [2].

Данные УГМС ЦЧО об объёмной активности $\Sigma\beta$ в воздухе приведены в табл. 3.8.4.

Таблица 3.8.4

Объёмные $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы в 100-км зоне вокруг НВАЭС в 2021 г., 10^{-5} Бк/м³ (данные УГМС ЦЧО)

Пункт наблюдения	Месяц												Среднее		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.	
Нововоронеж	с	49,1	14,8	19,1	16,5	14,2	17,9	21,2	30,7	16,2	22,4	20,3	30,7	22,7	25,0
	м	99,6	27,4	35,3	33,0	19,9	31,6	32,5	39,7	36,4	41,7	40,8	70,0		

Согласно данным табл. 3.8.4, в 2021 г. объёмная $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы составила $22,7\cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что в 1,1 раза ниже уровня 2020 г. и в 1,1 раза выше средневзвешенной объёмной активности $\Sigma\beta$ в Центре ЕТР $(21,4\cdot 10^{-5}$ Бк/м³).

Данные УГМС ЦЧО о годовых, среднемесячных и максимальных суточных значениях $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне НВАЭС в 2021 г. приведены в табл. 3.8.5. Среднегодовые суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 г. в различных пунктах 100-км зоны незначительно повысились по сравнению с 2020 г. и были в 1,1–1,2 раза выше среднегодового фоновое значения для Центра ЕТР $(0,84$ Бк/м²·сут). Максимальные суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений наблюдались в п. Нижнедевицк в январе и составляли $6,5$ Бк/м²·сут.

Таблица 3.8.5

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) выпадения в 100-км зоне вокруг НВАЭС в 2021 г., Бк/м²·сут (данные УГМС ЦЧО)

Пункт наблюдения	Месяц												Среднее		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.	
Анна	с	1,2	0,9	0,7	1,0	0,8	0,7	0,8	1,0	1,3	0,8	1,2	1,0	0,9	0,8
	м	3,6	4,8	2,6	2,4	2,9	1,7	3,8	3,6	3,7	3,7	5,6	2,3		
Воронеж	с	1,1	0,7	0,5	1,0	0,8	0,7	0,6	1,0	1,1	1,1	1,5	1,2	0,9	0,8
	м	3,0	2,7	2,3	3,3	2,6	2,6	2,3	4,3	3,5	3,9	4,5	5,4		
Лиски	с	1,0	0,8	0,4	1,0	1,2	0,8	0,8	1,3	0,9	0,9	0,9	1,2	0,9	0,8
	м	3,0	2,1	1,2	3,4	4,3	2,2	3,6	5,5	2,8	3,9	3,0	4,9		
Нижнедевицк	с	1,2	0,9	0,7	0,9	0,9	0,6	0,6	0,9	0,9	1,0	1,3	1,2	0,9	0,9
	м	6,5	3,2	2,5	3,0	4,0	1,4	1,7	5,1	4,5	3,8	4,6	3,1		
Нововоронеж	с	1,3	0,9	0,6	0,8	0,8	0,5	0,8	1,0	1,3	1,0	1,5	1,3	1,0	0,9
	м	4,5	3,3	3,2	1,9	3,0	1,3	2,7	5,0	3,6	4,2	4,1	3,7		

Результаты гамма-спектрометрического анализа проб выпадений в 2021 г., полученные УГМС ЦЧО, приведены в табл. 3.8.6. Анализ выполнялся в июне– декабре отдельно для метеостанции г. Нововоронежа и для проб метеостанций Анна, Воронеж, Лиски, Нижнедевицк, расположенных в 100-км зоне влияния НВАЭС (зона 13).

Таблица 3.8.6

Выпадения радионуклидов из атмосферы в 100-км зоне НВАЭС в 2021 г., Бк/м²·квартал (данные УГМС ЦЧО)

Квартал	г. Нововоронеж		Зона 13	
	¹³⁷ Cs	⁷ Be	¹³⁷ Cs	⁷ Be
I	-	-	-	-
II	н	46	0,03	34
III	0,03	110	0,06	116
IV	0,12	126	0,40	76
Сумма, Бк/м ² ·год:	2021 г.	282	0,49	226
	2020 г.	109	0,30	89

Примечания: н – ниже порога обнаружения;

- - не проводились измерения из-за поломки гамма-спектрометра.

Из радионуклидов техногенного происхождения в пробах выпадений в г. Нововоронеже и в зоне 13 присутствовал ¹³⁷Cs. Годовые выпадения ¹³⁷Cs в 2021 г. в г. Нововоронеже уменьшились в 2,9 раза по сравнению с 2020 г. и составили 0,15 Бк/м²·год, в зоне 13 – увеличились в 1,6 раза и составляли 0,49 Бк/м²·год.

По данным ЛВРК НВАЭС, в 2021 г. в выпадениях в СЗЗ и в контрольном пункте (Лиски) регистрировались ⁶⁰Со и ¹³⁷Cs. Выпадения ⁶⁰Со и ¹³⁷Cs в СЗЗ составили 1,5 и 2,1 Бк/м²·год соответственно, а в КП – 0,5 и 1,2 Бк/м²·год соответственно.

Вода и другие объекты окружающей среды

Содержание радионуклидов в воде открытых водоёмов в 2021 г. определялось ЛВРК НВАЭС в местах постоянного мониторинга: в р. Дон – в шести точках, в пруде-охладителе – в двух точках и в пруде рыбхоза – в одной точке.

В табл. 3.8.7 приведены данные об объёмных активностях ¹³⁷Cs в поверхностных водах в районе АЭС. Видно, что в 2021 г. объёмная активность ¹³⁷Cs в воде р. Дон, пруда-охладителя и рыбопроизводных прудах рыбхоза «Нововоронежский» была ниже предела обнаружения. Объёмная активность ⁶⁰Со в поверхностных водах в 2021 г. была ниже предела обнаружения. Объёмная активность трития в поверхностных водах в 2021 г. составляла от 4 Бк/кг (6 км выше сброса блоков № 1, 2) до 174 Бк/кг (Старица).

Содержание Σβ в питьевой воде водозабора НВАЭС и водозабора профилактория НВАЭС было < 0,1 Бк/кг.

ЛВРК НВАЭС также проводит мониторинг содержания техногенных радионуклидов в донных отложениях в р. Дон, пруде-охладителе и рыбопроизводных прудах рыбхоза «Нововоронежский». Удельная активность ¹³⁷Cs в донных отложениях (табл. 3.8.7) рыбопроизводного пруда в 2021 г. составляла 0,5 Бк/кг в.-с., а ⁶⁰Со была ниже предела обнаружения. В пруде-охладителе удельная активность ¹³⁷Cs в донных отложениях составляла 0,5–2,0 Бк/кг в.-с. В р. Дон удельная активность ¹³⁷Cs в донных отложениях изменялась в диапазоне от 0,6 до 5,0 Бк/кг в.-с.; ⁶⁰Со – от предела обнаружения до 1,2 Бк/кг в.-с. В целом содержание радионуклидов в донных отложениях исследуемых водоёмов уменьшилось по сравнению с предыдущими годами [1, 4, 10].

**Содержание радионуклидов в поверхностных водах и донных отложениях в районе НВАЭС
(данные ЛВРК НВАЭС)**

Место отбора проб	Вода, Бк/л				Донные отложения, Бк/кг в.-с.			
	¹³⁷ Cs		⁶⁰ Co		¹³⁷ Cs		⁶⁰ Co	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
<u>р. Дон</u>								
6 км выше сброса блоков № 1, № 2	н	н	н	н	1,5	0,4	н	н
Старица	н	н	н	н	0,6	2,4	н	0,2
Водозабор блоков № 1, № 2	н	н	н	н	2,0	2,6	н	н
100 м ниже сброса блоков № 1, № 2	н	н	н	н	1,4	2,3	1,2	2,9
Пирс НВАЭС-2	н	0,13	н	50	1,6	1,9	н	0,4
15 км ниже сброса блоков № 1, № 2	н	н	н	н	5,0	4,4	н	н
<u>Пруд-охладитель блока № 5</u>								
Пляж	н	н	н	н	0,5	0,8	н	н
Водозабор блока № 5	н	0,01	н	н	2,0	0,9	н	н
<u>Пруды рыбхоза</u>								
«Нововоронежский»	н	н	н	н	0,5	1,5	н	н
Отводной канал на р/х	-	н	-	н	0,7	1,2	н	7,2

Примечания: н – ниже предела обнаружения;
- – данные не поступали.

Мониторинг грунтовых вод на участке радиоактивного загрязнения в районе ХЖО-2 проводился ЛВРК. В 2021 г. на НВАЭС проводилась предварительная откачка воды из наблюдательных скважин перед отбором проб.

ЛВРК НВАЭС проводит измерения содержания радионуклидов в водной растительности р. Дон. Содержание ⁶⁰Co в пробах водной растительности в 2021 г. составляло <0,1–1,1 Бк/кг, а ¹³⁷Cs – 0,2–0,3 Бк/кг.

Плотность загрязнения почвы ¹³⁷Cs в 2021 г. в СЗЗ составляла 1,2 кБк/м², в ЗН – 4,6 кБк/м², в контрольном пункте Лиски – 5,0 кБк/м². Повышенное содержание ¹³⁷Cs в почве во всех пунктах мониторинга, по сравнению с уровнем глобального загрязнения, связано с выпадениями после аварии на Чернобыльской АЭС. Плотность загрязнения почвы ⁶⁰Co в СЗЗ составила 11 Бк/м². В ЗН и КП ⁶⁰Co не обнаружен.

ЛВРК НВАЭС проводит измерения содержания радионуклидов в растительности. ⁶⁰Co в пробах растительности обнаружен не был. Содержание ¹³⁷Cs в растительности в 2021 г. составляло: в СЗЗ – 0,1 Бк/кг, в ЗН – 0,1 Бк/кг, в КП (Лиски) – 1,3 Бк/кг.

Содержание ¹³⁷Cs в местной сельскохозяйственной продукции в 2021 г. было на три-четыре порядка ниже нормативов по СанПиН-01 [3]: в мясе – 0,20 Бк/кг, в рыбе – 0,10–0,20 Бк/кг, в картофеле – ниже предела обнаружения, в пшенице – ниже предела обнаружения, в молоке – 0,04 Бк/кг сырой массы.

По данным наблюдений УГМС ЦЧО, в 100-км зоне вокруг НВАЭС в 2021 г. среднемесячные значения МАЭД изменялись от 0,08 до 0,18 мкЗв/ч. Максимальное измеренное значение МАЭД наблюдалось в п. Нижнедевицк (0,29 мкЗв/ч). Эти значения незначительно отличаются от результатов 2020 года.

Среднегодовые значения МАЭД в 2021 г. вне загрязнённых участков в СЗЗ и ЗН, по данным АСКРО НВАЭС, составляли 0,08–0,10 мкЗв/ч. Максимальное значение МАЭД в СЗЗ достигало 0,16 мкЗв/ч, в ЗН – 0,19 мкЗв/ч, в контрольном пункте – 0,15 мкЗв/ч.

Годовая накопленная доза внешнего облучения, по данным ЛВРК НВАЭС, в ЗН варьировала в диапазоне 0,63–0,89 мЗв, что несколько выше значения, полученного в контрольном пункте Лиски, – 0,53 мЗв. В СЗЗ годовая доза внешнего облучения варьировала в диапазоне 0,54–0,73 мЗв.

В соответствии с рекомендациями Росгидромета Р 52.18.853–2016, Р 52.18.876–2019, для Нововоронежской АЭС по данным радиационного мониторинга были рассчитаны ИПЗ почвы, поверхностных вод и донных отложений по природоохранному (экологическому) и радиационному критериям сохранения благоприятной окружающей среды (табл. 3.8.8).

Во всех случаях ИПЗ значительно меньше 1, что свидетельствует о радиационной безопасности окружающей среды по природоохранному критерию.

Из анализа приведённых выше данных следует, что НВАЭС оказывает незначительное влияние на радиационную обстановку. Обнаружено присутствие ^{60}Co в донных отложениях р. Дон. В приземной атмосфере СЗЗ и ЗН НВАЭС наблюдался отсутствующий в составе глобального радиоактивного фона ^{60}Co . Наблюдаемые объёмные активности контролируемых радионуклидов в приземном воздухе на семь порядков ниже нормативных уровней, установленных НРБ-99/2009. С учётом потенциальной радиационной опасности АЭС мониторинг радиационной обстановки в районе её расположения необходимо продолжить.

Таблица 3.8.8

Интегральные показатели загрязнения техногенными радионуклидами поверхностных вод, донных отложений и почвы НВАЭС за 2020–2021 гг.

Компонент	Участок территории	Годы наблюдений	ИПЗ (безразмерный)	Наиболее значимые нуклиды
Почва	СЗЗ	2020	$4,6 \cdot 10^{-4}$	^{137}Cs
		2021	$3,1 \cdot 10^{-4}$	
	ЗН	2020	$4,9 \cdot 10^{-4}$	^{137}Cs
2021		$1,2 \cdot 10^{-3}$		
Вода	СЗЗ	2020	$< 8,3 \cdot 10^{-3}$	
		2021	$< 8,3 \cdot 10^{-3}$	
	ЗН	2020	$< 8,3 \cdot 10^{-3}$	
2021		$< 8,3 \cdot 10^{-3}$		
Донные отложения	СЗЗ	2020	$4,8 \cdot 10^{-3}$	$^{60}\text{Co}, ^{137}\text{Cs}$
		2021	$4,7 \cdot 10^{-4}$	
	ЗН	2020	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$^{60}\text{Co}, ^{137}\text{Cs}$
2021		$1,6 \cdot 10^{-3}$		
Контрольный водоём	Контрольный водоём	2020	$2,7 \cdot 10^{-4}$	^{137}Cs
		2021	$1,0 \cdot 10^{-3}$	

3.9. Ростовская АЭС

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция» (далее – Ростовская АЭС) расположен на юге России в Ростовской области на южном берегу Цимлянского водохранилища, созданного в нижнем течении р. Дон, примерно в 13,5 км восточнее г. Волгодонска.

В 2021 г. в эксплуатации находились четыре энергоблока Ростовской АЭС с реакторами ВВЭР-1000, введёнными в промышленную эксплуатацию соответственно: энергоблок № 1 – 2001 г., № 2 – 2010 г., № 3 – 2015 г., № 4 – 2018 год.

Вокруг Ростовской АЭС установлены СЗЗ радиусом 3 км и ЗН радиусом 30 км. Средняя плотность населения в ЗН составляет 80 человек на 1 км², общая численность населения в ЗН – 215 тыс. человек. Численность населения г. Волгодонска, расположенного в 13,5 км от АЭС, составляет около 171,4 тыс. человек, г. Цимлянска, находящегося в 21 км от Ростовской АЭС, – около 14,4 тыс. человек.

Газоаэрозольные выбросы на Ростовской АЭС поступают в атмосферу через венттрубы после системы спецгазоочистки. Данные о газоаэрозольных выбросах радионуклидов, регламентируемых СП АС-03 [11], в атмосферу в 2021 г. и для сравнения в 2020 г. приведены в табл. 3.9.1.

Таблица 3.9.1

Выбросы радионуклидов в атмосферу на Ростовской АЭС, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс, Бк		Увеличение (+), снижение (-) выбросов
		2021 г.	2020 г.	
³ H	9,88·10 ¹³	9,70·10 ¹¹	7,80·10 ¹¹	+1,92·10 ¹¹
¹⁴ C	1,40·10 ¹²	8,60·10 ¹⁰	2,69·10 ¹⁰	+5,91·10 ¹⁰
⁴¹ Ar	4·10 ¹³	1,92·10 ¹²	6,52·10 ¹⁰	+1,85·10 ¹²
^{85m} Kr	1·10 ¹³		2,78·10 ⁹	
⁸⁷ Kr	4·10 ¹³	1,51·10 ¹⁰	3,70·10 ¹⁰	-2,19·10 ¹⁰
⁸⁸ Kr	4·10 ¹³	1,69·10 ¹⁰	1,27·10 ¹¹	-1,10·10 ¹¹
¹³³ Xe	2·10 ¹³	1,04·10 ¹²	3,97·10 ⁹	+1,04·10 ¹²
¹³⁵ Xe	3·10 ¹³	1,71·10 ¹¹	2,46·10 ⁹	+1,69·10 ¹¹
^{138**} Xe	8,06·10 ¹²	3,19·10 ¹⁰	3,79·10 ¹⁰	-60,0·10 ⁹
¹³¹ I	5·10 ⁹	5,18·10 ⁷	7,79·10 ⁵	+5,10·10 ⁷
⁶⁰ Co	5·10 ⁹	3,90·10 ⁷	6,32·10 ⁵	+3,84·10 ⁷
¹³⁴ Cs	9·10 ⁸	2,10·10 ⁷	6,48·10 ⁵	+2,04·10 ⁷
¹³⁷ Cs	2·10 ⁹	2,94·10 ⁷	7,42·10 ⁵	+2,87·10 ⁷

Примечание: увеличение выбросов обусловлено вводом нормативов ПДВ от 08.06.2021 №ГН-ВР-0018 «На выбросы радиоактивных веществ в атмосферный воздух».

В соответствии с требованиями «Положения о годовых отчётах по оценке состояния безопасной эксплуатации энергоблоков атомных станций» (СТО 1.1.1.04.001.0143–2015), в случае, если существующими на АЭС приборами и методами некоторые радионуклиды, нормируемые в выбросах, не определяются, фактическому выбросу нормируемого радионуклида присваивается значение ½ произведения нижнего предела измерения на суммарный объём выброса.

Суммарные выбросы радионуклидов большинства радионуклидов увеличились. Фактические годовые газоаэрозольные радиоактивные выбросы Ростовской АЭС в атмосферу в 2021 г. составляли от 0,04 до 6,1 % допустимых выбросов.

Сбросы ПЛК на Ростовской АЭС осуществляются через сбросной канал в водоём-охладитель. Отработанная хозяйственная вода поступает на очистные сооружения АЭС и затем в водоём-охладитель. Объём сброса технических вод в водоём-охладитель в 2021 г. составил 135·10³ м³. Водоём-охладитель Ростовской АЭС, созданный путём отсечения прибрежного участка Цимлянского водохранилища плотиной с фильтрующей дамбой, имеет площадь 18 км², среднюю глубину 3,3 м, средний объём воды 6·10⁷ м³. Длина плотины водоёма-охладителя составляет 9,8 км, а дамбы и отводящего канала – 4,5 км. Единственным путём поступления радионуклидов с АЭС в Цимлянское водохранилище является их фильтрация с водой из водоёма-охладителя через дамбу (1,1·10⁷ м³/год).

В 2021 г., по данным Ростовской АЭС, содержание радионуклидов в сбросных водах в водоём-охладитель было ниже МДА.

Радиационный мониторинг в 30-км зоне в районе расположения Ростовской АЭС осуществляют три подразделения отдела радиационной безопасности (ОРБ): участок радиационного контроля (УРК); аналитическая группа (АГ); участок радиационного контроля окружающей среды (УРКОС). Мониторинг радиоактивного загрязнения окружающей природной среды в 100-км зоне вокруг АЭС осуществляет Северо-Кавказское УГМС.

В 2021 г. ОРБ на промплощадке в СЗЗ и ЗН для последующего анализа отбирались пробы:

- аэрозолей в 10 точках с помощью фильтро-вентиляционных установок (средний объём прокачанного воздуха – 400 м³/ч);
- атмосферных выпадений с помощью 18 кювет (семь из них в резерве) площадью 0,16 и 0,31 м² и высотой бортиков 15–20 см с месячной экспозицией;
- почвы на глубину 5 см от поверхности один раз в год;
- водных объектов (сбросные воды, водоём-охладитель, Цимлянское водохранилище вдоль плотины пруда-охладителя, сеть питьевого водоснабжения и подземные воды из НС);
- донных отложений и водорослей в водоёме-охладителе и Цимлянском водохранилище;
- сельскохозяйственных продуктов окрестных хозяйств.

Кроме того, контролировались МАЭД и поглощённая доза на местности.

Мониторинг содержания радионуклидов в пробах проводился следующими аттестованными средствами контроля: стационарным и передвижным спектрометрами «Гамма-плюс», СКС-07П «Кондор», DSA-1000, Canberra, Quantulus-1220, Tri_Carb 3110 TR, радиометрами УМФ-2000. Контроль поглощённой дозы на местности проводился с помощью термолюминесцентных дозиметров типа Harshaw, размещённых в 17 пунктах и экспонируемых 12 месяцев. Измерение МАЭД проводилось с помощью переносных дозиметра КП-АД6, дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М и 22 стационарных автоматизированных постов контроля на базе УМКС-99Р «Атлант-М» в составе АСКРО. Для экспрессного мониторинга радиационной обстановки по пяти маршрутам вокруг АЭС использовалась передвижная радиологическая лаборатория.

Расположение пунктов радиационного мониторинга Северо-Кавказского УГМС в 100-км зоне Ростовской АЭС приведено на рис. 3.9.1.

В 2021 г. Северо-Кавказским УГМС в 100-км зоне Ростовской АЭС проводились наблюдения за МАЭД на семи станциях каждые 3 часа, на шести из них проводился отбор проб выпадений с помощью планшетов с суточной экспозицией и на одной – в г. Цимлянске – отбор 5-суточных проб аэрозолей с помощью ВФУ. В Цимлянске также в течение года отбирались месячные пробы осадков для определения содержания в них трития.

Радиометрической лабораторией Северо-Кавказского УГМС суточные пробы выпадений и аэрозолей обрабатывались и анализировались на $\Sigma\beta$. Радиоизотопный анализ объединённых за месяц проб аэрозолей и объединённых за квартал проб выпадений, а также анализ проб осадков на тритий проводились в ФГБУ «НПО «Тайфун».

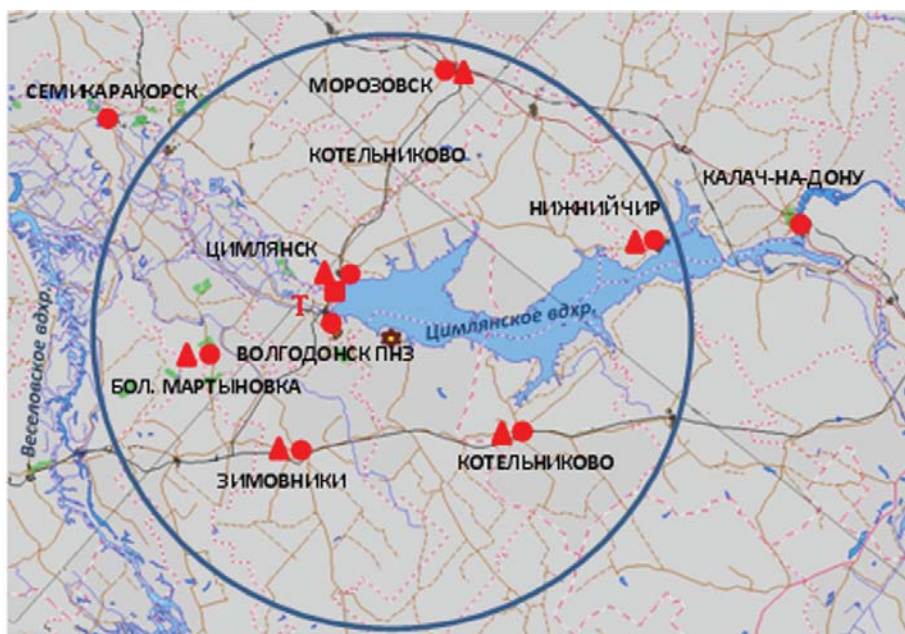


Рис. 3.9.1. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг Ростовской АЭС:

- ★ – АЭС;
- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – отбор проб атмосферных аэрозолей;
- Т – отбор проб атмосферных осадков.

Приземная атмосфера

Данные Северо-Кавказского УГМС об объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе представлены в табл. 3.9.2.

Таблица 3.9.2

Объёмные значения $\Sigma\beta$ в приземном слое воздуха в 100-км зоне Ростовской АЭС, 10^{-5} Бк/м³ (данные Северо-Кавказского УГМС)

Пункт наблюдения		Месяц												Среднее	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.
Цимлянск	с	6,1	5,1	3,1	6,9	4,9	6,4	11,9	6,9	6,0	11,1	4,5	4,1	6,4	7,8
	м	9,2	15,3	6,7	15,1	6,8	10,0	28,9	12,3	13,5	21,2	8,7	9,8		

Из табл. 3.9.2 видно, что в 2021 г. среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в воздухе г. Цимлянка, расположенного в ЗН АЭС, уменьшилась в 1,2 раза по сравнению с 2020 г. и составила $6,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что в 1,3 раза ниже средневзвешенной по территории Юга ЕТР объёмной $\Sigma\beta$ ($8,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³).

Данные радиоизотопного анализа проб аэрозолей из г. Цимлянка за 2017–2021 гг. приведены в табл. 3.9.3. В 2021 г. среднегодовая объёмная активность ¹³⁷Cs уменьшилась в 3,0 раза, по сравнению с 2020 г., и составила $2,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 1,4 раза ниже средневзвешенного значения по Югу ЕТР ($3,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

Среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в 2021 г. в г. Цимлянске была в 1,2 раза ниже средневзвешенного значения объёмной активности по территории Юга ЕТР и составляла $0,91 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Наблюдаемые в воздухе г. Цимлянка объёмные активности радионуклидов на семь порядков ниже ДОА_{НАС} по НРБ-99/2009 [2].

Таблица 3.9.3

**Объёмные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое воздуха г. Цимлянска, 10^{-7} Бк/м³
(данные НПО «Тайфун»)**

Пункт наблюдения	Год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Среднее за год	Средневзвешенное по территории Юга ЕТР	
^{137}Cs								
Цимлянск	2017	1,1	2,0	2,5	0,6	1,5	2,9	
	2018	2,4	3,5	2,1	2,0	2,5	2,8	
	2019	2,4	2,9	2,6	1,2	2,3	2,8	
	2020	3,3	14	5,1	7,4	7,4	6,4	
	2021	1,3	4,4	2,2	2,3	2,5	3,6	
^{90}Sr								
Цимлянск	2017	0,45			2,50		1,48	0,87
	2018	0,87			0,51		0,69	1,06
	2019	0,44			0,30		0,37	0,47
	2020	0,64			0,10		0,42	1,20
	2021	0,67			1,15		0,91	1,07

По данным ОРБ Ростовской АЭС, в 2021 г. среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в атмосфере СЗЗ, ЗН и КП составляла $4,3 \cdot 10^{-7}$, $3,0 \cdot 10^{-7}$ и $3,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ соответственно. Объёмная активность ^{60}Co и ^{134}Cs в СЗЗ, ЗН и КП была ниже минимально детектируемой активности используемой аппаратуры.

Среднегодовые суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в пунктах наблюдения 100-км зоны Ростовской АЭС, по данным Северо-Кавказского УГМС, в 2021 г. составляли 0,5–1,1 Бк/м²·сут (табл. 3.9.4), в двух пунктах наблюдения уменьшились и в двух пунктах превысили средневзвешенные по Югу ЕТР выпадения (0,73 Бк/м²·сут).

Таблица 3.9.4

Среднемесячные (с) и максимальные (м) суточные величины $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне Ростовской АЭС, Бк/м²·сут (данные Северо-Кавказского УГМС)

Пункт наблюдения		Месяц												Среднее	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.
Зимовники	с	0,87	0,43	0,52	0,87	0,47	0,45	0,44	0,59	0,44	0,64	0,58	0,48	0,6	0,6
	м	5,74	1,28	1,10	4,08	0,95	1,05	1,18	1,20	0,73	1,73	1,90	1,24		
Константиновск	с	0,61	0,33	0,40	0,61	0,50	0,50	0,49	0,52	0,44	0,46	0,54	0,60	0,5	0,7
	м	1,08	0,70	0,80	1,70	0,98	2,03	0,88	1,14	1,50	1,13	1,59	1,83		
Котельниково	с	0,64	0,65	0,81	0,78	0,70	0,71	0,80	0,67	0,78	0,79	0,80	0,98	0,8	0,7
	м	1,38	1,24	1,81	1,38	1,24	1,19	1,29	1,43	1,48	1,56	1,95	1,86		
Морозовск	с	0,62	0,57	0,54	0,46	0,39	0,44	0,47	0,55	0,44	0,46	0,45	0,52	0,5	0,6
	м	2,54	1,75	2,08	1,00	0,88	1,00	0,75	1,38	1,23	1,50	0,79	1,59		
Нижний Чир	с	0,97	0,81	0,62	0,84	0,56	0,54	0,57	0,69	0,64	0,80	0,59	0,76	0,7	0,6
	м	3,18	2,00	1,27	1,98	1,20	1,08	0,88	2,10	2,30	2,63	1,43	2,14		
Цимлянск	с	3,15	1,01	1,08	0,98	0,75	0,69	0,75	1,07	1,06	0,50	0,80	0,92	1,1	1,0
	м	17,41	4,68	3,06	3,16	1,88	2,73	2,63	2,46	3,58	0,98	3,56	3,73		

По данным ОРБ Ростовской АЭС, в 2021 г. выпадения радионуклидов в СЗЗ, ЗН и КП были ниже минимально детектируемой активности.

Результаты проведённого в ФГБУ «НПО «Тайфун» анализа проб атмосферных осадков показали, что в 2021 г. среднегодовая объёмная активность трития в осадках в ЗН Ростовской АЭС (г. Цимлянск) составляла 1,55 Бк/л и незначительно отличалась от усреднённой по всем пунктам РФ среднегодовой объёмной активности трития в осадках (1,52 Бк/л).

Почва, растительность, вода, донные отложения

В пробах почвы, отобранных ОРБ Ростовской АЭС в СЗЗ, ЗН и контрольном пункте (с. Дубовское) в 2021 г., содержание ^{137}Cs составляло: в СЗЗ – 0,097 кБк/м², в ЗН – 0,57 кБк/м² и в с. Дубовское – 0,62 кБк/м². Содержание ^{134}Cs было менее 0,05; 0,06 и 0,06 кБк/м² в СЗЗ, ЗН и КП соответственно. Среднегодовое содержание ^{60}Co в 2021 г. в СЗЗ, ЗН и КП было менее 0,05; 0,05 и 0,06 кБк/м² соответственно.

Пробы растительности отбираются на тех же контрольных участках, где отбираются пробы почвы, один раз в год. Отбираются пробы луговых растений естественного произрастания. Пробу растительности составляют из пяти образцов, отобранных в центре и по углам квадрата со стороной 10 м. Траву срезают ножом или серпом до основания. В пределах указанного квадрата отбирают пробу растительности общей массой не менее 2 кг. Среднегодовое содержание ^{137}Cs в СЗЗ составляло <0,29 Бк/кг; в ЗН – <0,31 Бк/кг; в КП – <0,30 Бк/кг.

Результаты измерений ОРБ проб воды показали, что в 2021 г. объёмная активность ^{137}Cs и ^{60}Co в водах Цимлянского водохранилища и водоёме-охладителя была ниже минимально детектируемой активности. Содержание трития в пробах воды Цимлянского водохранилища ниже минимально детектируемой активности (1,1 Бк/л), а в водоёме-охладителе – 46,0 Бк/кг.

В 2021 г. объёмная активность $\Sigma\beta$ в питьевой воде (г. Волгодонск, ст. Подгоренская, ст. Жуковская, промплощадка АЭС, с. Дубовское) составляла от 0,10 до 0,14 Бк/кг. Результаты контроля объёмной активности радионуклидов в питьевой воде показали, что содержание гамма-излучающих радионуклидов, стронция-90 и трития ниже минимально детектируемой активности.

Донные отложения из водоёмов отбирались ОРБ Ростовской АЭС вблизи береговой линии и представляли собой заиленный песок. Среднегодовая удельная активность ^{137}Cs и ^{60}Co в донных отложениях Цимлянского водохранилища была менее 1,1 Бк/кг в.-с.; в донных отложениях водоёма-охладителя – 2,4 Бк/кг в.-с. по ^{137}Cs и менее 1,3 Бк/кг в.-с. – по ^{60}Co .

На территории Ростовской АЭС в районах потенциальных источников радиоактивного загрязнения грунтовых вод расположены наблюдательные скважины, предназначенные для мониторинга радиоактивности подземных вод и идентификации возможного источника загрязнений.

Продукты питания местного производства

Пробы продуктов питания отбирались в следующих пунктах: ст. Жуковская, ст. Подгоренская, г. Волгодонск, а также в с. Дубовское. Рыба отбиралась из водоёма-охладителя и Цимлянского водохранилища.

Радиоизотопный анализ сельскохозяйственной продукции (пшеницы, корнеплодов, овощей), животноводческой продукции (мяса, молока, куриных яиц), выловленной рыбы, а также ягод и фруктов из хозяйств, расположенных на территории ЗН Ростовской АЭС, проведённый ОРБ, показал, что в 2021 г., как и в предыдущем, содержание в них ^{137}Cs было ниже минимально детектируемой активности.

Полученные значения $\Sigma\beta$ во всех обследованных продуктах питания не превышали значений нулевого фона.

Радиационный фон на местности

Среднегодовая МАЭД в 2021 г. на промплощадке, в СЗЗ, ЗН и КП (г. Цимлянск), по данным постов АСКРО Ростовской АЭС, составляла 0,08; 0,10 и 0,10 мкЗв/ч соответственно, при максимальном измеренном значении 0,12 мкЗв/ч.

По данным семи пунктов наблюдения за МАЭД Северо-Кавказского УГМС, среднегодовая МАЭД изменялась по пунктам 100-км зоны АЭС от 0,10 до 0,15 мкЗв/ч, что соответствует естественному гамма-фону.

Годовая доза на местности вокруг Ростовской АЭС, измеренная с помощью системы термолюминесцентных дозиметров в районе размещения АЭС (в 16 пунктах) и в КП (с. Дубовское), составила в СЗЗ – от 0,54 до 0,81 мЗв; в ЗН – от 0,56 до 0,74 мЗв, в контрольном пункте – 0,79 мЗв.

Таким образом, по наблюдениям, проведённым Северо-Кавказским УГМС и ОРБ Ростовской АЭС, можно сделать вывод, что значимого влияния Ростовской АЭС в 2021 г. на загрязнение объектов окружающей среды в 100-км зоне вокруг неё не выявлено. С учётом потенциальной радиационной опасности АЭС мониторинг радиационной обстановки в районе её расположения необходимо продолжить.

3.10. Смоленская АЭС

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Смоленская атомная станция» (Смоленская АЭС, далее – САЭС) расположен на юге Смоленской области, в 3 км от г. Десногорска, 35 км от г. Рославля. Ближайшие региональные центры находятся на следующем удалении от АЭС: Смоленск – 150 км, Брянск – 180 км, Москва – 350 км. Основной водной артерией в районе расположения САЭС является р. Десна с притоками, впадающая в р. Днепр, на которой для промышленного водоснабжения построено водохранилище площадью зеркала 42,2 км². Плотины расположена в месте впадения в р. Десну её правого притока – р. Сельчанки, в 7 км от п. Екимовичи.

На САЭС эксплуатируются три энергоблока (№ 1 и № 2 – первая очередь, № 3 – вторая очередь), введённые в эксплуатацию в 1982, 1985 и 1990 гг. соответственно с уран-графитовыми канальными реакторами РБМК-1000 одноконтурного типа общей проектной электрической мощностью 3000 МВт.

СЗЗ САЭС определена кругом радиусом 3 км. Размер ЗН для первой и второй очереди САЭС определён кругом радиусом 30 км с центром по оси вентиляционной трубы главного корпуса первой очереди. Площадь ЗН – 2797,7 км². Территория ЗН захватывает земли Рославльского, Починковского и Ельнинского районов Смоленской области, Куйбышевского района Калужской области и Рогнединского района Брянской области. Численность населения, проживающего в ЗН САЭС, составляет 125,9 тыс. человек: городское – 104,7 тыс. человек, сельское – 21,9 тыс. человек.

На территории промплощадки второй очереди САЭС находится комплекс зданий, входящих в систему обращения радиоактивных отходов, в которую входят ХЖТО, ХЖО и ХЖО-2. Для хранения отработавшего ядерного топлива оборудовано ХОЯТ, расположенное на территории промплощадки второй очереди.

В конце 2017 г. введён в эксплуатацию комплекс переработки радиоактивных отходов САЭС.

Поступление радионуклидов в окружающую среду с газоаэрозольными выбросами происходит на САЭС через вентиляционные трубы (ВТ-1, ВТ-2). Содержание регламентируемых радионуклидов в газоаэрозольных выбросах САЭС в 2021 г. представлено в табл. 3.10.1, там же для сравнения приведены данные за 2020 год.

Таблица 3.10.1

Выбросы регламентируемых радионуклидов в атмосферу на САЭС, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
⁴¹ Ar	-	87,71·10 ¹²	43,88·10 ¹²	+43,83·10 ¹²
⁸⁷ Kr	-	10,34·10 ¹²	9,83·10 ¹²	+0,51·10 ¹²
⁸⁸ Kr	-	6,76·10 ¹²	5,45·10 ¹²	+1,31·10 ¹²
¹³³ Xe	-	1,49·10 ¹²	21,27·10 ¹²	-19,78·10 ¹²
¹³⁵ Xe	-	10,77·10 ¹²	6,94·10 ¹²	+3,83·10 ¹²
³ H	1,18·10 ¹⁵	1,21·10 ¹⁰	1,26·10 ¹⁰	-5,0·10 ⁸
¹⁴ C	1,81·10 ¹³	2,06·10 ⁹	2,12·10 ⁹	-6,0·10 ⁷
⁶⁰ Co	2,50·10 ⁹	30,99·10 ⁶	42,59·10 ⁶	-1,16·10 ⁷
¹³¹ I	9,30·10 ¹⁰	8,84·10 ⁶	36,11·10 ⁶	-27,27·10 ⁶
¹³³ I	1,33·10 ¹³	9,39·10 ⁶	7,54·10 ⁶	+1,85·10 ⁶

Примечание: - - данные отсутствуют.

Из табл. 3.10.1 видно, что в 2021 г. увеличились выбросы радионуклидов из группы ИРГ (кроме ¹³³Xe) и ¹³³I. Наибольший вклад в абсолютную величину активности выброса вносят радионуклиды из группы ИРГ. Выбросы всех нормируемых радионуклидов в 2021 г. не превышали соответствующих допустимых выбросов. Среднесуточные и среднемесячные выбросы регламентируемых радионуклидов не превышали установленных контрольных уровней для САЭС.

В качестве водоёма-охладителя на САЭС используется Десногорское водохранилище. Поступление радионуклидов в Десногорское водохранилище с дебалансными водами САЭС реализуется следующим образом: из контрольных баков чистого конденсата через техводовод и закрытый отводящий канал – в р. Сельчанку и/или р. Гнезду и далее – в водоём-охладитель; из баков душевых вод санпропускников через очистные сооружения ХФК – в водоём-охладитель; из баков приёмки вод пожаротушения через очистные сооружения ПЛК – в водоём-охладитель.

Данные о сбросах радионуклидов со сточными водами САЭС в 2020–2021 гг. приведены в табл. 3.10.2.

Таблица 3.10.2

Сбросы радионуклидов со сточными водами в открытую гидрографическую сеть на САЭС, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый сброс	Фактический сброс		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
³ H	3,13·10 ¹²	7,91·10 ¹⁰	1,25·10 ¹¹	-4,59·10 ¹⁰
⁵¹ Cr	1,13·10 ¹²	-	3,62·10 ⁵	-
⁵⁴ Mn	1,69·10 ¹⁰	8,61·10 ⁴	2,87·10 ⁵	-2,01·10 ⁵
⁵⁹ Fe	2,38·10 ¹⁰	-	2,50·10 ⁵	-
⁹⁵ Zr	1,96·10 ¹¹	-	2,48·10 ⁵	-
¹³⁷ Cs	2,99·10 ⁹	2,71·10 ⁶	2,46·10 ⁶	+2,50·10 ⁵

Примечание: - - данные отсутствуют.

Общий объём сброса сточных вод в 2021 г. составил 29 242 м³. Из приведённых в табл. 3.10.2 данных видно, что в 2021 г., по сравнению с 2020 г., незначительно (в 1,1 раза) выросли

сбросы ^{137}Cs и составили 0,09 % допустимого. Наибольший вклад в активность сброса вносит тритий. Сброс трития в 2021 г., по сравнению с 2020 г., снизился в 1,6 раза и составил 2,5 % допустимого.

Радиационный мониторинг окружающей среды в СЗЗ и ЗН САЭС осуществляется ЛВРК САЭС, а в 100-км зоне САЭС – Центральным УГМС и УГМС ЦЧО, а также Республиканским центром по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды (Белгидромет) Республики Беларусь.

В СЗЗ и ЗН САЭС в 2021 г. ЛВРК САЭС осуществлялся контроль следующих характеристик окружающей среды:






- объёмной активности радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы аспирационным методом с экспозицией 10 дней с использованием установок воздухофильтрующих УВФ-2, расположенных на постах постоянного наблюдения и мобильном посту;
- активности радиоактивных выпадений на местности с помощью кювет из нержавеющей стали размером 50×50 см и высотой 10 см, установленных в СЗЗ и ЗН, экспонируемых в течение 30 дней;
- содержания радионуклидов в воде открытых водоёмов, донных отложениях, водной растительности и рыбе открытых водоёмов в районе САЭС;
- содержания радионуклидов в почве в пунктах постоянного наблюдения; пробы отбирались один раз в год;
- содержания радионуклидов в продуктах питания, производящихся в хозяйствах, расположенных в ЗН САЭС; отбор проб проводился один раз в год после сбора урожая;
- МАЭД гамма-излучения на постах постоянного наблюдения с периодичностью один раз в 10 дней переносными приборами, а также непрерывно с помощью системы АСКРО САЭС;
- годовой дозы на местности термомлюминесцентными дозиметрами RADOS, размещёнными на 25 постах постоянного наблюдения 30-км зоны АЭС.

Белгидрометом в 2021 г. на юго-западе 100-км зоны САЭС на территории Республики Беларусь (рис. 3.10.1) в г. Мстиславле проводилось измерение МАЭД, контролировались радиоактивные выпадения из приземного слоя атмосферы (отбор проб производился с помощью горизонтальных планшетов) с определением $\Sigma\beta$, производился ежедневный отбор проб радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы с использованием ВФУ.

В 100-км зоне САЭС в 2021 г. Центральным УГМС и УГМС ЦЧО на семи стационарных пунктах проводились наблюдения за МАЭД и на четырёх пунктах – наблюдения за атмосферными выпадениями (рис. 3.10.1).



Рис. 3.10.1. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг САЭС:

-  – АЭС;
-  – наблюдения за гамма-фоном;
-  – отбор проб атмосферных выпадений;
-  – отбор проб атмосферных аэрозолей;
-  – планируемые наблюдения.

Приземная атмосфера

В табл. 3.10.3 приведены среднегодовые объёмные активности радионуклидов в воздухе в СЗЗ и ЗН САЭС в 2021 году. Из всех техногенных радионуклидов, разрешённых к выбросу, в 2021 г. достоверно определялись только ^{60}Co и ^{137}Cs . Отсутствующий в составе глобального радиоактивного фона ^{60}Co регистрировался в СЗЗ и ЗН. Значение среднегодовой объёмной активности ^{60}Co в 2021 г., по сравнению с 2020 г., уменьшилось в СЗЗ и стало определяться в ЗН. Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в СЗЗ и ЗН АЭС в 2021 г. была выше средневзвешенного значения, наблюдавшегося в Центре ЕТР ($3,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), в 3 и 1,9 раза соответственно. В целом в 2021 г. объёмные активности всех радионуклидов в воздухе СЗЗ и ЗН были на семь-восемь порядков ниже допустимых по НРБ-99/2009 [2].

Таблица 3.10.3

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в приземном воздухе в районе САЭС, 10^{-7} Бк/м³ (данные ЛВРК САЭС)

Место отбора проб	^{137}Cs		^{134}Cs		^{60}Co	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
СЗЗ	10,9	16,3	< 2,77	< 2,91	40,3	50,2
ЗН	6,8	13,0	< 2,84	< 2,86	4,15	< 4,08

По данным Белгидромета, среднемесячная объёмная $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы г. Мстиславля (рис. 3.10.1) в 2021 г. колебалась в пределах $(2,96\text{--}36,7) \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в Мстиславле составила $20,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что ниже уровня средневзвешенной объёмной $\Sigma\beta$ по Центру ЕТР ($21,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в приземном слое

воздуха г. Мстиславля в 2021 г. составила $24,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Содержание ¹³⁷Cs в воздухе г. Мстиславля в 3,5 раза выше, чем в ЗН САЭС, и в 6,7 раза выше средневзвешенного значения, наблюдавшегося в Центре ЕТР ($3,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³).

По данным ежедневных наблюдений Центрального УГМС и УГМС ЦЧО, представленных в табл. 3.10.4, среднемесячные суточные значения Σβ атмосферных выпадений в течение 2021 г. в 100-км зоне вокруг АЭС не превышали 1,2 Бк/м²·сут (г. Спас-Деменск, в январе), среднегодовые значения были ниже средневзвешенного значения для Центра ЕТР (1,38 Бк/м²·сут), изменяясь в пределах 0,4–0,7 Бк/м²·сут.

Таблица 3.10.4

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения Σβ атмосферных выпадений в 100-км зоне вокруг САЭС в 2021 г., Бк/м²·сут (данные Центрального УГМС и УГМС ЦЧО)

Пункт наблюдения		Месяц												Среднее	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.
Ельня	с	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,8	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5
	м	1,4	1,4	1,1	0,8	1,0	0,8	1,1	3,3	1,2	0,8	0,8	0,6		
Смоленск	с	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,6	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
	м	1,4	0,9	1,2	1,1	1,3	0,9	1,0	1,8	1,0	0,8	0,9	0,7		
Жуковка*	с	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6
	м	1,0	1,3	1,2	1,5	1,3	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,7	2,4		
Спас-Деменск	с	1,2	0,5	0,8	0,7	1,1	0,5	0,5	0,5	0,8	0,5	0,6	0,4	0,7	1,2
	м	3,4	1,1	3,0	3,0	2,6	3,9	2,6	2,3	3,1	3,2	3,3	1,6		

Примечание: * – данные УГМС ЦЧО.

В выпадениях на территории СЗЗ и ЗН из техногенных радионуклидов ЛВРК САЭС был зарегистрирован только ¹³⁷Cs со значениями $2,4 \cdot 10^{-3}$ и $2,3 \cdot 10^{-3}$ Бк/м²·сут соответственно. Содержание ¹³⁷Cs не превосходило значений нулевого фона (0,2 Бк/м²·сут). Выпадения ¹³⁴Cs и ⁶⁰Co были ниже МДА как в ЗН, так и в СЗЗ.

Вода, донные отложения

В воде рек Сельчанки и Гнезды, в местах сброса дебалансных вод САЭС, а также в воде р. Десны ЛВРК САЭС в 2021 г. из контролируемых техногенных радионуклидов регистрировался только ¹³⁷Cs со среднегодовой объёмной активностью 1,2; 1,0 и 1,1 мБк/л соответственно, что меньше значения в контрольной точке 1,3 мБк/л. Контрольная точка находится на р. Десне выше сбросов с САЭС. Зарегистрированные в воде открытых водоёмов объёмные активности ¹³⁷Cs были на четыре порядка ниже УВ по НРБ-99/2009 [2].

Пробы донных отложений в водоёмах в районе САЭС отбирались ЛВРК один раз в год осенью на глубоких местах дночерпателем. Результаты обследования представлены в табл. 3.10.5.

Таблица 3.10.5

Удельная активность радионуклидов в донных отложениях водоёмов в районе САЭС, Бк/кг с.-м. (данные ЛВРК САЭС)

Место отбора проб	¹³⁷ Cs		⁶⁰ Co	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
р. Соложа	13	22	< 1,6	< 1,9
д. Трояново	2,5	< 1,9	< 1,7	< 1,7
Очистные сооружения	1,5	4,6	< 1,1	< 1,4
Плотина	2,5	1,8	< 1,5	< 1,3
Городской пляж	< 1,6	< 0,97	< 1,1	< 0,98
р. Десна ниже плотины	2,6	< 2,4	< 1,7	< 1,7
Контрольная точка (р. Десна выше сбросов, в месте впадения р. Соложи в р. Десну)	2,2	11	< 1,4	< 2,0

В 2021 г. в донных отложениях всех исследованных водоёмов в районе САЭС из контролируемых радионуклидов регистрировался только ^{137}Cs . Максимальное значение удельной активности ^{137}Cs в пробах донных отложений наблюдалось в р. Соложе, которая находится выше по течению сбросов с САЭС. Активность ^{137}Cs в данной точке обусловлена не сбросами с САЭС, а глобальными выпадениями его вследствие испытаний ядерного оружия и аварии на Чернобыльской АЭС.

Водная растительность отбиралась один раз в год осенью в местах сброса в водоём-охладитель. По данным САЭС, из ^{60}Co , ^{134}Cs и ^{137}Cs достоверно определялся только ^{137}Cs в месте сброса в р. Сельчанка (17,4 Бк/кг) и р. Гнезда (22,5 Бк/кг).

Почва, продукты питания местного производства

В табл. 3.10.6 приведены данные ЛВРК САЭС за 2020–2021 гг. о плотности загрязнения радионуклидами почвы в СЗЗ, ЗН и контрольном пункте в д. Холмец. В пробах почвы регистрировался только ^{137}Cs , содержание других техногенных радионуклидов было ниже МДА. В 2021 г., по сравнению с 2020 г., содержание ^{137}Cs в почве СЗЗ выросло в 1,4 раза, в ЗН – уменьшилось в 2,3 раза, оставаясь ниже уровня средних значений за последние 5 лет.

Таблица 3.10.6

Содержание радионуклидов в почве в районе САЭС, кБк/м² (данные ЛВРК САЭС)

Радионуклид	СЗЗ		ЗН		Контрольный пункт	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
^{137}Cs	0,26	0,18	0,53	1,2	< 0,07	1,3
^{134}Cs	< 0,08	< 0,06	< 0,08	< 0,07	< 0,08	< 0,09
^{60}Co	< 0,09	< 0,07	< 0,10	< 0,08	< 0,10	< 0,11

Содержание ^{137}Cs в продуктах питания и растительности в окрестностях САЭС в 2021 г. было значительно ниже нормативов по СанПиН-01[3] и ниже МДА для всех продуктов питания. МДА для ^{137}Cs не превышали: в рыбе – 1,9, в грибах – 2,6, в ягодах – 2,5, в молоке – 1,2, в картофеле – 2,5 Бк/кг, в растительности – 4,2 (СЗЗ), 2,4 (ЗН), 3,5 (контрольный пункт) сырой массы.

Радиационный фон на местности

Среднегодовая величина МАЭД, по данным АСКРО САЭС, в 2021 г. в СЗЗ составляла 0,11 мкЗв/ч, в ЗН – 0,09 мкЗв/ч. По данным маршрутных обследований, на территории СЗЗ и ЗН САЭС среднее значение МАЭД было равным 0,12 и 0,09 мкЗв/ч соответственно, что находится на уровне значений в контрольном пункте (г. Рославль, 0,08 мкЗв/ч). Максимальные значения МАЭД не превышали 0,14 мкЗв/ч.

По данным ежедневных наблюдений Центрального УГМС и УГМС ЦЧО, в 2021 г. среднемесячные значения МАЭД в разных пунктах 100-км зоны вокруг САЭС изменялись в пределах от 0,10 до 0,16 мкЗв/ч, что соответствует природным флуктуациям естественного гамма-фона.

Данные оперативного мониторинга автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) Белгидромета свидетельствуют о том, что в 2021 г. радиационная обстановка на контролируемом участке 100-км зоны вокруг САЭС оставалась стабильной. Среднегодовое значение МАЭД в г. Мстиславле не превышало уровня естественного радиационного фона (до 0,20 мкЗв/ч).

Пространственное распределение годовой поглощённой дозы внешнего облучения на местности, характеризующее величину суммарного воздействия природных и техногенных факторов, практически не зависело от расстояния и направления от САЭС, а диапазон измеренных значений годовых

поглощённых доз варьировался для СЗЗ и ЗН в пределах (0,76–0,90) мГр, что находится на уровне естественного радиационного фона, сложившегося до пуска САЭС («нулевой фон» – 0,79 мГр).

Из анализа приведённых выше данных следует, что САЭС оказывает незначительное влияние на радиационную обстановку в зоне наблюдений. В приземной атмосфере СЗЗ САЭС наблюдается отсутствующий в составе глобального радиоактивного фона ^{60}Co и превышен региональный уровень по объёмной активности ^{137}Cs в воздухе ЗН, наблюдаемые объёмные активности которых в воздухе на восемь порядков ниже нормативных уровней, установленных НРБ-99/2009 [2]. С учётом потенциальной радиационной опасности АЭС мониторинг радиационной обстановки в районе её расположения необходимо продолжить.

3.11. ФГУП «ПО «Маяк»

Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Маяк» (ФГУП «ПО «Маяк») находится на восточном склоне Южного Урала, в междуречье рек Теча и Мишеляк, вблизи городов Кыштым и Касли, на территории Озёрского городского округа.

Предприятие создавалось в конце 40-х годов прошлого века для получения оружейного плутония и переработки делящихся материалов. В настоящее время производство оружейного плутония прекращено, и на предприятии созданы гражданские производства ядерно-топливного цикла, радиоактивных источников и препаратов.

ФГУП «ПО «Маяк» входит в состав Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» и представляет собой производственный комплекс, включающий реакторное, химическое, химико-металлургическое, радиохимическое, радиоизотопное производство, приборно-механический завод, службу экологии и ряд обеспечивающих подразделений [12].

Радиационная обстановка в районе ФГУП «ПО «Маяк» сформировалась в основном в результате прошлой деятельности предприятия. В начальный период его работы (с 1949 г.) произошло загрязнение окружающей среды долгоживущими радионуклидами [13–15]. Причиной послужили как работа предприятия, в особенности радиохимического завода на первых этапах его функционирования в условиях неотработанных технологий производства оружейного плутония и, в меньшей степени – реакторного производства, так и ряд аварийных ситуаций.

Территория ФГУП «ПО «Маяк» (все основные производственные объекты предприятия) расположена на водосборной территории р. Течи и её притоков. Через р. Течу осуществляется русловый сток воды из Иртышско-Каслинской и Кыштымской систем озёр. Для осуществления производственной деятельности водный сток в верховье р. Течи был зарегулирован путём строительства новых и модернизации ранее существовавших плотин и проточных прудов. В 1949–1956 гг. жидкие РАО сбрасывались в р. Течу, поэтому пойма и донные отложения р. Течи загрязнены радионуклидами, а иловые отложения в верхней части реки рассматриваются как твёрдые РАО [16].

Для защиты открытой гидрографической сети от жидких РАО в верхней части р. Течи был сооружён Теченский каскад водоёмов (ТКВ): водоём В-3 (бывший Кокшаровский пруд), водоём В-4 (бывший Метлинский пруд), водоём-10 (В-10) и водоём-11 (В-11). Плотина № 10 сооружена в 1956 г., но из-за высоких темпов заполнения водоёма В-10 в 1964 г. была сооружена плотина № 11, которая образовала новый водоём В-11. Заполнение водоёма В-11 жидкими РАО начато в

1966 году. В Теченском каскаде водоёмов накоплено около $8 \cdot 10^{15}$ Бк долгоживущих β -активных радионуклидов [16]. Водоёмы являются источником поступления радионуклидов в приземный слой воздуха, поверхностные и подземные воды. Для перехвата поверхностного стока и снижения подземного фильтрационного питания вдоль правого и левого берегов ТКВ были сооружены левобережный (ЛБК) и правобережный (ПБК) каналы. ПБК является искусственным руслом р. Мишеляк, отводит сток реки вдоль правого склона долины р. Течи в обход водоёмов В-10 и В-11 ТКВ, и впадает в р. Течу ниже плотины В-11. ЛБК предназначен для отведения водного стока из озёр Иртышско-Каслинской системы в обход водоёмов ТКВ вдоль левого склона долины р. Течи [17]. Каналы соединяются ниже плотины П-11, замыкающей ТКВ и впадают в старое русло р. Течи. Таким образом:

– регулируемая разгрузка водного стока Иртышско-Каслинской системы озёр осуществляется через ЛБК;

– сток воды р. Мишеляк (правый приток р. Течи) происходит по ПБК.

Фильтрация загрязнённых вод в открытую гидрографическую систему р. Течи происходит через и под боковыми ограждающими дамбами в правобережный (ПБК) и левобережный (ЛБК) обводные каналы, сооружённые для сброса речных и паводковых вод вокруг Теченского каскада водоёмов, а также под телом плотины № 11 [17]. Для снижения фильтрационного поступления радионуклидов из водоёмов ТКВ сооружены и введены в опытную эксплуатацию шлюзы-регуляторы уровня воды на каналах (одного на ЛБК, двух на ПБК), выполнены опытные работы по экспериментальному созданию в теле боковой дамбы противофильтрационной завесы на основе щавелево-алюмосиликатного гелеобразующего раствора на участке интенсивной фильтрации из В-11 [17].

Водоёмы ТКВ в настоящее время являются ОИАЭ ПВХЖРО. Распространение загрязнённых подземных вод за пределы ТКВ не превышает 50–200 м от уреза воды. Фактически границей являются каналы правобережный (ПБК) и левобережный (ЛБК), в русла которых попадают воды, фильтрующиеся из ТКВ. Тем самым предотвращается дальнейшее продвижение загрязнённых радионуклидами фильтрационных вод за пределы санитарно-защитной зоны предприятия.

Прямой сброс радионуклидов в открытую гидрографическую сеть ФГУП «ПО «Маяк» не производит. Однако за счёт фильтрации из водоёмов Теченского каскада водоёмов (ТКВ) через боковые дамбы происходит поступление загрязнённой радионуклидами воды в ЛБК и ПБК. Поступление воды, загрязнённой радионуклидом ^{90}Sr с консольных водосбросов ЛБК и ПБК в р. Течу, является организованным выпуском сточных вод ФГУП «ПО «Маяк» в открытую гидрографическую сеть. На выпуск установлены нормативы допустимых сбросов (ДС) радионуклида ^{90}Sr в р. Течу и выдано разрешение на сброс радиоактивных веществ в водные объекты Уральского межрегионального территориального управления по надзору за ядерной и радиационной безопасностью [18].

Наиболее крупной из радиационных аварий и инцидентов, произошедших за время работы ФГУП «ПО «Маяк», был взрыв ёмкости с высокоактивными ЖРО 29 сентября 1957 года. В атмосферу было выброшено около $7,4 \cdot 10^{17}$ Бк радионуклидов, из которых около 90 % выпали на промышленной площадке предприятия, а остальные $7,4 \cdot 10^{16}$ Бк осели в прилегающем регионе, обусловив загрязнение части территорий Челябинской, Свердловской и Тюменской областей [19]. Эта загрязнённая территория впоследствии получила название Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС). В долгосрочном аспекте основную радиационную опасность на территории ВУРС

представляло наличие в выбросе долгоживущего ^{90}Sr . Весной 1967 г. произошло радиоактивное загрязнение территории, примыкающей к площадке ФГУП «ПО «Маяк», вследствие ветрового переноса загрязнённых донных отложений с обнажившихся берегов водоёма Карачай, использовавшегося в качестве хранилища ЖРО. В ветровой перенос было вовлечено около $2,2 \cdot 10^{13}$ Бк в основном ^{137}Cs и ^{90}Sr . Радиационная обстановка на этих загрязнённых территориях обсуждается в разделе 4.1.

К ноябрю 2015 г. акватория оз. Карачай была полностью ликвидирована (закрыта скальным грунтом), что исключает вынос радионуклидов с водной поверхности водоёма при аномальных метеоусловиях и повторения ситуации 1967 года. В настоящее время водоём Карачай остаётся источником радиоактивного загрязнения окружающей среды вблизи ФГУП «ПО «Маяк». В результате фильтрации происходит радиоактивное и химическое загрязнение подземных вод вокруг водоёма.

В соответствии с требованиями НРБ-99/2009 [2] и ОСПОРБ-99/2010 [6] вокруг промышленной зоны предприятия установлены СЗЗ и ЗН [20], размеры которых согласованы с органами Госсанэпиднадзора. Площадь СЗЗ, границы которой совпадают с границами промплощадки, составляет 256 км². В СЗЗ отсутствуют населённые пункты, отдельные жилые дома и объекты соцкультбыта. Площадь ЗН составляет около 1 800 км². СЗЗ, ЗН и зоны аварийного загрязнения – ВУРС, «цезиевый» след 1967 г., пойма р. Течи – составляют зону влияния предприятия.

По состоянию на 31.12.2020 г. общая площадь территории вокруг ФГУП «ПО «Маяк», загрязнённой радионуклидами, составляет 443,8 км² [12], из них 247,8 км² находятся в санитарно-защитной зоне, 196 км² – в зоне наблюдения.

В штатном режиме работы предприятия поступление радионуклидов в окружающую природную среду обусловлено удалением в атмосферу технологических вентиляционных выбросов, загрязнённых радионуклидами, сбросами жидких радиоактивных веществ, нетехнологических и хозяйственно-бытовых вод и захоронением жидких и твёрдых отходов всех уровней активности.

Данные о выбросах радионуклидов в атмосферу на ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г. приведены в табл. 3.11.1.

Таблица 3.11.1

Годовые выбросы радионуклидов в атмосферу на ФГУП «ПО «Маяк», Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^3H	$1,90 \cdot 10^{16}$	$1,27 \cdot 10^{15}$	$1,47 \cdot 10^{15}$	$-2,00 \cdot 10^{14}$
^{60}Co	$6,96 \cdot 10^8$	$1,47 \cdot 10^5$	$2,79 \cdot 10^5$	$-1,32 \cdot 10^5$
^{90}Sr	$9,55 \cdot 10^{10}$	$3,56 \cdot 10^8$	$4,08 \cdot 10^8$	$-5,20 \cdot 10^7$
^{95}Zr	$1,09 \cdot 10^9$	$5,30 \cdot 10^6$	$3,50 \cdot 10^6$	$+1,80 \cdot 10^6$
^{95}Nb	$4,45 \cdot 10^8$	$5,30 \cdot 10^6$	$3,50 \cdot 10^6$	$+1,80 \cdot 10^6$
^{106}Ru	$4,05 \cdot 10^{10}$	$1,77 \cdot 10^9$	$6,96 \cdot 10^8$	$+1,07 \cdot 10^9$
^{125}Sb	$3,48 \cdot 10^9$	$2,26 \cdot 10^7$	$2,27 \cdot 10^7$	$-1,00 \cdot 10^5$
^{129}I	$4,79 \cdot 10^{11}$	$5,12 \cdot 10^{10}$	$3,49 \cdot 10^{10}$	$+1,63 \cdot 10^{10}$
^{131}I	$7,48 \cdot 10^{11}$	$5,67 \cdot 10^7$	$4,58 \cdot 10^7$	$+1,09 \cdot 10^7$
^{134}Cs	$1,08 \cdot 10^{10}$	$6,03 \cdot 10^7$	$4,56 \cdot 10^7$	$+1,47 \cdot 10^7$
^{137}Cs	$6,83 \cdot 10^{10}$	$1,42 \cdot 10^9$	$1,46 \cdot 10^9$	$-4,00 \cdot 10^7$
^{144}Ce	$1,36 \cdot 10^{10}$	$1,74 \cdot 10^8$	$1,26 \cdot 10^8$	$+4,80 \cdot 10^7$
$^{239}\text{Pu}^*$	$1,03 \cdot 10^{10}$	$5,23 \cdot 10^8$	$5,44 \cdot 10^8$	$-2,10 \cdot 10^7$
^{41}Ar	$5,83 \cdot 10^{14}$	$2,81 \cdot 10^{13}$	$2,69 \cdot 10^{13}$	$+1,20 \cdot 10^{12}$
^{87}Kr	$2,57 \cdot 10^{14}$	$2,06 \cdot 10^{11}$	–	–
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	$2,19 \cdot 10^{14}$	$1,80 \cdot 10^{11}$	–	–
^{133}Xe	$4,66 \cdot 10^{14}$	$2,00 \cdot 10^{12}$	$1,44 \cdot 10^{11}$	$+1,86 \cdot 10^{12}$
^{135}Xe	$3,21 \cdot 10^{14}$	$6,79 \cdot 10^{12}$	$2,91 \cdot 10^{12}$	$+3,88 \cdot 10^{12}$

Примечание: * – группа альфа-излучающих радионуклидов.

Данные, представленные в табл. 3.11.1, показывают, что в 2021 г. выбросы составляли от 0,008 % (для ^{131}I) до 10,7 % (для ^{129}I) величин, разрешённых для предприятия. По сравнению с 2020 г., в 2021 г. увеличились выбросы ^{106}Ru в 2,6 раза, ^{95}Zr – в 1,5 раза, ^{129}I – в 1,5 раза, ^{131}I – в 1,2 раза, ^{134}Cs – в 1,3 раза, ^{95}Nb – в 1,5 раза, ^{135}Xe – в 2,3 раза. Выбросы ^{60}Co снизились в 1,9 раза, тогда как выбросы ^{41}Ar , ^{90}Sr , ^{125}Sb , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{239}Pu и ^3H остались примерно на уровне 2020 года.

Сбросы ^{90}Sr со сточными водами в открытую гидрографическую сеть на ФГУП «ПО «Маяк» в 2020–2021 гг. приведены в табл. 3.11.2.

Таблица 3.11.2

Сбросы ^{90}Sr со сточными водами ПО «Маяк» в открытую гидрографическую сеть, Бк

Наименование радионуклида*	Допустимый сброс	Фактический сброс		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^{90}Sr	$1,95 \cdot 10^{12}$	$2,04 \cdot 10^{10}$	$2,40 \cdot 10^{10}$	$-3,6 \cdot 10^9$

Примечание: * – по другим радионуклидам норматив допустимого сброса не установлен.

Из табл. 3.11.2 видно, что в 2021 г. сбросы ^{90}Sr остались примерно на уровне 2020 г. и не превышали утверждённого норматива по разрешённому сбросу радионуклида.

На ФГУП «ПО «Маяк» система радиационного и радиоэкологического контроля и мониторинга (СРКМ) в районе расположения предприятия была создана в 1951 г. и за прошедшие годы постоянно совершенствовалась и модернизировалась как в части внедрения новых современных аналитических методов выполнения измерений, расширения номенклатуры контролируемых параметров и числа пунктов контроля, так и путём оптимизации сети наблюдений [21]. После реализации на ФГУП «ПО «Маяк» ряда крупных природоохранных мероприятий (закрытие акватории водоёма Карачай, снижение сбросов радионуклидов в окружающую среду, оптимизация системы обращения с радиоактивными отходами и др.) произошло существенное (на один-два порядка величины) снижение объёмной активности техногенных радионуклидов в атмосфере [22].

Эксплуатация СРКМ осуществляется на основании «Программы радиационного и химического контроля в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» [23], которая регулярно (не реже одного раза в 3 года) пересматривается и утверждается в установленном порядке. Программой установлен объём радиационного контроля, его периодичность и определены места отбора проб. Количество точек контроля по Программе [23] в СЗЗ – 337, в ЗН – 149 (табл. 3.11.3).

СРКМ ФГУП «ПО «Маяк» включает в себя:

- выполнение большого объёма ежедневных (рутинных) измерений состояния ООС, предназначенных для гарантированного подтверждения соответствия текущей радиационной обстановки установленным требованиям и нормам. Такие измерения выполняются по упрощённым методикам с использованием типовых средств измерения (отбора проб) и относятся к радиационному контролю;
- периодического выполнения в рамках НИР трудоёмких и длительных прецизионных измерений и исследований, предназначенных для подтверждения правомерности используемых рутинных методов контроля.

В совокупности используемая система СРКМ удовлетворяет требованиям радиационного мониторинга. Многолетний опыт эксплуатации СРКМ показал её достоверность, оперативность и эффективность [24].

**Перечень измеряемых параметров и количество точек контроля в санитарно-защитной зоне
и зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» [24]**

Измеряемый параметр	Количество точек		
	ЗН	СЗЗ	Всего
По Программе [23]			
Объёмная активность (ОА) радионуклидов в приземном слое атмосферы	17	15	32
Плотность радиоактивных выпадений из приземного слоя атмосферы	17	15	32
Удельная активность радионуклидов в почве	21	14	35
Удельная активность радионуклидов в травянистой растительности	21	14	35
Объёмная активность радионуклидов в снежном покрове (талой воде)	21	14	35
Оксид трития (НТО)	2	3	5
МАЭД, плотность потока бета-частиц (ППБЧ)	26	22	48
Объёмная активность и химический состав в поверхностных водотоках	24	12	36
Объёмная активность и химический состав в подземных водах	–	209	209
Объёмная активность и химический состав в сбросных водах	–	19	19
Всего	149	337	486

Характерными особенностями загрязнения территории в районе расположения ФГУП «ПО «Маяк», которые необходимо учитывать при организации и проведении СРКМ, являются:

- высокий уровень и неравномерный характер радиоактивного загрязнения территории, сформировавшийся в результате регламентных и аварийных выбросов в атмосферу (главным образом радиационных аварий 1957 и 1967 гг.);
- радиоактивное загрязнение территории обусловлено в основном радионуклидами ^{137}Cs , ^{90}Sr и в меньшей степени – Pu , что определяет долговременный характер загрязнения;
- большая площадь территории предприятия – 250 км²;
- наличие большого числа потенциальных источников загрязнения, включая пункты размещения твёрдых радиоактивных отходов (ТРО), поверхностные водоёмы хранилища жидких радиоактивных отходов (ПВХЖРО) и др. [24].

Система контроля загрязнения воздушного бассейна в районе расположения ФГУП «ПО «Маяк» включает в себя контроль выбросов из организованных источников (труб) предприятия и мониторинг загрязнения приземного слоя атмосферы, который ведётся аспирационным и седиментационным методами. Непрерывный контроль производится за всеми технологическими и вентиляционными выбросами, которые после многоступенчатой предварительной очистки от радиоактивных аэрозолей и газов поступают в атмосферу. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу регламентируются утверждёнными нормативами допустимых выбросов. Нормативы пересматриваются каждые 5 лет на основе результатов инвентаризации источников выбросов и расчётных результатов рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере [24].

Контроль водных объектов включает в себя контроль сбросов и состояния озёр (водоёмов), рек, водотоков и подземных вод в зоне влияния предприятия. Для проведения стационарных гидрологических наблюдений на контролируемых водных объектах оборудованы гидростворы и водомерные посты, на которых измеряются уровни и расходы воды, производится отбор проб. Контроль за гидродинамическим и гидрохимическим состоянием подземной гидросферы осуществляется по сети наблюдательных скважин путём регулярных наблюдений за уровнем подземных вод и периодических определений их химического и радиохимического состава. Измерение уровней подземных вод осуществляется ежемесячно (12 раз в год), в 45 % режимных скважин один раз в год производится отбор проб подземных вод для аналитических определений основных радиохимических и химических показателей [12].

Мониторинг загрязнения почвы включает в себя:

- периодические измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения и плотности потока бета-частиц с поверхности почвы и дорог переносными радиометрами;
- лабораторное определение содержания радионуклидов в пробах почвы.

Проводится контроль загрязнения биоты и сельскохозяйственной продукции. Объектами контроля являются биологические объекты и основные компоненты рациона питания населения – рыба, мясо, молоко, картофель и др. [12].

Непрерывный оперативный контроль метеопараметров и радиационной обстановки на территории предприятия, в санитарно-защитной зоне и в населённых пунктах зоны наблюдения проводится с использованием автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) по следующим параметрам: мощность внешней дозы гамма-излучения, суммарная объёмная активность альфа- и бета-излучающих нуклидов, метеорологические показатели.

АСКРО ФГУП «ПО «Маяк» состоит из трёх подсистем:

- пункты контроля (31 точка);
- центральный пост АСКРО ФГУП «ПО «Маяк»;
- подсистема передачи и отображения данных для абонентов.

Измеренные данные передаются на центральный пост АСКРО ФГУП «ПО «Маяк» в автоматическом режиме по телефонным линиям и по радиоканалу. На сервере центрального поста данные проверяются на превышение установленных контрольных значений, заносятся в базу данных и архивируются [12].

Радиационный контроль, проводимый ФГУП «ПО «Маяк», подробно описан в [12].

В связи с большим объёмом контроля на ФГУП «ПО «Маяк» для определения объёмной активности радионуклидов в приземном слое атмосферы широко используется индикаторный метод мониторинга с помощью марлевых конусов со временем экспозиции один месяц. Этот способ носит оценочный (индикаторный) характер и используется для выявления случаев превышения установленных контрольных уровней.

При проведении мониторинга ФГУП «ПО «Маяк» контролировались следующие дозообразующие радионуклиды: ^{90}Sr , ^{137}Cs , сумма альфа-излучающих радионуклидов, сумма бета-излучающих радионуклидов и ^3H . Для измерения МАЭД и плотности потока бета-частиц (ППБЧ) использовались переносные дозиметрические приборы: ДКГ-02У, ДКС-96, МКС-А02-2М. Гамма-спектрометрический анализ проб проводился с помощью γ -спектрометров с полупроводниковыми

детекторами. Измерение содержания α - и β -активных радионуклидов в пробах объектов окружающей среды проводилось на автоматических α -и β -радиометрах Tennelec 5S XLB и iMatic, радиометре РИБ-МФ5, бета-спектрометре СЕБ-01 и α -спектрометрах СЭА-13П, СЭФ-13П. Объёмная активность трития определялась с помощью низкофонового жидкосцинтилляционного радиометра-спектрометра α - и β -излучения Quantulus-1220 [24].

Лабораторный анализ проб объектов окружающей среды проводят аккредитованные лаборатории ФГУП «ПО Маяк».

Мониторинг загрязнения объектов природной среды техногенными радионуклидами в 100-км зоне ФГУП «ПО «Маяк» осуществляется Уральским УГМС. В 2021 г. Уральским УГМС проводились систематические наблюдения:

- за объёмной активностью радионуклидов в приземном слое атмосферы (с использованием ВФУ) в трёх пунктах;
- за атмосферными выпадениями $\Sigma\beta$ радионуклидов с помощью горизонтальных марлевых планшетов с суточной экспозицией в 17 пунктах, из них выпадения ^{137}Cs и ^{90}Sr определялись в 11 пунктах;
- за МАЭД в 17 пунктах;
- за радиоактивным загрязнением воды рек ^{137}Cs и ^{90}Sr в семи пунктах;
- за радиоактивным загрязнением растительности и снежного покрова в 10 пунктах.

Схема расположения пунктов радиационного мониторинга Уральского УГМС в 100-км зоне ФГУП «ПО «Маяк» представлена на рис. 3.11.1.

Мониторинг содержания радионуклидов в пробах проводился ФГБУ «Уральское УГМС» с использованием следующих аттестованных средств контроля: гамма-спектрометрического комплекса ORTEC, специальной радиометрической установки УРС-4 (гамма-спектрометр сцинтилляционный) ORTEC, альфа-бета-радиометров УМФ-2000 и РУБ-01П, спектрометра-радиометра гамма- и бета-излучения МКГБ-01 «РАДЭК». Наблюдения за радиоактивным загрязнением приземной атмосферы проводились с использованием воздухофильтрующих установок «Тайфун», «Тайфун-5М», УВФ-2. Содержание ^{90}Sr в пробах определялось радиохимическим методом параллельно в двух лабораториях Уральского УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун». Для измерения МАЭД использовались дозиметры ДБГ-06Т, ДРГ-107Ц, ДРГ-01Т1, ДБГ-04А, ДКГ-07Д «Дрозд», ДКГ-02У «Арбитр», а также дозиметры-радиометры альфа-бета-гамма-излучения МКС-01 ГС «Баттерфляй», МКС-1117А.

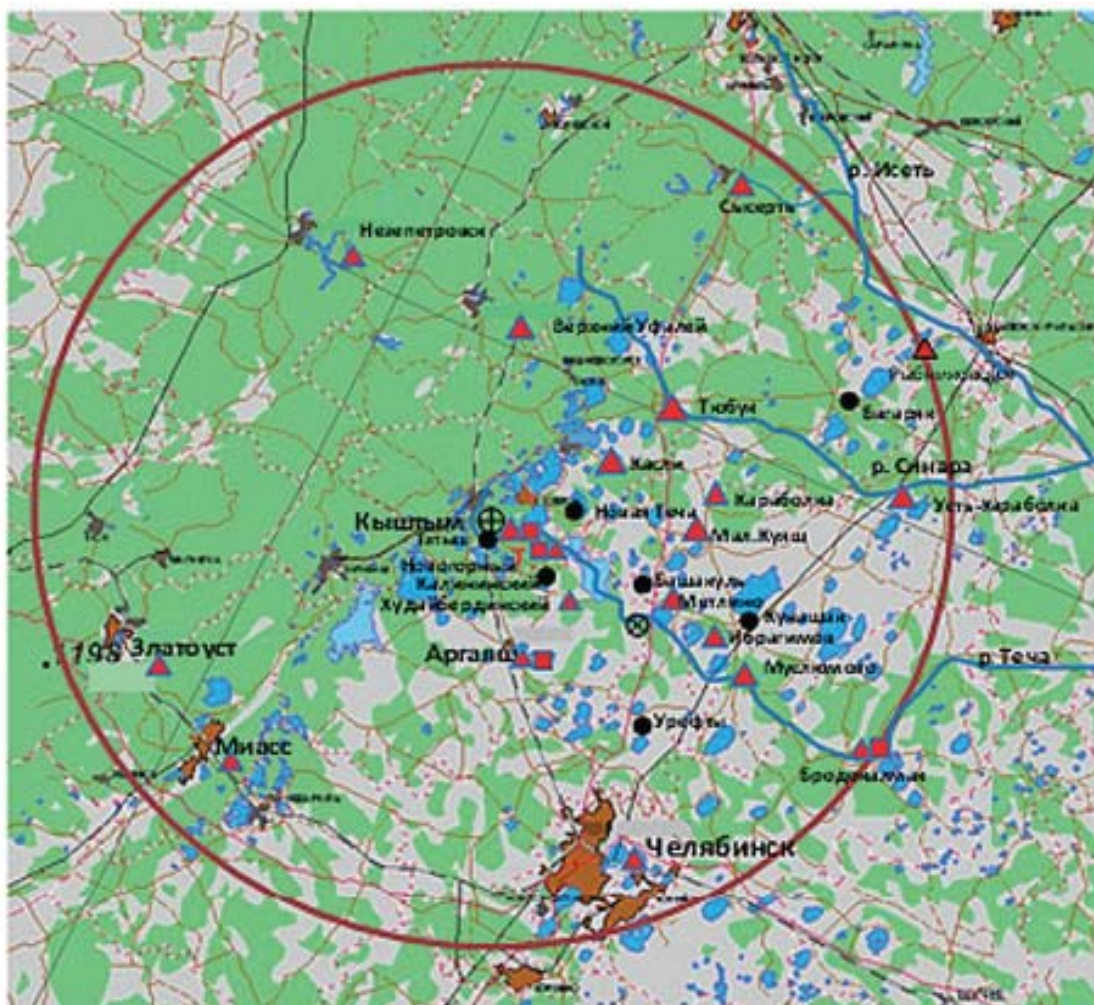


Рис. 3.11.1. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг ФГУП «ПО «Маяк» и ПЗРО:

- – – наблюдения за атмосферными аэрозолями;
- ▲ – – отбор проб атмосферных выпадений с суточной экспозицией и наблюдения за гамма-фоном;
- ⊕ – – ПО «Маяк»;
- ⊗ – – ПЗРО Челябинское отделение филиала «Уральский территориальный округ» ФГУП «ФЭО» (бывший Челябинский СК «Радон»).

Приземная атмосфера

Среднегодовые объёмные активности радионуклидов в приземном слое атмосферы в СЗЗ и ЗН в течение последних лет, согласно данным ФГУП «ПО «Маяк», находились примерно на одном уровне.

ФГУП «ПО «Маяк» осуществляет контроль загрязнения атмосферы с использованием 10 ВФУ (8 ВФУ находятся на территории промплощадки, две – в г. Озёрске), 32 планшетов и «конусов» – индикаторных методов контроля объёмной активности. В ЗН находятся 17 планшетов и «конусов» [24].

Результаты мониторинга приземной атмосферы ФГУП «ПО «Маяк» в ЗН и в зоне влияния в 2021 г. представлены в табл. 3.11.4 (индикаторный контроль радиоактивного загрязнения приземного слоя атмосферы методом марлевых конусов) и табл. 3.11.5 (результаты с ВФУ).

Таблица 3.11.4

**Объёмные активности радионуклидов в приземном слое атмосферы в районе расположения
ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г., 10^{-5} Бк/м³ (данные ФГУП «ПО «Маяк»)**

Пункт контроля	Направление и расстояние от центра промплощадки	$\Sigma\beta$	¹³⁷ Cs
Зона наблюдения, Озёрский городской округ			
г. Озёрск, профилакторий	северо-запад, 12 км	60	< 39
г. Озёрск, городская насосно-фильтровальная станция	северо-запад, 11 км	36	< 39
п. Метлино	северо-восток, 15 км	55	< 33
Пункт долговременного хранения радиоактивных отходов «ТРО-ОНИС»	северо-восток, 15 км	43	< 31
п. Новогорный	юг, 7 км	65	< 33
Насосно-фильтровальная станция химико-металлургического завода	запад-юго-запад, 10 км	26	< 31
Зона наблюдения			
г. Кыштым	запад, 15 км	40	< 30
с. Худайбердинск	юго-восток, 12 км	66	< 41
п. Слюдорудник	запад, 27 км	< 58	< 39
п. Красный Партизан	север-северо-восток, 30 км	77	< 38
п. Башакуль	восток, 22 км	64	< 30
с. Большой Куяш	северо-восток, 24 км	54	< 31
с. Татарская Караболка	северо-восток, 36 км	46	< 30
г. Касли	север, 22 км	44	< 33
с. Аргаяш, метеостанция	юг, 24 км	22	< 17
Среднее по зоне наблюдения			
2021 г.		< 52*	< 32*
2020 г.		< 39*	< 12*
Зона аварийного загрязнения территории, вне ЗН ФГУП «ПО «Маяк»			
с. Багаряк	северо-восток, 71 км	39	< 30
Зона влияния, вне ЗН ФГУП «ПО «Маяк»			
г. В. Уфалей	северо-запад, 56 км	23	< 18
ДОНАС. Бк/м ³ [2]		–	27

Примечание: * – с учётом значений ниже МДА.

Таблица 3.11.5

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы на территории г. Озёрска за 2021 г., мБк/м³ (результаты с ВФУ, данные ФГУП «ПО «Маяк»)

Месяц	Сумма бета-излучающих нуклидов*	¹³⁷ Cs	Сумма альфа-излучающих нуклидов*
Январь	$4,3 \cdot 10^{-1}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$
Февраль	$7,0 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$
Март	$5,4 \cdot 10^{-1}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$
Апрель	$3,1 \cdot 10^{-1}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$
Май	$3,7 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$
Июнь	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$< 2,7 \cdot 10^{-3}$
Июль	$3,4 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Август	$3,5 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$8,4 \cdot 10^{-3}$
Сентябрь	$6,0 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$< 1,9 \cdot 10^{-3}$
Октябрь	$4,7 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$
Ноябрь	$5,0 \cdot 10^{-1}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Декабрь	–	–	–
Среднее			
2021 г.	$4,2 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$
2020 г.	$3,2 \cdot 10^{-1}$	$7,2 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$
ДОНАС. Бк/м ³ [2]	–	27	–

Примечание: * – включая активность естественных радионуклидов;
-- измерения не проводились.

Из табл. 3.11.4 и 3.11.5 видно, что в ЗН и в зоне влияния ФГУП «ПО «Маяк» значения объёмной активности ¹³⁷Cs на несколько порядков ниже величины ДОНАС. по НРБ-99/2009 [2]. Следует

отметить, что среднегодовое значение объёмной активности ^{137}Cs ($0,014 \text{ мБк/м}^3$) в г. Озёрске (табл. 3.11.5) увеличилось в два раза по сравнению с предыдущим годом ($0,007 \text{ мБк/м}^3$).

Данные табл. 3.11.4 и 3.11.5 существенно различаются. По данным таблицы 3.11.4, в г. Озёрске объёмная активность ^{137}Cs в приземном слое атмосферы менее $0,39 \text{ мБк/м}^3$; по данным табл. 3.11.5, объёмная активность ^{137}Cs в приземном слое атмосферы г. Озёрска в среднем составляет $0,014 \text{ мБк/м}^3$, т.е. в 28 раз ниже. Вероятно, это связано с разными методами пробоотбора и измерений (на основе «конусов» и ВФУ).

В 2021 г. отбор проб аэрозолей в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» проводился Уральским УГМС в пп. Кыштым, Аргаяш и Новогорный. Среднемесячные и среднегодовые значения объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе ЗН, по данным Уральского УГМС, представлены в табл. 3.11.6.

Таблица 3.11.6

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения объёмной $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г., 10^{-5} Бк/м^3 (данные Уральского УГМС)

Пункт наблюдения	Месяц												Среднее		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.	
Аргаяш	с	48,23	30,16	26,33	21,78	27,76	28,11	17,96	37,25	15,86	17,17	17,12	15,68	25,28	23,53
	м	71,35	50,01	40,84	32,65	35,50	67,36	22,32	89,26	28,36	29,87	32,80	19,82		
Новогорный-2	с	50,71	27,11	20,37	20,77	27,03	25,50	19,16	40,47	18,37	16,08	16,09	17,70	24,89	13,61
	м	72,79	58,49	24,90	28,85	31,90	48,94	28,48	95,48	33,83	23,12	34,71	20,24		
Кыштым	с	60,93	31,02	21,71	21,08	27,38	24,61	17,13	28,08	17,86	17,04	14,65	17,20	24,95	28,04
	м	91,17	42,06	35,63	27,88	30,06	46,49	21,99	42,01	31,85	25,07	30,19	22,54		
Среднее по 100-км зоне наблюдения:															
	2021 г.	53,29	29,43	22,80	21,21	27,39	26,07	18,08	35,27	17,36	16,76	15,95	22,54	25,04	
	2020 г.	14,38	18,15	11,66	12,92	20,53	15,09	23,75	17,27	20,91	22,31	43,22	40,51		21,73

Данные, представленные в табл. 3.11.6, показывают, что в 2021 г. значения среднегодовой объёмной $\Sigma\beta$ в г. Кыштым и п. Аргаяш остались на уровне 2020 г., а в п. Новогорный-2 увеличились в 1,8 раза по сравнению с 2020 годом. Значения среднемесячной объёмной $\Sigma\beta$ в пункте наблюдения Аргаяш изменялись от $15,7 \cdot 10^{-5}$ до $48,2 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$, в п. Новогорный-2 – от $16,1 \cdot 10^{-5}$ до $50,7 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$, в г. Кыштым – от $17,0 \cdot 10^{-5}$ до $60,9 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$.

Следует отметить, что во всех трёх пунктах наблюдений самые высокие значения среднемесячной объёмной $\Sigma\beta$ зафиксированы в январе 2021 года. Среднегодовое значение объёмной $\Sigma\beta$, усреднённое по всем трём пунктам зоны наблюдения ($25,04 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$), осталось примерно на уровне 2020 г. ($21,73 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$) и в 1,5 раза выше средневзвешенной объёмной $\Sigma\beta$ по территории РФ ($16,39 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$).

В 2021 г. в приземном слое воздуха 100-км зоны ФГУП «ПО «Маяк» не было зарегистрировано случаев, когда значение объёмной $\Sigma\beta$ превышало фоновые значения для данного населённого пункта за предыдущий месяц в 5 и более раз.

В табл. 3.11.7 приведены значения объёмной активности ^{137}Cs в приземном слое воздуха в вышеуказанных пунктах мониторинга.

Самое высокое среднегодовое содержание ^{137}Cs в воздухе пунктов наблюдения 100-км зоны ФГУП «ПО «Маяк» наблюдалось, как и в предыдущие годы, в п. Новогорный – $113,7 \cdot 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$. Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в воздухе п. Аргаяш увеличилась в 2,8 раза по сравнению с 2020 г. и превышала средневзвешенную по территории РФ объёмную активность ($1,4 \cdot 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$) в 13 раз.

Таблица 3.11.7

**Объёмная активность ^{137}Cs в приземном слое атмосферы в зоне наблюдения
ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г., 10^{-7} Бк/м³ (данные Уральского УГМС)**

Месяц	Пункт наблюдения			Среднее по 100-км зоне наблюдения
	Аргаяш	Кыштым	Новогорный-2	
Январь	4,2	5,0	10,3	6,5
Февраль	7,5	14,5	480,2	167,4
Март	10,2	12,3	63,9	28,8
Апрель	2,9	5,0	22,1	10,0
Май	29,3	7,7	40,7	25,9
Июнь	11,9	6,6	19,5	12,7
Июль	8,0	2,6	47,4	19,3
Август	120,6	4,7	620,5	262,7
Сентябрь	8,1	18,1	25,8	17,3
Октябрь	5,7	3,9	15,9	8,5
Ноябрь	4,6	5,9	10,6	7,0
Декабрь	2,7	4,0	6,9	4,5
Среднее:				
2021 г.	18,0	11,0	113,7	47,6
2020 г.	6,4	7,1	12,3	8,6
ДОА _{НАС} , Бк/м ³	27			

В 2021 г. в г. Кыштым среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в воздухе незначительно увеличилась (в 1,5 раза) по сравнению с 2020 годом. В п. Новогорный-2 значения среднегодовой объёмной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы увеличились в 9 раз по сравнению с данными, полученными в 2020 году. Максимальное из зарегистрированных значений среднемесячной объёмной активности ^{137}Cs в 100-км зоне ФГУП «ПО «Маяк» ($620,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ в п. Новогорный-2) было на два порядка выше средневзвешенной объёмной активности по всей территории РФ. По данным мониторинга 2021 г., в п. Аргаяш, г. Кыштым и п. Новогорный-2 среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в воздухе превышала средневзвешенную по территории РФ объёмную активность в 8 – 80 раз. Величина среднегодовой концентрации ^{137}Cs (усреднённой по всем пунктам наблюдения) в приземном слое атмосферы ЗН ($47,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) превышала средневзвешенную по территории РФ в 2021 г. ($1,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) в 34 раза, но была на семь порядков ниже величины ДОА_{НАС} по НРБ-99/2009 [2].

Для оценки радиационной безопасности в части атмосферного воздуха в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» в соответствии с рекомендациями Росгидромета (Р 52.18.913–2021) были рассчитаны интегральные показатели загрязнения (ИПЗ), представляющие собой сумму отношений наблюдаемых концентраций радионуклидов в объекте природной среды к соответствующим значениям контрольных уровней, рассчитанных по природоохранному (экологическому) критерию. Для обеспечения экологической безопасности при наличии в атмосферном воздухе смеси техногенных радионуклидов значение ИПЗ должно быть меньше 1. Результаты расчётов ИПЗ представлены в табл. 3.11.8.

Многолетняя динамика интегрального показателя загрязнения за период 2011–2021 гг. приведена на рис. 3.11.2.

Анализ изменений ИПЗ ($1 \cdot 10^{-4}$ – $1,3 \cdot 10^{-3}$) атмосферного воздуха ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{239}Pu показывает, что за период исследования – 2011–2021 гг. – полученные значения показателя были значительно ниже безопасного уровня облучения биоты, т.е. удовлетворяли условиям обеспечения радиационной безопасности и сохранения благоприятной окружающей среды. Основной вклад в ИПЗ вносит ^{90}Sr . Колебания значений ИПЗ за рассматриваемый период связаны с изменениями содержания техногенных радионуклидов в атмосферном воздухе в разные годы наблюдений.

Таблица 3.11.8

Интегральные показатели загрязнения атмосферного воздуха техногенными радионуклидами в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» в 2011–2021 гг.

Год наблюдения	ИПЗ	Вклад в ИПЗ, %		
		⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹ Pu
2011	0,0001	88	11	1
2012	0,0003	78	21	1
2013	0,0003	82	16	1
2014	0,0002	78	18	4
2015	0,0003	83	14	3
2016	0,0004	77	20	3
2017	0,0006	88	8	4
2018	0,0013	87	11	2
2019	0,0010	94	4	2
2020	0,0006	85	6	9
2021	0,0005	80	16	4

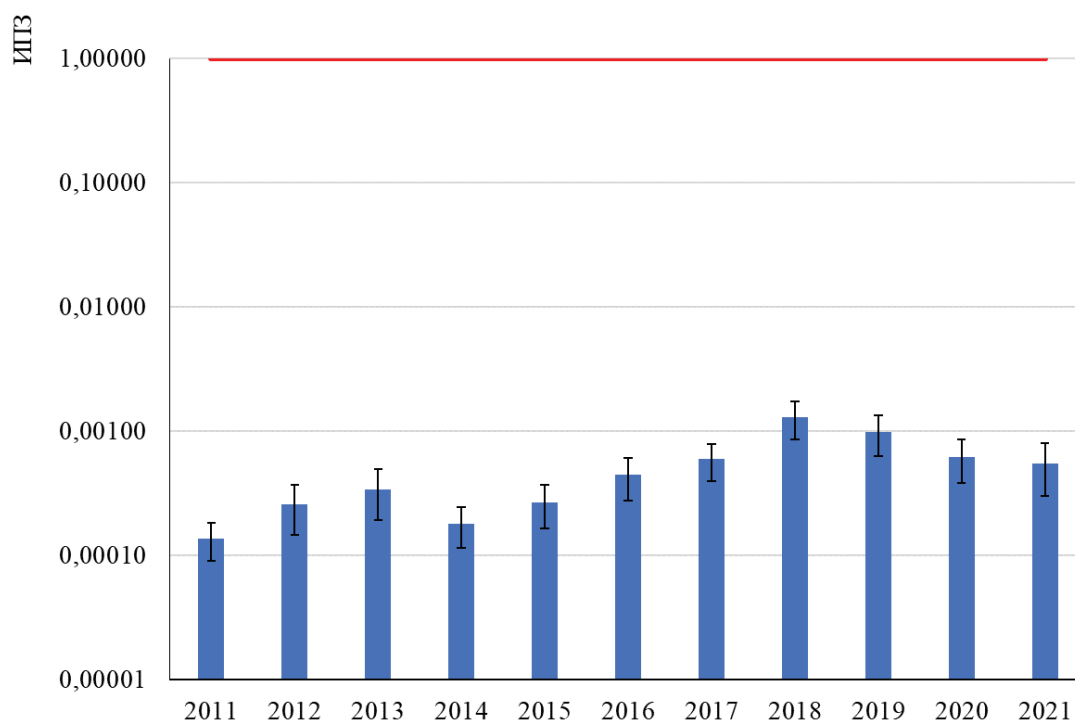


Рис. 3.11.2. Динамика интегрального показателя загрязнения атмосферного воздуха ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs и ²³⁹Pu в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» за период 2011–2021 гг.

Радиоактивные выпадения

Результаты измерений $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в 100-км зоне ФГУП «ПО «Маяк», по данным Уральского УГМС, представлены в табл. 3.11.9. Также для сравнения приведена $\Sigma\beta$ выпадений, характеризующая фоновое загрязнение на территории Уральского региона. Из табл. 3.11.9 видно, что среднегодовая величина $\Sigma\beta$ суточных выпадений в 100-км зоне ПО «Маяк» в 2021 г. (0,63 Бк/м²·сут) осталась на уровне 2020 г. (0,7 Бк/м²·сут) и фонового значения для Уральского региона (0,59 Бк/м²·сут).

Среднемесячные (с), максимальные суточные (м) и среднегодовые значения $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в 100-км зоне вокруг ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г., Бк/м²-сутки (данные Уральского УГМС)

Пункт наблюдений		Месяц												Средне- годовое	Сумма за год, Бк/м ² -год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Аргаяш	с	0,67	0,54	0,63	0,56	0,51	0,58	0,61	0,67	0,68	0,68	0,57	0,56	0,61	223
	м	1,09	0,96	1,47	1,05	1,11	1,54	1,56	1,48	1,51	1,54	1,27	1,03		
Бродокалмак	с	0,73	0,62	0,59	0,52	0,55	0,56	0,62	0,67	0,68	0,62	0,53	0,61	0,61	223
	м	1,48	1,86	1,08	1,22	1,09	1,41	1,67	1,35	1,53	1,42	1,03	1,49		
Верхний Уфалей	с	0,57	0,63	0,65	0,62	0,63	0,71	0,96	0,67	0,80	0,66	0,57	0,68	0,68	248
	м	1,09	1,41	1,23	1,41	1,90	1,94	6,94	1,80	1,60	2,70	1,03	1,63		
Златоуст	с	0,51	0,55	0,54	0,52	0,57	0,63	0,70	0,76	0,76	0,71	0,56	0,58	0,62	226
	м	1,16	0,96	1,35	1,09	1,86	2,57	2,06	1,93	1,54	1,93	1,61	1,03		
Ибрагимово	с	0,60	0,60	0,58	0,66	0,55	0,65	0,82	0,67	0,74	0,62	0,59	0,65	0,64	234
	м	1,09	1,61	1,29	1,29	1,16	1,67	1,74	1,41	1,54	1,48	1,48	1,23		
Караболка	с	0,67	0,73	0,71	0,64	0,64	0,83	0,98	0,86	0,84	0,79	0,71	0,64	0,75	274
	м	1,38	1,74	1,73	1,59	1,29	2,38	3,44	3,15	1,66	1,74	1,67	1,62		
Касли	с	0,59	0,57	0,58	0,57	0,56	0,62	0,89	0,69	0,70	0,58	0,64	0,64	0,64	234
	м	1,61	1,41	2,12	1,51	1,47	1,38	4,18	3,66	2,06	1,29	1,86	1,61		
Кыштым	с	0,57	0,59	0,58	0,63	0,57	0,69	0,79	0,62	0,68	0,74	0,62	0,63	0,64	234
	м	1,16	1,46	1,41	1,42	1,15	1,67	5,10	1,67	1,93	2,41	1,07	1,33		
Метлино	с	0,61	0,65	0,60	0,64	0,60	0,65	0,85	0,72	0,77	0,71	0,66	0,62	0,67	245
	м	1,07	3,15	1,19	1,20	1,46	1,62	3,41	1,48	2,35	2,18	1,11	1,29		
Миасс	с	0,53	0,53	0,51	0,50	0,59	0,63	0,72	0,67	0,68	0,67	0,58	0,56	0,60	219
	м	1,19	1,23	1,09	1,03	1,54	1,35	1,54	1,60	1,78	1,27	1,41	1,09		
Новогорный	с	0,63	0,64	0,64	0,66	0,63	0,65	0,80	0,73	0,79	0,74	0,61	0,58	0,68	248
	м	1,34	3,16	1,22	1,31	1,07	1,93	4,05	2,22	1,73	1,48	1,46	1,38		
Нязепетровск	с	0,55	0,56	0,59	0,65	0,56	0,58	0,67	0,66	0,70	0,68	0,69	0,56	0,62	226
	м	1,03	3,28	1,09	1,35	1,09	1,35	1,16	1,61	1,67	1,22	1,67	1,07		
Рыбниковское	с	0,56	0,50	0,47	0,67	0,62	0,35	0,47	0,63	0,44	0,24	0,50	0,49	0,50	183
	м	1,11	3,52	1,49	2,20	1,49	1,11	1,64	2,06	1,17	1,04	1,46	4,57		
Сысерть	с	0,51	0,60	0,32	0,59	1,10	0,33	0,75	0,47	0,49	0,43	0,30	1,01	0,58	212
	м	2,29	1,95	1,30	1,69	2,81	1,31	2,86	2,74	2,95	2,06	0,98	2,62		
Тюбук	с	0,67	0,70	0,61	0,61	0,54	0,63	0,74	0,64	0,63	0,68	0,60	0,64	0,64	234
	м	1,03	1,90	1,35	1,48	1,87	1,46	2,06	1,52	1,29	2,10	1,48	1,54		
Худайбердинский	с	0,63	0,70	0,57	0,62	0,57	0,57	0,67	0,70	0,75	0,63	0,57	0,59	0,63	230
	м	1,03	1,74	1,11	1,16	1,54	1,59	1,76	1,61	1,58	1,35	1,02	1,09		
Челябинск	с	0,50	0,52	0,54	0,63	0,56	0,60	0,72	0,70	0,75	0,67	0,64	0,66	0,62	226
	м	1,03	0,90	1,09	1,47	1,07	1,60	1,61	1,74	1,27	1,73	1,16	1,38		
Среднее:	2021 г.	0,59	0,60	0,57	0,61	0,61	0,60	0,75	0,68	0,70	0,64	0,58	0,63	0,63	230
	2020 г.	0,6	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6		
Фон для Уральского региона:	2021 г.	0,58	0,59	0,52	0,59	0,64	0,54	0,69	0,65	0,65	0,55	0,50	0,62	0,59	215
	2020 г.	0,6	0,6	0,7	0,9	0,7	0,7	0,8	1,0	0,7	0,7	0,7	0,6		

В табл. 3.11.10 приведены данные об атмосферных выпадениях ^{90}Sr в 100-км зоне ФГУП ПО «Маяк» в 2021 году. Годовые выпадения ^{90}Sr из атмосферы в среднем по 100-км зоне ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г. (2,6 Бк/м²-год) остались на уровне 2020 г. (2,7 Бк/м²-год) и в 2 раза превышали региональный фон (1,3 Бк/м²-год). Следует отметить, что значение регионального фона годовых выпадений ^{90}Sr из атмосферы в 2021 г. не изменилось относительно 2020 г. (1,2 Бк/м²-год). Самые высокие значения годовых выпадений ^{90}Sr отмечались в п. Новогорный (9,06 Бк/м²-год) – в 7 раз выше регионального фона. Максимальные выпадения ^{90}Sr в п. Новогорный в 2021 г. зарегистрированы в III квартале.

Выпадения ^{90}Sr из атмосферы в 100-км зоне вокруг ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г. (данные Уральского УГМС)

Пункт наблюдения	Месяц												Средне- годовое, Бк/м ² ·квартал	Средне- годовое, Бк/м ² ·месяц	Сумма за год, Бк/м ² ·год
	I кв.			II кв.			III кв.			IV кв.					
Аргаяш	0,34			0,58			0,19			0,48			0,40	0,13	1,59
Бродокалмак	0,31			0,42			0,36			0,48			0,39	0,13	1,57
Ибрагимово	0,96			0,65			0,76			0,94			0,83	0,28	3,31
Караболка	0,53			0,55			0,52			0,57			0,54	0,18	2,17
Касли	0,40			0,53			0,30			0,49			0,43	0,14	1,72
Кыштым	0,21			0,48			0,27			0,22			0,30	0,10	1,18
Метлино	0,20			0,67			0,53			0,70			0,53	0,18	2,1
Новогорный	1,09			1,96			3,17			2,84			2,27	0,76	9,06
Рыбниковское	0,24			0,77			0,73			0,39			0,53	0,18	2,13
Тюбук	0,47			0,33			0,46			0,56			0,46	0,15	1,82
Худайбердинский	0,30			0,61			0,36			0,47			0,44	0,15	1,74
Среднее:															
2021 г.	0,46			0,69			0,70			0,74			0,65	0,22	2,6
2020 г.	0,54			0,76			0,82			0,61			0,68	0,23	2,7
Фон для Уральского региона:															
2021 г.	0,05	0,04	0,07	0,06	0,09	0,12	0,23	0,36	0,09	0,10	0,08	0,07		0,11*	1,3
2020 г.	0,03	0,03	0,05	0,05	0,08	0,11	0,21	0,34	0,07	0,09	0,04	0,05		0,10*	1,2

Примечание: * – размерность фоновых значений Бк/м²·месяц.

Годовые выпадения ^{137}Cs в пунктах наблюдения 100-км зоны ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г. (табл. 3.11.11) колебались в диапазоне от 2,0 до 5,9 Бк/м²·год. В 2021 г. средняя сумма выпадений ^{137}Cs за год в 100-км зоне наблюдения увеличилась в 1,9 раза по сравнению с 2020 г. (1,6 Бк/м²·год) и составила 3,1 Бк/м²·год, что в 1,6 раза выше региональных фоновых выпадений (1,9 Бк/м²·год) и в 19 раз выше средневзвешенных по территории РФ (0,16 Бк/м²·год). Максимальное значение суммарных годовых выпадений ^{137}Cs (5,9 Бк/м²·год) в 100-км зоне ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г., как и в предыдущие годы наблюдений, зафиксировано в п. Новогорный, что в 3 раза выше регионального фона в 2021 году. Максимальные месячные выпадения ^{137}Cs в п. Новогорный наблюдались в феврале и составляли 1,667 Бк/м²·месяц. Следует отметить, что в 2021 г. фоновые значения суммарных годовых выпадений ^{137}Cs (1,9 Бк/м²·год) увеличились в 3 раза по сравнению с 2020 г. (0,6 Бк/м²·год).

Таблица 3.11.11

Выпадения ^{137}Cs из атмосферы в 100-км зоне вокруг ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г., Бк/м²·месяц (данные Уральского УГМС)

Пункт наблюдения	Месяц												Средне- годовое	Сумма за год, Бк/м ² ·год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Аргаяш	0,142	0,100	МДА	0,626	МДА	МДА	МДА	0,340	МДА	0,244	0,536	0,077	0,172	2,1
Бродокалмак	МДА	0,320	МДА	0,470	0,456	0,121	0,389	0,336	0,109	0,111	0,436	0,115	0,239	2,9
Ибрагимово	0,367	0,193	0,535	0,913	0,280	0,344	МДА	0,281	МДА	МДА	МДА	0,081	0,250	3,0
Караболка	0,229	МДА	0,387	МДА	0,497	0,091	МДА	0,351	0,435	МДА	0,163	МДА	0,179	2,1
Касли	МДА	0,549	0,320	0,468	0,282	0,209	0,344	0,299	0,425	МДА	МДА	0,153	0,254	3,0
Кыштым	0,278	0,088	0,129	0,081	0,240	0,344	0,091	0,254	0,098	МДА	0,103	0,255	0,163	2,0
Метлино	0,163	0,309	0,879	0,655	0,631	0,192	0,099	0,359	0,340	МДА	МДА	0,328	0,330	4,0
Новогорный	0,535	1,667	0,182	1,061	0,153	0,387	0,439	0,389	0,461	0,153	0,337	0,091	0,488	5,9
Рыбниковское	0,229	МДА	1,160	0,210	0,086	0,243	МДА	0,246	МДА	0,202	МДА	МДА	0,198	2,4
Тюбук	0,152	0,295	0,779	0,391	0,440	0,435	МДА	0,356	МДА	0,344	0,096	0,142	0,286	3,4
Худайбердинский	МДА	0,251	0,158	0,404	0,172	0,487	0,439	0,332	0,244	0,215	0,632	0,102	0,286	3,4
Среднее:														
2021 г.	0,190	0,343	0,412	0,480	0,294	0,259	0,164	0,322	0,192	0,115	0,209	0,122	0,259	3,1
2020 г.	0,132	0,229	0,050	0,062	0,155	0,170	0,134	0,183	0,150	0,069	0,185	0,096	0,135	1,6
Фон для Уральского региона:														
2021 г.	0,044	0,090	0,129	0,073	0,206	0,048	0,221	0,141	0,199	0,067	0,219	0,478	0,159	1,9
2020 г.	0,056	0,086	0,049	0,107	0,033	0,011	0,046	0,070	0,097	МДА	0,048	МДА	0,050	0,6

Примечание: МДА ≤ 0,001 Бк/м²·месяц.

В табл. 3.11.12 приведены данные ФГУП «ПО «Маяк» о выпадениях радионуклидов в зоне наблюдения и зоне влияния предприятия в 2021 г., отобранных с помощью планшетов с месячной экспозицией.

Таблица 3.11.12

**Годовые выпадения радионуклидов в районе расположения ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г., Бк/м²·год
(данные ФГУП «ПО «Маяк»)**

Пункт наблюдения	$\Sigma\beta$	¹³⁷ Cs
Зона наблюдения, Озёрский городской округ		
г. Озёрск, профилакторий	120	< 200
г. Озёрск, городская насосно-фильтровальная станция	350	< 200
Насосно-фильтровальная станция химико-металлургического завода	120	< 200
п. Новогорный	120	< 200
Пункт долговременного хранения радиоактивных отходов «ТРО-ОНИС»	180	< 200
п. Метлино	<110	< 200
оз. Кожаккуль	<280	< 200
Зона наблюдения		
г. Кыштым	< 370	< 200
с. Худайбердинск	180	< 200
п. Слюдорудник	190	< 200
п. Красный Партизан	110	< 200
п. Башакуль	190	< 160
с. Большой Куяш	210	< 190
с. Татарская Караболка	< 60	< 110
г. Касли	270	< 150
с. Аргаяш, метеостанция	< 120	< 300
Среднее по зоне наблюдения		
2021 г.	< 189*	< 190*
2020 г.	< 187*	< 99*
Зона аварийного загрязнения территории, вне ЗН ПО «Маяк»		
с. Багаряк	< 170	< 150
Зона влияния, вне ЗН ПО «Маяк»		
г. В. Уфалей	< 140	< 290
Фоновый уровень по Уральскому региону**	215	3,8

Примечания: * – с учётом значений ниже МДА;

** – данные Уральского УГМС.

Анализ многолетних данных о радиоактивных выпадениях в районе размещения предприятия показывает:

- основным источником загрязнения атмосферы является вторичный ветровой подъём с ранее (1950–1960 гг.) загрязнённых территорий;
- плотность атмосферных выпадений определяется главным образом природными факторами (ветровая нагрузка, степень увлажнения почвы, наличие растительности и др.) [25].

Поскольку ФГУП «ПО «Маяк» осуществляет контроль величины атмосферных выпадений радионуклидов с месячной экспозицией, количественные результаты этих измерений не могут быть сопоставлены с суточными измерениями, проводимыми Росгидрометом, из-за неопределённости коэффициента пересчёта (эффективность улавливания планшетом аэрозолей изменяется с увеличением экспозиции пробы).

Поверхностные воды

На территории России наиболее загрязнёнными, в основном ⁹⁰Sr, остаются воды р. Течи. Этот радионуклид более чем на 95 % находится в водорастворимом состоянии, поэтому он мигрирует на

большие расстояния по гидрографической системе [16]. Влияние стоков ФГУП «ПО «Маяк» на загрязнение речной воды ^{90}Sr прослеживается на всём протяжении рек Течи и Исети (после впадения в неё р. Течи) вплоть до впадения р. Исети в р. Тобол и далее.

В 2021 г. Уральским УГМС и аналитическими лабораториями ФГУП «ПО «Маяк» продолжался многолетний мониторинг загрязнения радионуклидами воды рек Течи и Исеть, в которые происходит поступление загрязнённых фильтрационных вод, а также рек Караболки и Синары, расположенных в зоне влияния ФГУП «ПО «Маяк» и р. Мишеляк, протекающей по СЗЗ предприятия (рис. 3.11.3).



Рис. 3.11.3. Карта-схема открытой гидрографической сети в зоне влияния ФГУП «ПО «Маяк»

Результаты контроля объёмной активности радионуклидов в воде ЛБК и ПБК на консольных сбросах приведены в табл. 3.11.13.

Таблица 3.11.13

Объёмная активность радионуклидов в воде на консольном сбросе ЛБК и ПБК за 2021 г., Бк/л (данные ФГУП «ПО «Маяк»)

Месяц, год	ЛБК			ПБК		
	^{90}Sr	^{137}Cs	^3H	^{90}Sr	^{137}Cs	^3H
Январь	2,0	< 0,2	260	1,1	< 0,5	80
Февраль	1,0	< 0,6	150	0,9	< 0,5	730
Март	0,9	1,0	230	1,4	< 0,5	70
Апрель	1,0	< 0,1	180	3,3	< 0,5	50
Май	1,0	1,1	210	0,9	< 0,5	50
Июнь	1,0	2,3	230	1,8	< 0,5	60
Июль	1,0	< 0,6	280	4,2	< 0,6	100
Август	2,0	< 0,8	290	1,0	< 0,7	110
Сентябрь	1,0	< 0,6	310	2,0	< 0,5	160
Октябрь	1,4	2,7	300	2,9	< 0,5	140
Ноябрь	1,4	2,0	310	2,1	< 0,5	140
Декабрь	2,0	< 1,2	290	15	< 0,5	90
Средняя за 2021 г.	1,3	1,1	250	3,1	< 0,5	150
Средняя за 2020 г.	0,32	< 0,52	230	3,8	< 0,6	120
Средняя за 2019 г.	1,5	< 0,4	200	5,7	< 0,4	110
УВ (НРБ-99/2009) [2]	4,9	11	7600	4,9	11	7600

Из табл. 3.11.13 видно, что среднегодовая объёмная активность контролируемых радионуклидов в воде ЛБК в 2021 г. не превышала УВ [2]. В воде ПБК объёмная активность ^{90}Sr в декабре превышала УВ в три раза [2]. В то же время из-за низкой водности 2021 г. расходы воды по ПБК были незначительными, поэтому на поступление ^{90}Sr в р. Течу это не повлияло.

Пробы воды Уральским УГМС в 2021 г. отбирались: из р. Течи – в двух пунктах ежемесячно, из р. Исеть – в трёх пунктах ежемесячно, из системы рек Караболка–Синара – в двух пунктах ежемесячно в течение года.

Лабораториями ФГУП «ПО «Маяк» на р. Тече контроль содержания радионуклидов проводится в створах с. Муслумово и с. Затеченское. Радиоактивное загрязнение воды р. Течи в створе с. Муслумово, расположенном на расстоянии около 50 км ниже замыкающей плотины ТКВ, обусловлено только активностью ^{90}Sr . Основными факторами, определяющими объёмную активность ^{90}Sr в воде р. Течи, являются:

- поступление ^{90}Sr в верховья р. Течи через консольные водосбросы ЛБК и ПБК;
- расход водного стока реки, который в многоводные годы существенно возрастает за счёт пропусков воды из оз. Иртяш через ЛБК;
- процессы сорбции-десорбции ^{90}Sr на заболоченном пойменном участке реки (Асановские болота, расположенные между плотиной П-11 и с. Муслумово).

Результаты радионуклидного анализа проб воды из рек Течи и Исети приведены в табл. 3.11.14 и 3.11.16 соответственно, а из рек Караболки и Синары – в табл. 3.11.17, а также в разделе 4.1, в котором представлены данные радиационного мониторинга на территории ВУРС. Содержание ^{90}Sr в воде определялось параллельно в лабораториях Уральского УГМС и ФГБУ «НПО «Тайфун». В табл. 3.11.14 и 3.11.16 приведены результаты измерений, в том числе данные аналитических лабораторий ФГУП «ПО «Маяк».

Данные ФГБУ «НПО «Тайфун» и Уральского УГМС, приведённые в табл. 3.11.14, показывают, что объёмная активность ^{90}Sr в воде р. Течи у с. Муслумово (в 78 км от источника) в 2021 г. изменялась в диапазоне от 1,1 до 8,7 Бк/л, а среднее значение (4,3 Бк/л) осталось на уровне 2020 г. (4,6 Бк/л). Максимальное значение было зафиксировано в октябре и составило 8,7 Бк/л, что в 1,8 раза выше уровня вмешательства для ^{90}Sr в питьевой воде по НРБ-99/2009 [2] и на три порядка выше фонового уровня для рек России (4,6 мБк/л).

Таблица 3.11.14

**Объёмная активность радионуклидов в воде р. Течи в 2021 г., Бк/л
(данные Уральского УГМС, НПО «Тайфун» и ФГУП «ПО «Маяк»)**

Месяц	Муслумово					Першинское		Затеченское		
	$^{90}\text{Sr}^{1)}$	^{90}Sr	$^{137}\text{Cs}^{1)}$	^{137}Cs	$^3\text{H}^{1)}$	^{90}Sr	^{137}Cs	$^{90}\text{Sr}^{1)}$	$^{137}\text{Cs}^{1)}$	$^3\text{H}^{1)}$
Январь	5,8	4,2	1,7	0,37	160	5,4	0,004	-	-	-
Февраль	8,2	1,7	< 0,5	0,22	160	4,7	0,011	-	-	-
Март	8,7	1,1	< 0,5	0,25	130	3,3	0,008	8,1	< 0,3	140
Апрель	8,0	1,7	< 0,5	0,14	60	3,8	0,005	-	-	-
Май	3,6	2,2	< 0,5	0,10	70	2,5	0,001	-	-	-
Июнь	4,9	3,1	1,9	0,11	70	3,1	0,005	-	-	-
Июль	5,2	5,7	0,9	0,15	80	1,5	0,020	-	-	-
Август	8,2	5,7	< 0,5	0,11	80	3,2	0,010	-	-	-
Сентябрь	8,4	2,9	0,8	0,06	< 40	4,9	0,033	1,6	< 0,3	<40
Октябрь	5,7	8,7	< 0,5	0,07	< 40	2,4	0,055	-	-	-
Ноябрь	26	8,4	< 0,5	0,16	150	3,3	0,007	-	-	-
Декабрь	11	6,1	< 0,5	0,17	180	3,4	0,021	-	-	-
Среднее:										
2021 г.	8,6	4,3	< 0,8²⁾	0,16	100	3,5	0,015	4,9	< 0,3²⁾	90²⁾
2020 г.	5,5	4,6	< 0,77 ²⁾	0,14	122	3,3	0,007	5,3	< 0,8 ²⁾	120
УВ [2]	4,9	4,9	11	11	7600	4,9	11	4,9	11	7600

Примечания: ¹⁾ – данные ФГУП «ПО «Маяк»;
²⁾ – с учётом значений ниже МДА;
 - – измерения не проводились.

По данным ФГУП «ПО «Маяк», среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в створе с. Муслюмово в 2021 г. увеличилась в 1,6 раза по сравнению с 2020 г. и составила 8,6 Бк/л. Повышение ОА ^{90}Sr может быть связано с низкой водностью.

Самые высокие среднегодовые объёмные активности ^{90}Sr в воде р. Течи в период с 1994 г. по настоящее время, по данным Уральского УГМС, наблюдались в с. Муслюмово: в 1995 г. – 25,9 Бк/л, в 1997 г. – 32,2 Бк/л, в 1998 г. – 26,7 Бк/л, в 2004 г. – 26,0 Бк/л, в 2012 г. – 25,2 Бк/л. В 1994, 1999–2003 и 2006–2009 гг. среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в р. Тече с. Муслюмово находилась на уровне 7,7–13,7 Бк/л. За последние 12 лет (2010–2021 гг.) среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в р. Тече в пункте наблюдений с. Муслюмово изменялась в диапазоне 4,3–25,2 Бк/л, максимальные значения за вышеуказанный период наблюдались в 2010 г. (18,5 Бк/л) и в 2012 г. (25,2 Бк/л).

Вниз по течению р. Течи содержание ^{90}Sr в воде в 2021 г. в с. Затеченское и в с. Першинское осталось на уровне 2020 года.

Для оценки загрязнения техногенными радионуклидами воды в р. Теча в соответствии с Рекомендациями Росгидромета (Р 52.18.853–2016) были рассчитаны ИПЗ за период 1998–2021 гг. (табл. 3.11.15).

Таблица 3.11.15

Интегральные показатели загрязнения техногенными радионуклидами воды в р. Теча (с. Муслюмово) в 1998–2021 гг.

Год наблюдения	ИПЗ	Вклад в ИПЗ, %		
		^{90}Sr	^{137}Cs	^3H
1998	0,102	81,76	18,22	0,02
1999	0,056	63,05	36,95	–
2000	0,046	62,67	37,33	–
2001	0,059	70,68	29,32	–
2002	0,042	72,84	27,16	–
2003	0,061	56,42	43,56	0,01
2004	0,115	70,50	29,48	0,02
2005	0,077	72,65	27,32	0,03
2006	0,063	68,28	31,69	0,03
2007	0,044	62,52	37,46	0,02
2008	0,050	68,19	31,79	0,02
2009	0,054	65,70	34,28	0,02
2010	0,073	78,96	21,01	0,03
2011	0,060	78,61	21,36	0,03
2012	0,092	85,98	14,00	0,02
2013	0,054	64,52	35,45	0,03
2014	0,057	55,16	44,81	0,03
2015	0,032	59,75	40,18	0,07
2016	0,032	53,81	46,16	0,03
2017	0,026	52,43	47,53	0,04
2018	0,049	60,68	39,30	0,02
2019	0,039	50,97	49,00	0,03
2020	0,023	62,22	37,74	0,04
2021	0,024	56,69	43,27	0,04

Динамика ИПЗ техногенными радионуклидами воды р. Течи в районе с. Муслюмово (рис. 3.11.4) показывает, что полученные значения показателя за весь период наблюдений были ниже экологически безопасного уровня, т.е. удовлетворяли условиям обеспечения радиационной безопасности и сохранения благоприятной окружающей среды. Основной вклад в ИПЗ вносит ^{90}Sr (табл. 3.11.15). С 2018 г. наблюдается снижение значений ИПЗ техногенными радионуклидами воды р. Теча (рис. 3.11.4).

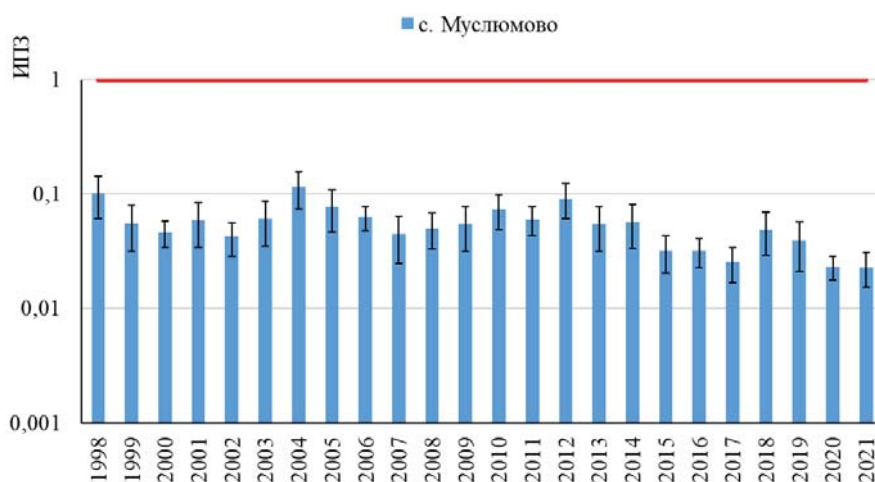


Рис.3.11.4 Динамика интегрального показателя загрязнения воды р. Теча ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs и ³H за период 1998–2021 гг.

В воде р. Исеть ниже впадения в неё р. Течи в пп. Красноисетское, Шадринск и Мехонское среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в воде уменьшалась от 0,5 до 0,2 Бк/л (табл. 3.11.16). В с. Далматово, расположенном выше места впадения р. Течи в р. Исеть, средняя объёмная активность ⁹⁰Sr в воде в 2021 г. составила менее 0,03 Бк/л. В целом в воде р. Исеть, по данным ФГБУ «НПО «Тайфун» и Уральского УГМС, объёмная активность ⁹⁰Sr в 2021 г. осталась на уровне 2020 г. и была в 10–24 раза ниже УВ по НРБ-99/2009 [2].

Таблица 3.11.16

Объёмная активность радионуклидов в воде р. Исети в 2021 г., Бк/л (данные Уральского УГМС, НПО «Тайфун» и ФГУП «ПО «Маяк»)

Месяц	Далматово	Красноисетское			Шадринск		Мехонское	
	⁹⁰ Sr*	⁹⁰ Sr*	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Январь	-	-	0,745	0,008	0,505	0,001	0,321	0,006
Февраль	-	-	0,972	0,001	0,530	0,007	0,344	0,001
Март	<0,03	0,06	0,787	0,003	0,397	0,001	0,260	0,011
Апрель	-	-	0,355	0,002	0,343	0,003	0,098	0,004
Май	-	-	0,901	0,001	0,673	0,007	0,450	0,005
Июнь	-	-	0,423	0,009	0,430	0,012	0,342	0,000
Июль	-	-	0,245	0,035	0,143	0,006	0,074	0,021
Август	-	-	0,318	0,030	0,114	0,011	0,164	0,015
Сентябрь	<0,03	0,2	0,248	0,002	0,198	0,007	0,203	0,002
Октябрь	-	-	0,512	0,042	0,362	0,036	0,307	0,022
Ноябрь	-	-	0,371	0,012	0,429	0,038	0,194	0,004
Декабрь	-	-	0,326	0,097	0,202	0,019	0,229	0,008
Среднее:								
2021 г.	<0,03	0,1	0,5	0,020	0,4	0,012	0,2	0,008
2020 г.	<0,1	0,4	0,6	0,002	0,4	0,003	0,2	0,002
УВ [2]	4,9	4,9	4,9	11	4,9	11	4,9	11

Примечания: * – данные ФГУП «ПО «Маяк»;
 - – измерения не проводились.

Объёмная активность ¹³⁷Cs в рассматриваемой системе рек невысока. Из табл. 3.11.14 видно, что среднегодовая объёмная активность ¹³⁷Cs в 2021 г., наблюдавшаяся в воде р. Течи, была значительно ниже уровня вмешательства (11 Бк/л) [2]. По мере удаления от ФГУП «ПО «Маяк» вниз по течению р. Течи и далее р. Исеть объёмная активность этого радионуклида снижается (табл. 3.11.16). Следует отметить, что во всех пунктах отбора проб в р. Исеть объёмная активность ¹³⁷Cs в 2021 г. увеличилась в 4–10 раз по сравнению с 2020 годом.

Среднегодовая объёмная активность трития (100 Бк/л) в воде р. Течи в с. Муслимово в 76 раз ниже УВ, в с. Затеченское – в 84 раза ниже УВ. В 2021 г. объёмная активность трития в воде р. Течи (с. Муслимово, с. Затеченское) незначительно изменилась по сравнению с данными 2020 г.

Исследования отобранных проб воды в реках ЗН ФГУП «ПО «Маяк» на содержание в них трития, выполненные аналитическими лабораториями предприятия, показали повышенное содержание этого радионуклида по сравнению с его уровнем в реках России. Из приведённых данных (табл. 3.11.14) видно, что объёмная активность трития в воде р. Течи (с. Муслимово) в 2021 г. превышала средний уровень в реках России (1,55 Бк/л) примерно в 64 раза, но была значительно ниже УВ по НРБ-99/2009 [2].

Река Караболка берёт начало в нижнем бьефе болота Бугай, которое подверглось радиоактивному загрязнению в результате аварии 1957 г. на ФГУП «ПО «Маяк». Лабораториями предприятия контроль проводился в нижнем бьефе болота Бугай и в створе с. Татарская Караболка (табл. 3.11.17). В 2021 г. объёмная активность ⁹⁰Sr в нижнем бьефе болота Бугай (исток р. Караболка) и в воде р. Караболка снизилась в 2–4 раза по сравнению с 2020 г. Из табл. 3.11.17 видно, что объёмные активности ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs и ³H в водах рек Караболка и Синара ниже, чем в реках Исеть и Теча и не превышают УВ.

Таблица 3.11.17

**Объёмная активность радионуклидов в воде р. Караболки и р. Синары в 2021 г., Бк/л
(данные Уральского УГМС, НПО «Гайфун» и ФГУП «ПО «Маяк»)**

Месяц	р. Караболка									Устье р. Синары	
	д. Усть-Караболка		с. Татарская Караболка*			Нижний бьеф болота Бугай*			⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	³ H	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	³ H			
Январь	0,423	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,094	0,011
Февраль	0,268	0,01	0,4	<0,5	< 40	-	-	-	-	0,138	0,002
Март	0,211	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,106	0,002
Апрель	0,392	МДА	-	-	-	-	-	-	-	0,038	0,000
Май	0,241	0,01	0,3	<0,4	< 40	1,3	<0,4	< 40	-	0,217	0,002
Июнь	0,342	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,144	0,001
Июль	0,475	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,128	0,009
Август	0,501	0,01	0,03	< 0,4	< 40	-	-	-	-	0,082	0,016
Сентябрь	0,221	МДА	-	-	-	-	-	-	-	0,057	0,012
Октябрь	0,175	0,01	0,2	< 0,4	< 40	-	-	-	-	0,055	0,007
Ноябрь	0,238	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,080	0,008
Декабрь	0,930	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,074	0,022
Среднее:											
2021 г.	0,4	0,008	0,2	< 0,4**	< 40**	1,3	<0,4	< 40**		0,10	0,008
2020 г.	0,7	0,008	0,86	< 1,22**	< 40**	3,0	0,92	< 40**		0,10	0,003

Примечания: * – данные ФГУП «ПО «Маяк»;
 ** – с учётом значений ниже МДА;
 - – отбор проб не проводился;
 МДА ≤ 0,001 Бк/л.

Результаты контроля за содержанием радионуклидов в воде р. Мишеляк (в выходном створе) приведены в табл. 3.11.18. Радиоактивное загрязнение р. Мишеляк происходит за счёт:

- поверхностного стока с площади водосбора, загрязнённой в результате регламентных выбросов в атмосферу в начальный период работы предприятия, аварии 1957 г. и ветрового разноса 1967 г.;
- разгрузки потока загрязнённых подземных вод, мигрирующих от ПВХЖРО В-9.

Содержание радионуклидов в водах р. Мишеляк в 2021 г. (данные ФГУП «ПО «Маяк»)

Пункт контроля	Дата отбора проб	Объёмная активность, Бк/л		
		⁹⁰ Sr	³ H	¹³⁷ Cs
р. Мишеляк, выходной створ	Январь	0,04	70	< 3
	Февраль	0,4	70	< 3
	Март	0,3	60	< 3
	Апрель	0,2	60	< 3
	Май	0,05	< 40	< 4
	Июнь	0,2	50	< 4
	Июль	< 0,03	84	< 4
	Август	0,05	< 40	< 2
	Сентябрь	0,04	140	< 4
	Октябрь	0,3	120	< 4
	Ноябрь	0,5	80	< 4
	Декабрь	0,2	80	< 1
	Среднее за 2021 г.	0,2*	74*	< 3,3*
	Среднее за 2020 г.	0,2*	97	< 2,8*
УВ по НРБ-99/2009		4,9	7600	11

Примечание: * – с учётом значений ниже МДА.

Из табл. 3.11.18 видно, что в 2021 г. объёмная активность ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs и ³H в воде р. Мишеляк осталась на уровне 2020 года. Содержание контролируемых радионуклидов в воде р. Мишеляк значительно ниже УВ по НРБ-99/2009 [2].

Результаты мониторинга радионуклидного состава воды озёр, расположенных в зоне влияния ФГУП «ПО «Маяк», приведены в табл. 3.11.19. Иртышско-Каслинская и Кыштымская система озёр является местом расположения детских оздоровительных лагерей, баз отдыха и садоводческих товариществ. Озёра используются для питьевого и технического водоснабжения населённых пунктов и промышленных предприятий, а также имеют рыбохозяйственное значение [24].

Из табл. 3.11.19 видно, что объёмная активность ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в водах контролируемых озёр значительно ниже УВ по НРБ-99/2009 [2].

Таблица 3.11.19

Объёмная активность радионуклидов в озёрах зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г., Бк/л (данные ФГУП «ПО «Маяк»)

Озеро	Объёмная активность	
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Силач	< 0,03	< 0,3
Сунгуль	< 0,03	< 0,3
Киреты	< 0,03	< 0,3
Большие Касли	< 0,03	< 0,3
Малые Касли	< 0,03	< 0,3
Куташи	< 0,03	< 0,3
Иртыш	< 0,03	< 0,3
Большая Нанога	< 0,03	< 0,3
Малая Нанога	0,07	< 0,3
Большая Акуля	0,02	< 0,3
Акакуль	< 0,03	< 0,3
Увильды	< 0,03	< 0,3
Улагач	0,04	< 0,3
УВ по НРБ-99/2009 [2]	4,9	11

Расчёт интегрального показателя загрязнения оз. Иртыш проводился в соответствии с Рекомендациями Росгидромета (Р 52.18.853–2016). Значения ИПЗ ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs оз. Иртыш значительно ниже экологически безопасного уровня облучения биоты за рассматриваемый период (рис. 3.11.5). Основной вклад (более 80 %) в ИПЗ вносит ¹³⁷Cs.

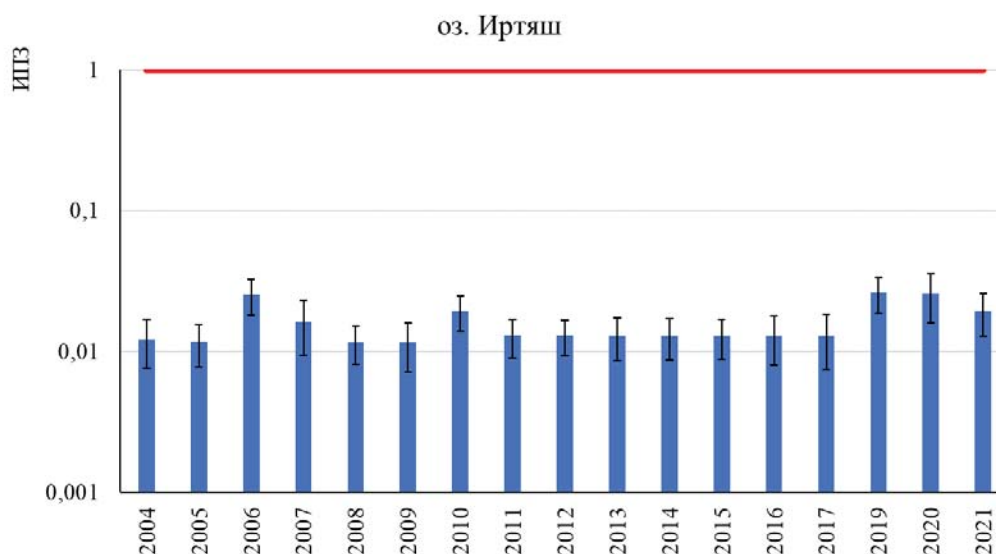


Рис. 3.11.5. Динамика интегрального показателя загрязнения воды озера Иртяш ^{90}Sr и ^{137}Cs за период 2004–2021 гг.

Снежный покров, растительность, почва

В марте 2021 г. в ЗН ФГУП «ПО «Маяк» Уральским УГМС в 10 пунктах были отобраны пробы снега, а в сентябре в 10 пунктах – пробы растительности. Результаты анализа этих проб на $\Sigma\beta$ и содержание ^{137}Cs приведены в табл. 3.11.20.

Таблица 3.11.20

Содержание $\Sigma\beta$ и ^{137}Cs в пробах снега и растительности в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г. (данные Уральского УГМС)

Пункт отбора проб	Снег, Бк/м ²				Растительность, Бк/кг			
	$\Sigma\beta$		^{137}Cs		$\Sigma\beta$		^{137}Cs	
	01.03.2021	02.03.2020	01.03.2021	02.03.2020	01.09.2021	02.09.2020	01.09.2021	02.09.2020
Ибрагимово	19,59	18,62	0,8	0,6	436,6	442,9	0,5	1,0
Касли	34,59	20,06	0,9	1,4	608,8	602,8	0,7	1,5
Кыштым	43,46	36,51	1,2	0,7	690,2	558,0	2,8	2,4
ЛЭП-60	20,76	26,21	0,7	0,9	417,9	590,2	1,3	1,5
Малый Куяш	15,53	22,78	0,8	0,7	692,1	590,5	4,2	1,4
Метлино	38,59	32,20	1,6	1,1	650,4	635,5	1,7	1,2
Новая Теча	18,67	22,02	0,8	1,2	710,6	737,5	0,8	1,3
Новогорный	26,55	36,77	2,7	1,4	476,9	610,9	2,9	2,7
Татыш	34,27	32,48	0,8	0,8	733,8	806,9	0,8	0,8
Худайбердинский	27,75	24,19	1,2	1,4	429,2	529,0	1,1	1,3
Среднее по зоне наблюдения	28,0	27,2	1,2	1,0	584,7	610,4	1,7	1,5

Усреднённая по зоне наблюдения плотность загрязнения снежного покрова $\Sigma\beta$ и ^{137}Cs (табл. 3.11.20) в 2021 г. осталась на уровне предыдущего года. Самые высокие значения плотности загрязнения снега $\Sigma\beta$ (43,46 Бк/м²) были зарегистрированы в районе г. Кыштым, ^{137}Cs (1,6 Бк/м²) – в п. Метлино.

По данным табл. 3.11.20, полученным в 2021 г., значения удельной $\Sigma\beta$ и удельной активности ^{137}Cs в пробах растительности, усреднённые по зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк», остались на уровне предыдущего года наблюдений. Самая высокая удельная $\Sigma\beta$ в пробах растительности (733,8 Бк/кг) зафиксирована в п. Татыш, а ^{137}Cs (4,2 Бк/кг) – в п. Малый Куяш, что, соответственно, в 1,3 и 2,5 раза выше средних значений по зоне наблюдения.

На территории ЗН ФГУП «ПО «Маяк» сотрудниками аналитических лабораторий предприятия в июле 2021 г. также проводился отбор проб почв и растительности (табл. 3.11.21). Почва

и травянистая растительность отбирались с одного участка площадью 1 м² в местах расположения проботборных устройств «конус» и «планшет».

Таблица 3.11.21

**Удельная активность радионуклидов в пробах почв и растительности в зоне влияния
ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г. (данные ФГУП ПО «Маяк»)**

Пункт контроля	Почва, кБк/м ²			Растительность, Бк/кг сухой массы при 100 °С		
	¹³⁷ Cs	Pu	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	Pu	⁹⁰ Sr
г. Касли	<0,52	0,72	1,55	<19	<3,0	19
г. Кыштым	1,2	0,37	0,75	<19	<2,9	11
г. Озёрск, городская насосно-фильтровальная станция	1,2	1,45	0,55	<19	<3,2	73
д. Сарыкульмяк	8,0	0,65	7,50	<19	<3,6	34
Насосно-фильтровальная станция химико-металлургического завода	6,2	1,45	3,30	<19	4,6	17
с. Аргаяш, метеостанция	1,3	0,55	0,55	<19	<3,3	<7,3
п. Башакуль	4,7	0,45	5,50	<19	<3,3	61
п. Калиновский	5,6	0,65	2,25	<19	<3,3	22
п. Красный Партизан	<0,52	0,45	2,45	<19	3,0	<7,3
п. Метлино	2,1	0,21	2,40	<19	<2,6	59
Пункт долговременного хранения радиоактивных отходов «ТРО-ОНИС»	0,8	0,28	1,60	<19	<2,6	71
п. Новогорный	5,2	0,65	1,10	<19	<2,9	64
п. Худайбердинский	1,8	0,37	0,60	<19	<3,3	13
с. Большой Куяш	1,5	0,40	2,05	<19	<3,1	12
с. Кузнецкое	0,8	0,29	0,65	<19	<3,1	11
с. Татарская Караболка	1,0	0,40	0,75	<19	<2,9	21
г. В. Уфалей	<0,52	3,45	4,50	<19	<3,4	7,5
с. Багаряк	0,7	0,24	3,05	<19	<3,4	11
с. Муслумово	<0,52	1,0	0,55	<19	<4,1	7,3
п. Слюдорудник	0,52	0,75	0,37	<19	<2,9	<7,3
Среднее по зоне влияния	2,2	0,7	2,1	<19	<3,2	26,8
Региональное (фоновое) значение [12]	3,8*	0,7*	3,9*	-	-	-

Примечания: * – данные 2020 г.;

- - нет данных.

В соответствии с результатами анализа содержание радионуклидов ⁹⁰Sr в пробах растительности в 2021 г. изменялось в диапазоне 7–73 Бк/кг. Самые высокие значения удельной активности ⁹⁰Sr на обследованной территории зафиксированы в пробах растительности, отобранных в г. Озёрске (городская насосно-фильтровальная станция), пункте долговременного хранения радиоактивных отходов «ТРО-ОНИС», п. Новогорный, п. Башакуль и п. Метлино. Содержание ¹³⁷Cs и суммы изотопов Pu во всех пробах растительности не превышало 19 и 4 Бк/кг соответственно. Самые высокие значения содержания ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в почве на территории обследования зарегистрированы в д. Сарыкульмяк, Pu – в г. В. Уфалей. Средние значения удельной активности контролируемых радионуклидов в почве сопоставимы с фоновыми уровнями (табл. 3.11.21).

Значения ИПЗ почвы ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs и ²³⁹Pu в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» за период 2011–2021 гг. не превышали экологически безопасного уровня облучения биоты (рис. 3.11.6). Основной вклад в значение ИПЗ за период 2011–2021 гг. вносит ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs.

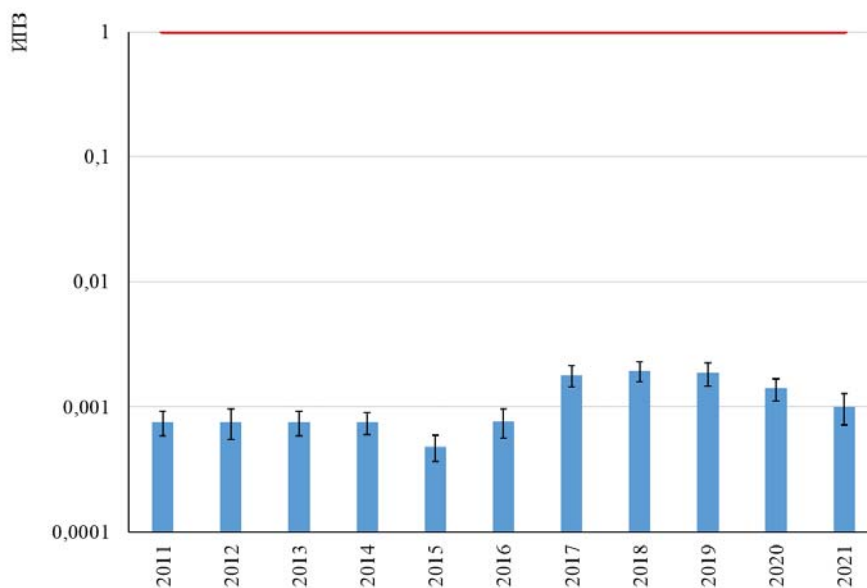


Рис. 3.11.6. Динамика интегрального показателя загрязнения почвы ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs и ²³⁹Pu в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» за период 2011–2021 гг.

Радиационный фон на местности

Среднегодовые значения МАЭД в пунктах наблюдения 100-км зоны ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г., по данным Уральского УГМС (табл. 3.11.22), находились в пределах 0,10–0,13 мкЗв/ч (при среднем значении 0,11 мкЗв/ч) и были на уровне данных за последние 10 лет и среднего значения для Уральского региона (0,11 мкЗв/ч).

Таблица 3.11.22

Динамика МАЭД в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» в 2012–2021 гг., мкЗв/ч (данные Уральского УГМС)

Пункт наблюдения	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1 Аргаяш	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
2 Бродокалмак	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10
3 Верхний Уфалей	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11
4 Златоуст	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12
5 Ибрагимово	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12
6 Караболка	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12
7 Касли	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,10
8 Кыштым	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11
9 Метлино	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12
10 Миасс	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10
11 Новогорный	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11
12 Нязепетровск	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10
13 Рыбниковское	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10
14 Сысерть	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11
15 Тюбук	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
16 Худайбердинский	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
17 Челябинск	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
Среднее по зоне наблюдения	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Среднее по Уральскому региону	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11

По данным ФГУП «ПО «Маяк», в 2021 г. среднегодовые значения МАЭД на территории ЗН изменялись в диапазоне 0,10 – 0,17 мкЗв/ч, плотности потока бета-частиц (ППБЧ) находились в пределах 3–6 част/см²·мин и не отличались от данных за предыдущие годы. Полученные результаты сопоставимы со средними значениями для Уральского региона.

Подводя итоги, можно отметить следующие особенности радиационной обстановки в 100-км зоне ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 году.

Величина среднегодовой объёмной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы ЗН ($47,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) значительно превышала средневзвешенную по территории РФ в 2021 г. ($1,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), но была на семь порядков ниже величины ДОА_{НАС} по НРБ-99/2009 [2]. Среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» ($25,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³) в 1,5 раза превышала средневзвешенную по территории РФ $\Sigma\beta$ ($16,39 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³).

В 2021 г. годовые выпадения ^{90}Sr из атмосферы ($2,6$ Бк/м²·год) в среднем по 100-км зоне ФГУП «ПО «Маяк» остались на уровне 2020 г. ($2,7$ Бк/м²·год) и в 2 раза превышали региональный фон ($1,3$ Бк/м²·год). Атмосферные выпадения ^{137}Cs ($3,1$ Бк/м²·год) увеличились в 2 раза по сравнению с данными 2020 г. ($1,6$ Бк/м²·год), в 1,6 раза превышали региональные фоновые выпадения ($1,9$ Бк/м²·год) и в 19 раз – средневзвешенные по территории РФ ($0,16$ Бк/м²·год).

Детальный анализ результатов мониторинга загрязнения атмосферы ^{90}Sr и ^{137}Cs в районе ФГУП «ПО «Маяк» за 2000–2019 гг. представлен в [25]. Отмечено, что по данным Росгидромета, содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в атмосфере на шесть-семь порядков величины ниже установленных санитарных норм. Основное загрязнение атмосферы обусловлено: выносом водного аэрозоля с акватории водоёмов-хранилищ ЖРО, дефляцией и ветровым уносом радиоактивной пыли при проведении строительных, сельскохозяйственных и/или реабилитационных работ, а также при пожарах и возгораниях на ранее (аварии 1957 и 1967 гг.) загрязнённых территориях. Выбросы ^{90}Sr и ^{137}Cs из труб предприятия пренебрежимо малы, и их вклад в общее загрязнение атмосферы от всех источников не может быть выделен средствами инструментального контроля [25].

В водных объектах зоны влияния ФГУП «ПО «Маяк» пределы среднегодовых концентраций ^{90}Sr (по данным Уральского УГМС) составили $0,4$ – $4,3$ Бк/л. Среднегодовые концентрации этого радионуклида на три порядка выше среднегодовой для рек России ($0,0046$ Бк/л). Среднегодовая объёмная активность трития в водных объектах зоны влияния ФГУП «ПО «Маяк» в 2020 г. изменялась в диапазоне <40 – 100 Бк/л и превышала фоновый уровень в реках России ($1,55$ Бк/л) примерно в 25 – 64 раза, но была значительно ниже УВ по НРБ-99/2009 [2]. Анализ радиационной обстановки не выявил превышения экологически безопасного уровня облучения биоты для интегрального показателя загрязнения компонентов природной среды в зоне наблюдения предприятия.

В целом радиационная обстановка на территории ЗН ФГУП «ПО «Маяк» стабильна [8]. Значения контролируемых параметров радиационной обстановки в ЗН предприятия, включая территорию, загрязнённую в результате аварий, ниже регламентированных нормативными документами. Вместе с тем отмечаются более высокие, по сравнению с региональным фоном, уровни содержания техногенных радионуклидов в ряде компонент природной среды (приземный воздух, атмосферные выпадения, поверхностные воды) [26]. С учётом потенциальной радиационной опасности ФГУП «ПО «Маяк» мониторинг радиационной обстановки в районе расположения предприятия необходимо продолжать. Для современной оценки радиоэкологической безопасности в районе расположения ФГУП «ПО «Маяк» нужно учитывать территории, загрязнённые техногенными радионуклидами в результате прошлой производственной деятельности предприятия, требующие детального радиоэкологического мониторинга.

3.12. ФГУП «ГХК»

Федеральное государственное унитарное предприятие «Горно-химический комбинат» государственной корпорации «Росатом» (далее – ГХК) – уникальный объект использования атомной энергии с подземным расположением основных ядерных производств, не имеющий аналогов в мире. Предприятие расположено на правом берегу р. Енисей в 9 км от г. Железногорска и в 60 км ниже по течению реки от г. Красноярска.

ГХК занимает площадь около 360 км² вдоль берега реки Енисей. Площадь промплощадки с СЗЗ составляет 56,19 км². СЗЗ комбината протяжённостью 17 км вытянута вдоль правого берега реки и имеет форму, представленную на рис. 3.12.1. ЗН комбината – круг радиусом 20 км вокруг места расположения основного источника газоаэрозольных выбросов ГХК и 1000 км поймы Енисея вниз по течению реки от места сброса сточных вод ГХК. Основная часть населения (примерно 130 тыс. человек) проживает в промышленных городах Железногорск и Сосновоборск. На территории ЗАТО Железногорск проживают около 92 тыс. человек. В 20-км ЗН ФГУП «ГХК» расположено 13 сельских населённых пунктов с общей численностью населения 7,4 тыс. человек. На берегах Енисея в границах ЗН ФГУП «ГХК» расположено более 30 населённых пунктов, в том числе города Енисейск и Лесосибирск [27] с численностью населения 18 тыс. и 59 тыс. человек. Ближайшими к комбинату населёнными пунктами являются: с. Атаманово с населением ~ 2800 человек (расположено на границе СЗЗ (рис. 3.12.1) на левом берегу р. Енисей в 6 км ниже по течению реки от места выпуска сбросных вод комбината) и с. Большой Бальчуг с населением ~ 130 человек (расположено на правом берегу р. Енисей в 16 км ниже по течению реки от места выпуска сбросных вод).

По сравнению с атмосферными выбросами ГХК, более заметное воздействие на радиологическую обстановку оказали радиоактивные сбросы комбината [28]. Радиоактивный след ГХК был обнаружен летом 1971 г. на удалении около 2000 км от комбината при исследовании радиоактивного загрязнения континентального шельфа Карского моря экспедицией Института экспериментальной метеорологии (ныне – ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета). Были выявлены повышенные уровни содержания ¹³⁷Cs в донных отложениях Енисейского залива, достигающие 15 кБк/м², что в 4–8 раз было выше уровней загрязнения, обусловленных глобальными выпадениями. Кроме этого в донных отложениях было обнаружено присутствие ⁵⁴Mn и ⁶⁵Zn. Эти факты свидетельствовали о наличии возможного источника радиоактивного загрязнения бассейна р. Енисей, что и подтвердилось дальнейшими исследованиями. Многолетние сбросы радионуклидов привели к загрязнению ими компонент экосистемы р. Енисей, включая ряд участков поймы.

В 1992 г. на ГХК были остановлены для последующего вывода из эксплуатации два прямооточных уран-графитовых реактора комбината – АД и АДЭ-1. В феврале 2016 г. был завершён первый этап вывода из эксплуатации промышленного реактора АД, который проводился по варианту «захоронение на месте». После вывода из эксплуатации прямооточных реакторов поступление радионуклидов в р. Енисей было связано в основном со сбросом вод охлаждения регулирующих каналов системы управления и защиты реактора АДЭ-2 и очищенных траповых вод реакторного и радиохимического заводов. В соответствии с Соглашением 1997 г. между правительствами России и США о сотрудничестве в отношении реакторов, производящих плутоний, реактор АДЭ-2

остановлен 15 апреля 2010 года. С 2016 г. предприятие осуществляло комплекс мероприятий по загрузке, транспортировке и переработке высокообогащённого ядерного топлива промышленных уран-графитовых реакторов. В 2017 г. эта работа была завершена, ФГУП «ГХК» полностью освобождён от ОЯТ данного типа, которое направлено на переработку на другое предприятие Росатома – ФГУП «ПО «Маяк» (г. Озёрск, Челябинская область).

В настоящее время три основных подразделения в структуре ГХК продолжают оставаться предприятиями потенциальной радиационной опасности – радиохимический, реакторный и изотопно-химический заводы. Кроме того, потенциальными источниками радиоактивного загрязнения являются: полигон «Северный» (захоронение жидких радиоактивных отходов различной активности), хранилища-накопители радиоактивных растворов, ёмкости для промежуточного хранения среднеактивных отходов, хранилища и могильники для твёрдых радиоактивных отходов.

Полигон «Северный» расположен на правом берегу р. Енисей на высокой (100 м) террасе (водораздел рек Енисей и Большая Тель) в 55–60 км ниже по течению реки от г. Красноярск в сторону с. Большой Бальчуг (рис. 3.12.1). Границы полигона удалены на расстояние 2,5–4 км от основных водных артерий. Суммарная площадь горного отвода под полигон составляет примерно 45 км², объём подземного пространства – около 11 000 м³. ЖРО ядерных реакторов и радиохимического производства подаются на полигон по магистральному трубопроводу длиной 15 км и закачиваются в геологические формации – подземные горизонты на глубину 130–220 и 400–500 м, изолированные от водоносных горизонтов и дневной поверхности. При этом производится одновременная откачка пластовых подземных вод и контроль степени их чистоты.

Радиохимический завод введён в эксплуатацию в 1964 г. для переработки облучённых в промышленных реакторах урановых блоков с целью извлечения из них невыгоревшего урана и оружейного плутония. Образующиеся при переработке облучённого урана жидкие высокоактивные отходы хранятся в специальных ёмкостях из нержавеющей стали. Очищенные до нормативных требований жидкие нетехнологические воды сбрасываются в р. Енисей. ЖРО средней и низкой активности закачиваются на подземное захоронение на полигон «Северный». Твёрдые радиоактивные отходы (ТРО) помещаются в специальные грунтовые и бетонные хранилища. Газовые и аэрозольные выбросы после очистки удаляются в атмосферу. В настоящее время завод производит смешанное уран-плутониевое топливо (МОКС-топливо) для энергоблока Белоярской АЭС.

Реакторный завод отвечает за вывод из эксплуатации всех объектов предприятия, в их числе три остановленных реактора, а также хранилища. Реакторное и радиохимическое производства составляют основу комбината и являются основными источниками загрязнения природной среды за счёт газоаэрозольных выбросов и водных сбросов, содержащих радионуклиды. Эти производства размещены на правом берегу р. Енисей по обе стороны р. Шумихи в скальных выработках в глубине горного массива.

Изотопно-химический завод в своём составе имеет «мокрое» водоохлаждаемое и «сухое» воздухоохлаждаемое хранилище ОЯТ, а также цех пускового комплекса опытно-демонстрационного центра (ОДЦ) по переработке ОЯТ.

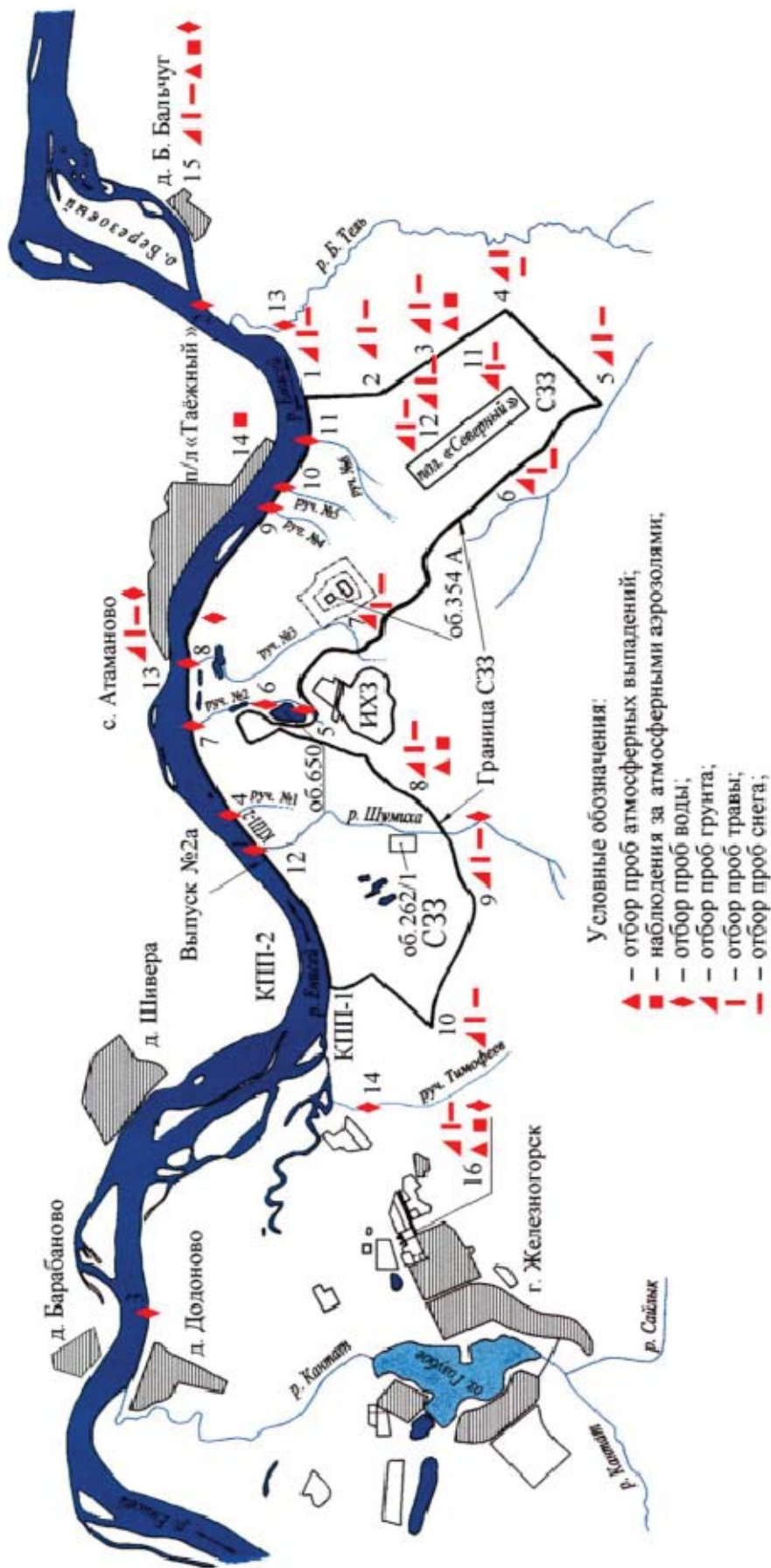


Рис. 3.12.1. Карта-схема расположения пунктов радиометрического контроля в районе ГХК

За время деятельности ГХК, связанной с эксплуатацией реакторного и радиохимического заводов, часть территории СЗЗ и ЗН были загрязнены радионуклидами. Основные причины загрязнения этих территорий следующие:

- сброс радиоактивных вод охлаждения двух прямоточных реакторов в р. Енисей;
- ветровой вынос радионуклидов с поверхности открытых бассейнов-хранилищ радиоактивных отходов, расположенных на промышленной площадке комбината.

В 2021 г. все производства на ГХК работали в регламентном технологическом режиме, что обеспечивало соблюдение установленных норм по выбросам и сбросам радионуклидов.

На производстве вывода из эксплуатации ЯРОО (ранее – реакторный завод) продолжают работы по выводу из эксплуатации остановленных ядерных реакторов, в 2021 г. выбросов не обнаруживалось. Радионуклидный состав выбросов завода фабрикации топлива (ранее – радиохимический завод) в 2021 г. обусловлен продолжающимися работами по перекачке пульп РАО и урансодержащего сырья, а также работами по производству МОКС-топлива и опытными работами Научно-производственного Международного центра инженерных компетенций (НП МЦИК). В составе выбросов завода фабрикации топлива в 2021 г. обнаружены ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{241}Am , изотопы плутония. На заводе регенерации топлива (ранее – изотопно-химический завод) продолжалось хранение сборок с отработавшим топливом АЭС с ВВЭР-1000 в «мокром» хранилище и поступающих сборок с отработавшим топливом АЭС с РБМК-1000 в «сухом» хранилище. Проводились опытные работы по переработке ОЯТ на ОДЦ. В составе выбросов завода регенерации топлива в 2021 г. обнаружены следующие радионуклиды: ^{137}Cs , ^{60}Co , изотопы плутония.

По данным, представленным в табл. 3.12.1, в 2021 г. годовые выбросы в атмосферу радионуклидов на ГХК, за исключением ^{238}Pu , были на два–семь порядков ниже величины допустимых выбросов.

Таблица 3.12.1

Выбросы радионуклидов в атмосферу на ГХК, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
ИРГ	$1,14 \cdot 10^{18}$	$2,22 \cdot 10^{11}$	$6,07 \cdot 10^{11}$	$-3,85 \cdot 10^{11}$
^3H	$1,18 \cdot 10^{17}$	$2,20 \cdot 10^{12}$	$5,97 \cdot 10^{12}$	$-3,77 \cdot 10^{12}$
^{60}Co	$2,50 \cdot 10^{11}$	$4,79 \cdot 10^6$	$2,83 \cdot 10^7$	$-2,35 \cdot 10^7$
^{90}Sr	$2,72 \cdot 10^{11}$	$1,24 \cdot 10^7$	$3,74 \cdot 10^7$	$-2,50 \cdot 10^7$
^{137}Cs	$4,56 \cdot 10^{12}$	$2,53 \cdot 10^7$	$5,89 \cdot 10^7$	$-3,36 \cdot 10^7$
^{238}Pu	$5,37 \cdot 10^9$	$4,72 \cdot 10^9$	$2,53 \cdot 10^8$	$+4,47 \cdot 10^9$
^{239}Pu	$3,58 \cdot 10^{11}$	$1,46 \cdot 10^9$	$3,48 \cdot 10^8$	$+1,11 \cdot 10^9$

Работавшие до 1992 г. прямоточные реакторы АД и АДЭ-1 за период эксплуатации (с 1958 и 1961 гг. соответственно) являлись в течение ряда лет основными источниками поступления радионуклидов в р. Енисей. По сравнению с 1991 г., сброс в р. Енисей радионуклидов значительно снижен и с 1993 г. осуществляется после бассейна выдержки, построенного для снижения активности среднеживущих радионуклидов. Однако последствия сброса загрязнённых стоков, произведённых до 1992 г., прослеживаются на всём протяжении р. Енисей. Многолетние сбросы долгоживущих радионуклидов обусловили загрязнение ими донных отложений и почвы пойменных участков реки. Прекращение прямых сбросов мало повлияло на содержание долгоживущих радионуклидов в речных донных отложениях и почве поймы, в которых сосредоточена существенная часть радиоактивности.

Тем не менее с 1992 г. использование только одного энергетического реактора и бассейна выдержки привело к значительному снижению концентрации радионуклидов, особенно короткоживущих, в воде р. Енисей, а также в водной растительности и рыбе.

Величины сбросов радионуклидов в р. Енисей в 2021 г., представленные в табл. 3.12.2, уменьшились по сравнению с предыдущим годом, за исключением ^{238}Pu . Фактический сброс ^{238}Pu увеличился на два порядка величины. В целом величины сбросов не превышали установленных нормативов допустимых сбросов. В 2021 г. в сбросах не были зарегистрированы ^3H , ^{134}Cs , ^{106}Ru , ^{144}Ce , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{239}Pu . Как видно из приведённой ниже таблицы, основной вклад в объёмную активность смеси сбрасываемых в р. Енисей радионуклидов вносили долгоживущие радионуклиды.

Таблица 3.12.2

Сбросы радионуклидов со сточными водами ГХК в открытую гидрографическую сеть, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый сброс	Фактический сброс		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^{60}Co	$1,85 \cdot 10^{12}$	$7,25 \cdot 10^7$	$4,07 \cdot 10^8$	$-3,35 \cdot 10^8$
^{90}Sr	$3,40 \cdot 10^{11}$	$5,62 \cdot 10^8$	$7,17 \cdot 10^8$	$-1,55 \cdot 10^8$
^{137}Cs	$7,54 \cdot 10^{11}$	$2,54 \cdot 10^9$	$8,85 \cdot 10^9$	$-6,31 \cdot 10^9$
^{238}Pu	$4,11 \cdot 10^{10}$	$1,59 \cdot 10^{10}$	$2,00 \cdot 10^8$	$+1,57 \cdot 10^{10}$

Радиационный мониторинг объектов природной среды в СЗЗ и ЗН комбината осуществляется Лабораторией радиоэкологического мониторинга (ЛРЭМ), входящей в состав экологического управления ФГУП «ГХК». В 2021 г. ЛРЭМ контролировались следующие параметры, характеризующие радиационную обстановку в СЗЗ и ЗН (рис. 3.12.1):

- объёмная активность радионуклидов в приземном слое воздуха на девяти стационарных пунктах контроля, расположенных на расстоянии до 15 км от основного источника выбросов (объект 262/1) с учётом розы ветров. Аэрозоли улавливали на аналитические фильтры из ткани ФПП-15-1,7 с помощью ВФУ производительностью более $300 \text{ м}^3/\text{ч}$;

- радиоактивность атмосферных выпадений в пунктах, расположенных на территории СЗЗ и ЗН, и в пунктах мониторинга глобального фона. Пробы отбирались с помощью металлических кювет, дно которых выстилалось марлевым планшетом. В каждом пункте контроля размещалось по две кюветы. Смена планшетов, расположенных на территории СЗЗ и ЗН, производилась один раз в неделю одновременно с заменой фильтров на ВФУ. В пунктах мониторинга глобального фона смена планшетов производилась один раз в месяц;

- содержание радионуклидов в почве и растительности в 15 пунктах, два из которых фоновые;

- содержание радионуклидов в снеге в 15 точках;

- объёмная активность радионуклидов в воде р. Енисей (в двух створах у правого берега) и в ручьях, протекающих вблизи хранилищ радиоактивных отходов или пересекающих линии специализации (отбор проб производился с мая по октябрь); фоновое содержание радионуклидов в воде р. Енисей определялось в 17 км выше выпуска № 2а в районе д. Додоново;

- мощность дозы внешнего гамма-излучения во время маршрутных обследований, а также с помощью системы АСКРО ГХК, состоящей из 12 постов контроля, размещённых на расстоянии от 4 до 28 км от источника выбросов с учётом расположения населённых пунктов; измерения производились с экспозицией 512 с (~9 минут), сбор данных осуществлялся 4 раза в сутки (каждые 6 часов). За 2021 г. выполнено более 700 тыс. измерений.

Суммарная β -активность проб природной среды измерялась на универсальных радиометрах РУБ-01П, альфа-, бета-радиометрах УМФ-2000; гамма-спектрометрический анализ – на спектрометре гамма-излучения DSG-2010 на основе детектора из особо чистого германия GCD-30185 и сцинтилляционном гамма-спектрометре «Гамма-1С». Содержание гамма-излучающих нуклидов измерялось на полупроводниковом гамма-спектрометре. Содержание $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr определялось радиохимическими методами.

Наблюдения за радиационной обстановкой в 100-км зоне вокруг ГХК проводятся Среднесибирским УГМС (рис. 3.12.2).

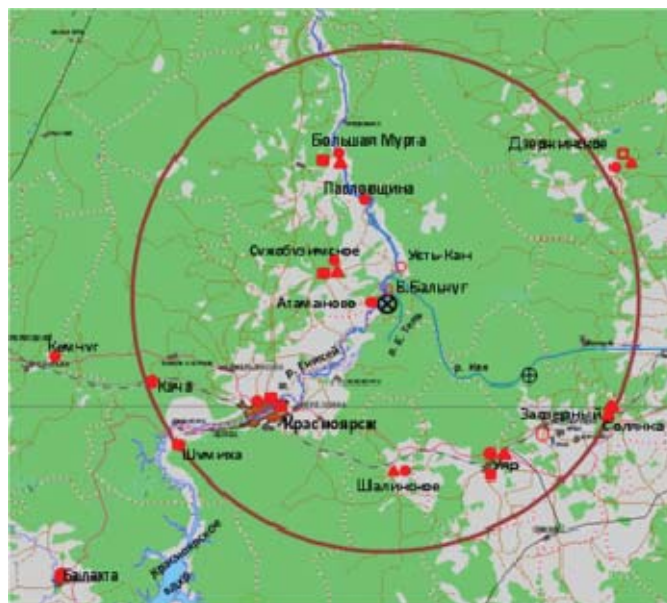


Рис. 3.12.2. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг ГХК:

- ⊗ – ГХК;
- ⊕ – ЭХЗ;
- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – отбор проб атмосферных аэрозолей;
- ◻ ◻ – планируемые наблюдения.

В 2021 г. Среднесибирское УГМС проводило наблюдения:

– за объёмной активностью радионуклидов в приземном слое атмосферы в четырёх пунктах (ВФУ);

– за радиоактивностью атмосферных выпадений в семи пунктах с помощью горизонтальных планшетов;

– за мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения на 11 метеостанциях (8 раз в сутки) и двух гидропостах (2 раза в сутки), а также при проведении маршрутной гамма-съёмки местности в 38 точках по двум маршрутам и двум населённым пунктам (деревни Додоново и Большой Бальчуг) (рис. 3.12.3);

– за содержанием радионуклидов в снегу во время маршрутных обследований в пунктах, расположенных в разных направлениях от комбината в радиусе до 20 км;

– за объёмной активностью радионуклидов в воде р. Енисей и других рек 100-км зоны во время маршрутных обследований.

Отбор проб компонентов окружающей среды производился в пунктах, максимально приближенных к комбинату (в радиусе до 20 км) и расположенных в разных направлениях от него. Карта-схема маршрутов обследования представлена на рис. 3.12.3.



Рис. 3.12.3. Маршруты экспедиционных обследований территории ближней зоны ГХК

Приземная атмосфера

В табл. 3.12.3 приведены среднемесячные и максимальные суточные значения объёмной $\Sigma\beta$ в атмосферном воздухе, полученные по результатам анализов недельных и суточных проб [29].

По данным оперативного мониторинга радиоактивного загрязнения приземной атмосферы в 100-км зоне комбината в 2021 г. были зарегистрированы 11 случаев пятикратного превышения концентрации суммы бета-активных радионуклидов над фоновым уровнем. Наиболее высокое значение концентрации суммы бета-активных радионуклидов в суточных пробах аэрозолей было зафиксировано в пробе, отобранной на метеостанции Сухобузимское 25–26 декабря 2021 г. ($299,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). По результатам гамма-спектрометрического анализа радиоактивность аэрозолей приземной атмосферы определялась в основном радионуклидами естественного происхождения, из которых наиболее заметный вклад вносил космогенный бериллий-7. Содержание радионуклидов техногенного характера в атмосфере находилось на уровне глобального радиоактивного фона. Объёмная $\Sigma\beta$ в СЗЗ и ЗН ГХК была выше средневзвешенной объёмной $\Sigma\beta$ для территории Западной Сибири ($17,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³) в 2,2 и 2,5 раза соответственно. В пунктах 100-км зоны вокруг ГХК, по данным Среднесибирского УГМС, среднемесячные значения объёмной $\Sigma\beta$ в воздухе изменялись в

течение года в диапазоне от $5 \cdot 10^{-5}$ до $102 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Среднегодовое значение объёмной $\Sigma\beta$ в пункте Сухобузимское было выше средневзвешенного значения объёмной $\Sigma\beta$ для территории Западной Сибири в 1,2 раза, в пунктах Уяр, Большая Мурта и Красноярск (опытное поле) – ниже в 1,2, 1,3 и 1,7 раза соответственно.

Таблица 3.12.3

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения объёмной $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы в зоне наблюдения ГХК и в 100-км зоне вокруг ГХК в 2021 г., 10^{-5} Бк/м³ (данные ЛРЭМ ЭУ ГХК (рис. 3.12.1) и Среднесибирского УГМС (рис. 3.12.2))

Месяц		10 км на СВ, граница СЗЗ, т. 3	9 км на ЮЗ, г. Железногорск, ЗН, т. 16	60 км на ЮЗ, г. Красноярск, опытное поле	26 км на СЗ, Сухобузимское	67 км на СЗЗ, Большая Мурта	72 км на ЮВ, Уяр
Январь	с	36	102	17	-	19	18
	м	60	140	45	-	52	53
Февраль	с	33	37	13	-	21	9
	м	56	50	29	-	56	19
Март	с	34	40	7	19	8	14
	м	62	44	17	54	17	41
Апрель	с	26	41	8	16	10	10
	м	42	54	15	41	19	18
Май	с	45	43	8	17	16	12
	м	34	70	15	44	34	25
Июнь	с	28	38	8	16	11	15
	м	34	67	18	45	19	36
Июль	с	24	40	9	21	19	18
	м	46	45	20	74	40	48
Август	с	56	56	13	24	15	21
	м	82	90	29	100	28	48
Сентябрь	с	20	30	5	19	9	12
	м	27	37	11	58	19	35
Октябрь	с	29	18	11	21	10	14
	м	33	19	31	76	29	48
Ноябрь	с	42	31	5	13	12	10
	м	61	38	15	36	22	21
Декабрь	с	71	43	12	46	11	15
	м	54	51	38	300	33	30
Среднее:							
2021 г.		37	43	10	21	13	14
2020 г.		48	50	8	23	14	18

Примечание: - - не отобраны пробы по причине неисправности электродвигателя ВФУ.

В 2021 г. в 100-км зоне ГХК ни в одном из пунктов наблюдения не было зафиксировано случаев радиоактивного загрязнения аэрозолей выше критерия $3700 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³.

Данные радиоизотопного анализа проб аэрозолей, отобранных ЛРЭМ в СЗЗ и ЗН, представлены в табл. 3.12.4 [29].

Таблица 3.12.4

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы на границе СЗЗ и в ЗН ГХК, 10^{-7} Бк/м³ (данные ЛРЭМ)

Радионуклид	Размещение пунктов мониторинга относительно источника выбросов – объекта 262/1 (рис. 3.12.1)				ДОНАС. по НРБ-99/2009, Бк/м ³
	10 км на северо-восток, граница СЗЗ, т. 3		9 км на юго-запад, г. Железногорск, ЗН, т. 16		
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	
⁶⁰ Со	< 1	< 2	7,8	< 2	11
⁹⁰ Sr	< 200	3,6	< 200	8,3	2,7
¹³⁷ Cs	33	16	12	9,4	27
²³⁸ Pu	17	8	41	2,6	$2,7 \cdot 10^{-3}$
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	9,3	13	20	12	$2,5 \cdot 10^{-3}$
²⁴¹ Am	< 20	< 20	< 20	< 20	$2,9 \cdot 10^{-3}$
$\Sigma\beta$	3700	4800	4300	5000	

Для сравнения в таблице приведены допустимые уровни содержания радионуклидов в воздухе для населения по НРБ-99/2009. Из табл. 3.12.4 видно, что в приземном слое воздуха комбината объёмная активность ^{60}Co (в СЗЗ) и ^{241}Am (в СЗЗ и ЗН), как и в прошлом году, была ниже предела обнаружения используемой аппаратуры. Отметим снижение чувствительности определения объёмной активности ^{90}Sr в приземном воздухе в 2021 году. Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в воздухе СЗЗ и ЗН была в 2,1 и 1,3 раза выше 2020 г. соответственно. При этом содержание ^{137}Cs в воздухе СЗЗ и ЗН превышало средневзвешенную по территории Западной Сибири объёмную активность ^{137}Cs ($2,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) в 16,5 и 6 раз соответственно. Объёмная активность $^{239+240}\text{Pu}$ в СЗЗ в 1,4 раза ниже 2020 г., в ЗН – в 1,7 раза выше 2020 г., однако в обоих случаях была на четыре порядка ниже ДО_{АНАС} по НРБ-99/2009 [2].

В табл. 3.12.5 приведены данные радионуклидного анализа проб аэрозолей из 100-км зоны ГХК (рис. 3.12.1), проведённого лабораториями ФГБУ «НПО «Тайфун» и Среднесибирского УГМС.

Таблица 3.12.5

Объёмные активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы в 100-км зоне вокруг ГХК в 2010–2020 гг., 10^{-7} Бк/м³ (данные НПО «Тайфун» и Среднесибирского УГМС)

Пункт наблюдения	Год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Среднее за год	Средневзвешенное по территории Западной Сибири
^{137}Cs							
Большая Мурга	2010	2,8	1,9	2,4	2,0	2,3	3,4
	2011	14,3	204,7	4,0	3,6	56,7	46,1
	2012	3,9	7,2	11,0	2,6	6,2	4,5
	2013	3,3	н	8,2	4,5	4,0	4,5
	2014	4,8	4,1	5,3	2,8	4,3	3,1
	2015	2,8	4,7	2,8	2,0	3,1	2,2
	2016	2,7	2,8	4,6	1,3	2,9	3,0
	2017	2,8	н	1,0	1,4	1,6	1,9
	2018	2,2	1,2	2,8	н	1,8	1,7
	2019	1,9	н	2,2	н	1,5	2,3
	2020	1,7	3,2	1,6	н	1,9	1,6
	2021	н	н	н	н	н	2,0
Красноярск (опытное поле)	2010	2,0	1,3	3,2	1,9	2,1	3,4
	2011	н	119,5	0,4	13,4	33,3	46,1
	2012	н	1,6	4,0	0,3	1,5	4,5
	2013	1,3	1,5	1,2	4,0	2,0	4,5
	2014	1,4	1,5	5,1	0,6	2,2	3,1
	2015	н	2,1	н	н	-	2,2
	2016	н	н	н	2,3	1,8	3,0
	2017	н	н	н	н	1,0	1,9
	2018	н	н	н	н	н	1,7
	2019	н	н	н	н	н	2,3
	2020	н	н	н	н	н	1,6
	2021	н	н	н	н	н	2,0
Сухобузимское	2010	2,0	2,4	2,4	1,3	2,0	3,4
	2011	9,0	170,8	3,8	2,2	46,5	46,1
	2012	2,4	6,2	8,7	1,8	4,8	4,5
	2013	1,8	н	14,0	2,8	4,7	4,5
	2014	3,7	5,8	3,9	2,5	4,0	3,1
	2015	2,4	4,9	4,5	1,8	3,4	2,2
	2016	1,3	2,2	5,0	0,5	2,3	3,0
	2017	1,2	1,2	1,2	3,4	1,8	1,9
	2018	2,6	3,4	1,7	1,3	2,3	1,7
	2019	1,5	1,4	2,5	1,3	1,7	2,3
	2020	2,0	4,2	1,5	1,1	2,2	1,6
	2021	н	н	н	н	н	2,0

Пункт наблюдения	Год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Среднее за год	Средневзвешенное по территории Западной Сибири
^{137}Cs							
Уяр	2010	0,4	0,4	1,4	0,7	0,7	3,4
	2011	15,2	146,7	2,3	1,4	41,4	46,1
	2012	0,7	4,7	5,4	н	2,7	4,5
	2013	1,2	7,3	7,0	1,7	4,3	4,5
	2014	1,8	2,8	2,1	1,6	2,1	3,1
	2015	1,3	1,4	1,7	1,4	1,5	2,2
	2016	н	1,1	2,3	н	0,9	3,0
	2017	4,5	2,0	н	1,0	2,1	1,9
	2018	2,6	2,2	1,9	н	1,9	1,7
	2019	н	2,2	2,6	н	1,8	2,3
	2020	н	2,7	н	н	1,4	1,6
	2021	0,8	1,0	1,8	н	1,2	2,0

Примечание: н – ниже порога обнаружения.

Из табл. 3.12.5 видно, что в пп. Большая Мурта, Красноярск и Сухобузимское содержание ^{137}Cs в приземном слое атмосферы 100-км зоны ГХК было ниже предела обнаружения. Среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в п. Уяр в 2021 г. в 1,7 раза ниже средневзвешенного значения для территории Западной Сибири ($2,0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). В 2011 г. наблюдалось увеличение среднегодовой объёмной активности ^{137}Cs во всех пунктах наблюдения, что было связано с поступлением в атмосферу аварийных выбросов на АЭС «Фукусима-1», однако уже в 2012 г. содержание этого радионуклида в атмосфере ЗН ГХК не отличалось от средних многолетних значений. Загрязнения приземной атмосферы ^{137}Cs в 2021 году зафиксировано не было. Все зафиксированные значения существенно ниже допустимых среднегодовых объёмных активностей для ^{137}Cs в воздухе, установленных для населения нормами НРБ-99/2009 (ДОО_{НАС} = 27 Бк/м³).

Радиоактивные выпадения

В 2021 г. ЛРЭМ ГХК осуществлялся мониторинг величины атмосферных выпадений радионуклидов с недельной (на территории СЗЗ и ЗН) и месячной (в пунктах мониторинга глобального фона) экспозицией, поэтому количественные результаты этих измерений в Ежегоднике не приводятся, так как они не могут быть сопоставлены с суточными измерениями, проводимыми Росгидрометом, из-за неопределённости коэффициента пересчёта (эффективность улавливания планшетом аэрозолей изменяется с увеличением экспозиции пробы). Однако необходимо отметить, что в 2021 г. $\Sigma\beta$ выпадений во всех пунктах наблюдения осталась на уровне 2020 г. и ни в одном из пунктов контроля не было зафиксировано случаев превышения критерия радиоактивного загрязнения атмосферных выпадений в суточных пробах 110 Бк/м²-сут. Наибольшее значение $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 г. наблюдалось 11–12 декабря в пункте наблюдения Красноярск (опытное поле) (20,2 Бк/м²-сут) и было несколько выше годовых выпадений в фоновых точках. Из техногенных радионуклидов в выпадениях регистрировался ^{137}Cs . В 2021 г. выпадения ^{137}Cs в СЗЗ уменьшились относительно 2020 г. в 1,7 раза, в ЗН – в 2,6–4,5 раза, а в фоновых точках (д. Крутая, п. Емельяново) – в 2,1 и 5,1 раза соответственно. Выпадения ^{137}Cs в пунктах, расположенных в СЗЗ и ЗН комбината, превышали значения в фоновых точках в 2,5–8,3 раза.

Отбор проб радиоактивных выпадений в 100-км зоне ГХК в 2021 г. проводился Среднесибирским УГМС в 7 пунктах. Расположение пунктов отбора проб приведено на рис. 3.12.1. Среднемесячные и максимальные за каждый месяц суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне ГХК

приведены в табл. 3.12.6. Из табл. 3.12.6 видно, что в 2021 г. средняя по 100-км зоне ГХК $\Sigma\beta$ выпадений практически во всех пунктах наблюдения осталась на уровне 2020 г. и была в 1,7 раза ниже фоновое значения для территории Западной Сибири (1,4 Бк/м²·сут). Среднегодовые суточные значения $\Sigma\beta$ выпадений в пунктах наблюдения колебались в диапазоне 0,4–20,2 Бк/м²·сут.

Таблица 3.12.6

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне вокруг ГХК в 2021 г., Бк/м²·сут (данные Среднесибирского УГМС)

Пункт наблюдения	Месяц												Среднее		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.	
Большая Мурта	с	0,8	0,6	0,7	1,0	0,9	0,8	0,5	0,6	0,8	0,8	1,6	0,9	0,8	0,8
	м	3,2	2,3	1,3	3,2	1,8	2,0	0,9	1,6	1,8	1,6	8,1	1,7		
Дзержинское	с	1,2	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8	0,6
	м	4,6	1,7	1,8	1,9	3,7	1,1	1,7	2,5	2,9	2,5	1,5	1,9		
Красноярск (опытное поле)	с	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	1,0	0,5	1,3	0,9	1,6	0,7	0,6
	м	1,8	2,2	7,9	1,1	1,6	1,9	2,2	3,7	0,9	3,0	2,9	20,2		
Солянка	с	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,5	1,1	0,9	1,0	0,9	0,8	0,6
	м	1,5	1,8	2,1	1,8	2,0	1,6	2,3	1,5	5,0	2,0	2,0	2,7		
Сухобузимское	с	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	0,8	0,9	0,8	1,0	1,0	1,3	0,9	0,7
	м	2,0	2,4	5,1	2,5	1,9	1,6	2,6	4,2	1,4	4,0	2,1	2,2		
Уяр	с	1,1	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	1,2	1,0	1,1	1,2	0,9	0,8
	м	3,1	1,8	1,9	1,7	1,6	3,0	2,6	2,6	6,3	2,2	1,8	2,6		
Шалинское	с	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	1,1	0,9	1,0	0,9	1,0	0,8	0,6
	м	1,4	1,6	1,6	2,2	2,1	2,2	1,6	3,7	2,5	1,7	1,9	1,8		
Среднее по 100-км зоне:	2021 г.	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	0,8	
	2019 г.	0,7	0,7	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,9	0,8	0,7		0,7

Почва, растительность

Отбор проб почвы для мониторинга её загрязнения радионуклидами в СЗЗ и ЗН ГХК в 2021 г. производился ЛРЭМ ГХК с помощью специального керн с фиксированной площадью отбора. На каждом исследуемом участке отбиралось по две параллельных пробы почвы на открытых участках с ровной поверхностью из верхнего 10-см слоя, в котором сосредоточено около 90 % активности, обусловленной выпадениями из атмосферы.

Мониторинг удельной активности техногенных радионуклидов в растительности осуществлялся путём отбора проб травы в тех же точках, где осуществлялся отбор проб почвы. На каждом участке отбиралось по две параллельных пробы травы, которая срезалась косой с фиксированной площади. Одновременно в местах отбора проб на высоте 1 м от поверхности земли проводились измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения.

В табл. 3.12.7 приведены результаты радиоизотопного анализа отобранных проб почвы и травы на содержание ¹³⁷Cs как основного радионуклида техногенного происхождения [29]. Из табл. 3.12.7 видно, что плотность загрязнения почвы ¹³⁷Cs в СЗЗ и ЗН ГХК в 2021 г. составляла от 1,0 до 2,6 кБк/м². Фоновое значение плотности загрязнения почвы (в контрольных точках) составляло 1,0 и 1,2 кБк/м² соответственно. Удельная активность ¹³⁷Cs в пробах травы в СЗЗ и ЗН изменялась от 1,5 до 14 Бк/кг в.-с. при значении в фоновых точках < 1,0 Бк/кг в.-с. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в точках отбора проб (10–13 мкР/ч) находилась в пределах колебаний естественного гамма-фона.

**Содержание ^{137}Cs в растительности и в 10-см слое почвы в СЗЗ и ЗН ГХК в 2021 г.
(данные ЛРЭМ ГХК)**

Размещение пунктов отбора проб относительно источника выбросов – объекта 262/1, (рис. 3.12.1)	Удельная активность		Плотность загрязнения		МАЭД в точке отбора, мкР/ч
	Почва, Бк/кг	Трава, Бк/кг в.-с.	Почва, кБк/м ²	Трава, Бк/м ²	
Санитарно-защитная зона					
9,5 км на северо-восток, т. 1	27 ± 4	< 1,0	< 1,0	< 0,4	10 ± 5
9 км на северо-восток, т. 2	42 ± 6	< 1,0	2,6 ± 0,4	< 0,4	11 ± 6
10 км на северо-восток, т. 3	11 ± 2	< 1,0	< 1,0	< 0,4	11 ± 6
11 км на северо-восток, т. 4	11 ± 2	< 2,0	< 1,0	< 0,4	10 ± 5
10,5 км на северо-восток, т. 5	10 ± 2	< 1,0	< 1,0	< 0,4	10 ± 5
4 км на восток от ограждения об. 354А, т. 6	36 ± 7	< 1,0	1,7 ± 0,3	< 0,4	10 ± 5
1 км на юг от ограждения об. 354А, т. 7	25 ± 4	2,1 ± 0,5	1,6 ± 0,2	0,47 ± 0,10	12 ± 6
1 км на северо-восток, т. 8	32 ± 6	1,5 ± 0,4	1,4 ± 0,3	0,34 ± 0,08	13 ± 7
3 км на юг, т. 9	23 ± 3	14 ± 1,5	1,4 ± 0,2	3,7 ± 0,4	11 ± 6
4 км на юго-запад, т. 10	16 ± 2	2,8 ± 0,7	1,0 ± 0,2	0,47 ± 0,11	11 ± 6
Зона наблюдения					
7 км на север, п. Атаманово, т. 13	42 ± 11	< 1,0	1,6 ± 0,4	< 0,4	10 ± 5
15 км на северо-восток, с. Б. Бальчуг, т. 15	40 ± 5	< 1,0	1,5 ± 0,2	< 0,4	10 ± 5
9 км на юго-запад, г. Железногорск, т. 16	18 ± 4	< 1,0	< 1,0	< 0,4	12 ± 6
Контрольные точки					
70 км на запад, п. Емельяново	21 ± 3	< 1,0	1,0 ± 0,2	< 0,4	11 ± 6
73 км на запад, д. Крутая	26 ± 5	< 1,0	1,2 ± 0,2	< 0,4	10 ± 5

Пробы почвы в 2021 году не отбирались. Отбор и анализ проб почвы при нормальной работе РОО и отсутствии аварий осуществляется Среднесибирским УГМС один раз в 5 лет (согласно «Руководству по организации контроля состояния природной среды в районе расположения АЭС»). Очередной отбор проб почвы будет произведён в 2025 году.

Снежный покров

В период с 19 февраля по 12 марта 2021 г. специалистами Среднесибирского УГМС были отобраны две пробы снега возле населённых пунктов Атаманово и Додоново и одна проба (фоновая) – на территории метеостанции Красноярск (опытное поле). Для концентрирования радиоактивности в пробах снег растапливался, и полученная талая вода подвергалась выпариванию. В 2021 г. содержание ^{137}Cs во всех пунктах пробоотбора было ниже предела измерения (табл. 3.12.8).

Таблица 3.12.8

**Содержание $\Sigma\beta$ в снеге в 30-км зоне вокруг ГХК в 2021 г.
(данные Среднесибирского УГМС)**

Пункт отбора пробы	Дата отбора	Объёмная активность в талой воде		Плотность загрязнения снежного покрова, Бк/м ²	
		$\Sigma\beta$, Бк/л	^{137}Cs , мБк/л	$\Sigma\beta$	^{137}Cs
Атаманово	19.02	0,32	нпи	32,61	нпи
Додоново	12.03	0,23	нпи	11,17	нпи
Красноярск (опытное поле) – фоновая проба	26.02	0,37	нпи	61,95	нпи

Примечание: нпи – ниже предела измерения.

Также отбор проб снега в 2021 г. производился ЛРЭМ ГХК в конце зимнего периода перед началом снеготаяния – с 18.02.2021 по 09.04.2021 года. В каждой точке контроля пробы отбирались на всю глубину снежного покрова. Общая бета-активность проб снежного покрова и содержание ^{137}Cs приведены в табл. 3.12.9 и 3.12.10 [29].

Общая бета-активность в снежном покрове в 2021 году

№ п/п	Место отбора проб	Общая бета-активность
		Бк/м ²
Санитарно-защитная зона (СЗЗ)		
1	9,5 км на северо-восток от источника выбросов (1 СЗЗ)	31 ± 6
2	9 км на северо-восток от источника выбросов (2 СЗЗ)	25 ± 6
3	10 км на северо-восток от источника выбросов (3 СЗЗ)	28 ± 5
4	11 км на северо-восток от источника выбросов (4 СЗЗ)	31 ± 6
5	10,5 км на северо-восток от источника выбросов (5 СЗЗ)	34 ± 9
6	4 км на восток от границы ограждения об. 354а (6 СЗЗ)	51 ± 14
7	1 км на юг от границы ограждения об. 354а (7 СЗЗ)	14 ± 4
8	1 км на северо-восток от источника выбросов (8 СЗЗ)	25 ± 6
9	3 км на юг от источника выбросов (9 СЗЗ)	25 ± 5
10	4 км на юго-запад от источника выбросов (10 СЗЗ)	18 ± 4
Зона наблюдения (ЗН)		
11	7 км на север от источника выбросов (с. Атаманово)	28 ± 5
12	15 км на северо-восток от источника выбросов (с. Б. Балчуг)	34 ± 9
13	9 км на запад от источника выбросов (г. Железногорск)	20 ± 5
Точки для контроля фона		
14	70 км на запад от источника выбросов (п. Емельяново)	13 ± 4
15	73 км на запад от источника выбросов (д. Крутая)	15 ± 3

Таблица 3.12.10

Содержание ¹³⁷Cs в снежном покрове в 2021 году

№ п/п	Место отбора проб	Цезий-137
		Бк/м ²
Санитарно-защитная зона (СЗЗ)		
1	9,5 км на северо-восток от источника выбросов (1 СЗЗ)	0,86 ± 0,25
2	9 км на северо-восток от источника выбросов (2 СЗЗ)	0,37 ± 0,18
3	10 км на северо-восток от источника выбросов (3 СЗЗ)	0,38 ± 0,17
4	11 км на северо-восток от источника выбросов (4 СЗЗ)	1,1 ± 0,3
5	10,5 км на северо-восток от источника выбросов (5 СЗЗ)	0,34 ± 0,18
6	4 км на восток от границы ограждения об. 354а (6 СЗЗ)	0,29 ± 0,15
7	1 км на юг от границы ограждения об. 354а (7 СЗЗ)	0,50 ± 0,16
8	1 км на северо-восток от источника выбросов (8 СЗЗ)	< 0,2
9	3 км на юг от источника выбросов (9 СЗЗ)	0,20 ± 0,09
10	4 км на юго-запад от источника выбросов (10 СЗЗ)	0,48 ± 0,15
Зона наблюдения (ЗН)		
11	7 км на север от источника выбросов (с. Атаманово)	0,60 ± 0,18
12	15 км на северо-восток от источника выбросов (с. Б. Балчуг)	0,35 ± 0,12
13	9 км на запад от источника выбросов (г. Железногорск)	< 0,2
Точки для контроля фона		
14	70 км на запад от источника выбросов (п. Емельяново)	0,26 ± 0,07
15	73 км на запад от источника выбросов (д. Крутая)	0,17 ± 0,06

Из табл. 3.12.10 видно, что содержание ¹³⁷Cs в снежном покрове в СЗЗ и ЗН ГХК в 2021 г. составляло от 0,2 до 1,1 Бк/м². Фоновое значение содержания ¹³⁷Cs в снеге в контрольных точках п. Емельяново и д. Крутая составляло 0,26 и 0,17 Бк/м² соответственно.

Поверхностные воды

Содержание радионуклидов в воде р. Енисей ЛРЭМ ежегодно определяется в двух контрольных створах у правого берега – в 250 м и в 10 км ниже выпуска сбросных вод ГХК, что на 1 км выше первого населённого пункта по правому берегу – с. Большой Балчуг (рис. 3.12.1, точки 1 и 2). В период навигации пробы отбирались с лодки на расстоянии ~ 100 м от правого берега (в струе

сточных вод), а в зимний период – непосредственно с берега. В первом створе пробы воды отбирались с мая по октябрь, поскольку в зимний период нет безопасных подходов с берега. Фоновое содержание радионуклидов в воде р. Енисей определялось ежемесячно в течение всего года у д. Додоново, расположенной в 17 км выше выпуска сбросных вод ГХК (рис. 3.12.1 т. 3). Для повышения чувствительности и достоверности результатов осадки, полученные после концентрирования месячных проб, объединялись за год. Среднегодовые объёмные активности радионуклидов в воде р. Енисей приведены в табл. 3.12.11 [29], где также приведены уровни вмешательства по НРБ-99/2009.

Таблица 3.12.11

**Среднегодовые объёмные активности радионуклидов в воде р. Енисей в 2021 г., Бк/л
(данные Радиоэкологического центра ГХК)**

Радионуклид	Пункт мониторинга (рис. 3.12.1)		Уровень вмешательства по НРБ-99/2009 [3]
	250 м ниже выпуска, т. 1	10 км ниже выпуска (1 км выше с. Б. Бальчуг), т. 2	
^{60}Co	< 0,002	< 0,002	40
^{90}Sr	$0,0042 \pm 0,0018$	$0,0023 \pm 0,0010$	4,9
^{137}Cs	< 0,002	< 0,002	11
$^{239+240}\text{Pu}$	< 0,001	< 0,001	0,55

Примечание: фоновые объёмные активности в 2021 г. для ^{90}Sr – 3 мБк/л, для ^{137}Cs – < 3 мБк/л (17 км выше выпуска, д. Додоново).

Из табл. 3.12.11 видно, что основной вклад в объёмную активность воды вносил ^{90}Sr . По сравнению с 2020 г., в 2021 году содержание ^{90}Sr в воде в 250 м ниже выпуска уменьшилось в 5,2 раза, а в 10 км ниже сброса – осталось на уровне содержания в 2020 году. По результатам измерений концентрации радионуклидов были на три-четыре порядка ниже УВ по НРБ-99/2009.

На расстоянии 1650 км вниз по течению от ГХК (п. Игарка) в р. Енисей Среднесибирское УГМС производит отбор проб воды с целью последующего анализа на содержание в ней ^{90}Sr и ^3H . Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в 2021 г., по данным Среднесибирского УГМС, составила 5,0 мБк/л, что в 1,1 раза выше средней объёмной активности ^{90}Sr в воде рек АТР (4,5 мБк/л). В 2021 г. среднегодовая объёмная активность ^3H в пробах воды, по данным ФГБУ «НПО «Тайфун», составляла 1,8 Бк/л, что в 1,1 раза выше, чем в 2020 г. (1,6 Бк/л).

В период с 23 апреля по 28 мая 2021 г. Среднесибирским УГМС были отобраны 4 пробы речной воды (табл. 3.12.12). Вода отбиралась в реках возле населённых пунктов, где возможно обнаружение радионуклидов техногенного характера (в р. Енисей в с. Большой Бальчуг и с. Атаманово в р. Большая Тель возле с. Большой Бальчуг). Фоновая проба воды была отобрана в р. Енисей возле речного вокзала г. Красноярск. Наибольшая радиоактивность речной воды была зарегистрирована в пробе, отобранной в р. Большая Тель (с. Большой Бальчуг). Концентрация суммы бета-радиоактивных продуктов в этой пробе составила 1,34 Бк/л. Техногенные радионуклиды в пробах речной воды и снега не обнаружены.

Для обнаружения возможной миграции радионуклидов с грунтовыми водами из хранилищ ТРО и ЖРО, а также возможной утечки радиоактивных продуктов из линий спецканализации в случае нарушения их герметичности на ГХК осуществляется контроль за содержанием радионуклидов в воде всех ручьёв, протекающих вблизи хранилищ радиоактивных отходов или пересекающих линии спецканализации (рис. 3.12.1). В 2021 г. отбор проб производился с мая по октябрь. Результаты анализа проб воды в ручьях приведены в табл. 3.12.13 [29].

Объёмная $\Sigma\beta$ в воде поверхностных водоёмов в ближней зоне ГХК в 2021 г.
(данные Среднесибирского УГМС)

Пункт мониторинга	Дата отбора	МАЭД, мкЗв/ч на высоте		Объёмная $\Sigma\beta$, Бк/л
		0,01 м	1 м	
Р. Енисей, с. Атаманово	23.04	0,08	0,11	0,65 (0,55)
Р. Енисей, с. Большой Бальчуг	28.05	0,09	0,12	0,52 (0,52)
Р. Большая Тель, с. Большой Бальчуг	28.05	0,13	0,08	1,34 (1,18)
Р. Енисей, г. Красноярск (фоновая точка)	21.05	0,06	0,04	0,69 (0,48)

Примечание: в скобках приведены данные за 2020 год.

Таблица 3.12.13

Объёмная активность радионуклидов в воде открытых водных объектов в окрестностях ГХК в 2021 г., Бк/л (данные ЛРЭМ ГХК)

Пункт мониторинга (рис. 3.12.1)	^{137}Cs	^{90}Sr	^{60}Co	$^{239+240}\text{Pu}$	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\beta$
Ручей № 1, устье, т. 4	< 0,003	< 0,01	< 0,002	< 0,001	< 0,2	< 0,4
Ручей № 2, выше об. 650, т. 5	< 0,003	< 0,01	< 0,002		< 0,2	< 0,4
Ручей № 2, ниже об. 650, т. 6	< 0,003	0,37	< 0,002		< 0,2	< 0,7
Ручей № 2, устье, т. 7	0,0054	0,18	< 0,002	< 0,001	< 0,2	< 0,4
Ручей № 3, устье, т. 8	0,048	0,022	< 0,002	0,0022	< 0,4	< 0,4
Ручей № 4, устье, т. 9	0,0045	< 0,03	< 0,002		< 0,2	< 0,4
Ручей № 5, устье, т. 10	< 0,002	< 0,02	< 0,002		< 0,2	< 0,4
Ручей № 6, устье, т. 11	< 0,002	< 0,02	< 0,002	< 0,001	< 0,2	< 0,4
Р. Шумиха, устье, т. 12	< 0,001	< 0,01	< 0,003		< 0,2	< 0,4
Ручей Тимофеев, устье, т. 14				< 0,001		
УВ по НРБ-99/2009 [3]	11	4,9	40	0,55	0,2	1

Из табл. 3.12.13 видно, что в 2021 г. в воде ручьёв, протекающих в СЗЗ комбината, содержание $\Sigma\alpha$ и $\Sigma\beta$ не превышало контрольных уровней по НРБ-99/2009 [2]. Повышенное содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr , по сравнению с фоновым уровнем для р. Енисей (табл. 3.12.11, примечание), выявлено в воде большинства ручьёв, что связано в основном с миграцией радионуклидов с загрязнённых участков территорий, примыкающих к промплощадке предприятия. Максимальные объёмные активности ^{90}Sr (0,37 Бк/л) и ^{137}Cs (0,048 Бк/л) наблюдались, как и в 2020 году, в ручье № 2 (т. 6) и в ручье № 3 (т. 8) и были ниже УВ по НРБ-99/2009 [2]. Максимальное содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в пробах воды ручьёв в 16 и 123 раза превышало фоновый уровень в р. Енисей.

Мониторинг радиационного фона на местности в СЗЗ и ЗН проводился ГХК с помощью АСКРО. По данным ЛРЭМ ГХК, в 2021 г. среднегодовое значение МАЭД составило 0,11 мкЗв/ч, варьируя в пунктах наблюдения от 0,09 до 0,14 мкЗв/ч, что соответствует гамма-фону Западно-Сибирского региона [29].

Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в 100-км зоне ГХК также контролировалась Среднесибирским УГМС. Значения МАЭД, полученные в 2021 г. в результате измерений на 11 метеостанциях и двух гидропостах на высоте 1 м от поверхности земли, находились в пределах колебаний естественного радиационного гамма-фона, не превышая установленного для перехода на оперативный радиационный контроль значения (0,30 мкЗв/ч).

В соответствии с Рекомендациями Росгидромета Р 52.18.853–2016, по данным радиационного мониторинга, определены интегральные показатели загрязнения почвы и поверхностных вод (ИПЗ) в зоне влияния ГХК по природоохранному (экологическому) и радиационному критериям сохранения благоприятной окружающей среды (табл. 3.12.14).

Таблица 3.12.14

Интегральные показатели загрязнения техногенными радионуклидами почвы и поверхностных вод в зоне влияния ГХК в 2020 и 2021 гг.

Компонент	Участок территории	Годы наблюдений	ИПЗ (безразмерный)	Наиболее значимые нуклиды, вклад в ИПЗ (%)			
Почва	СЗЗ	2020	$2,79 \cdot 10^{-3}$	^{137}Cs			
		2021	$2,33 \cdot 10^{-3}$				
	ЗН	2020	$2,87 \cdot 10^{-3}$	^{137}Cs			
2021		$3,33 \cdot 10^{-3}$					
Контрольный пункт	Контрольный пункт	2020	$2,25 \cdot 10^{-3}$	^{137}Cs			
		2021	$2,35 \cdot 10^{-3}$				
Вода	250 м ниже выпуска, т. 1	2020	$6,21 \cdot 10^{-4}$	^{60}Co	^{90}Sr	^{137}Cs	$^{239+240}\text{Pu}$
		2021	$8,01 \cdot 10^{-4}$	38,1	11,1	20,7	30,2
	10 км ниже выпуска, т. 2	2020	$1,71 \cdot 10^{-3}$	59	1,6	16	23,4
		2021	$7,95 \cdot 10^{-4}$	13,8	0,5	74,8	10,9
				59,4	0,9	16,1	23,5

Согласно данным табл. 3.12.14, интегральный показатель загрязнения ^{137}Cs почвы в СЗЗ в 1,2 раза ниже соответствующего показателя в 2020 году и находится на уровне значения в контрольном пункте. В зоне наблюдения комбината ИПЗ ^{137}Cs почвы в 1,4 раза больше величины показателя в контрольной точке. Интегральный показатель загрязнения почвы техногенным ^{137}Cs в зоне влияния ГХК на три порядка ниже уровня, обеспечивающего экологическую и радиационную безопасность наземной среды (рис. 3.12.4).

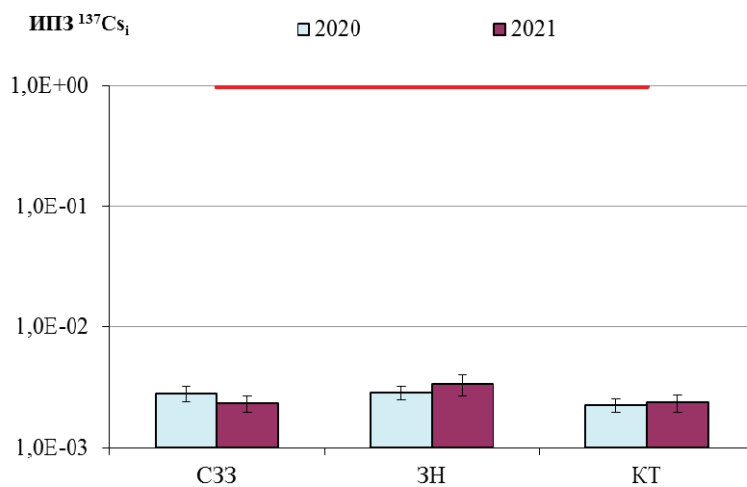


Рис. 3.12.4. Распределение интегрального показателя загрязнения почвы ^{137}Cs в СЗЗ, ЗН и контрольном пункте ГХК в 2020 и 2021 гг. Верхняя горизонтальная линия – экологически безопасный уровень риска.

По сравнению с организмами наземной биоты, более высокие экологические риски характерны для гидробионтов р. Енисей. В период работы ГХК до остановки ядерных реакторов для гидробионтов р. Енисей преобладал вклад в суммарную дозу облучения таких короткоживущих радионуклидов, как ^{24}Na и ^{32}P . На современном этапе деятельности комбината основной вклад в техногенную дозу облучения речной биоты вносят плутоний, ^{60}Co и ^{137}Cs . После остановки последнего реактора в 2010 г. показатели экологического риска для объектов речной биоты снизились. Уровни облучения референтных объектов биоты в районе расположения ГХК за весь период эксплуатации не превышали экологически безопасного уровня [30].

ИПЗ воды р. Енисей в т. 1 (250 м ниже выпуска) в 2021 году в 1,3 раза выше показателя в 2020 г., в т. 2 (10 км ниже выпуска) – в 2,2 раза ниже ИПЗ в 2020 году. Наибольший вклад в показатель загрязнения в т. 1 в 2020 г. вносит ^{60}Co (59 %), вклад $^{239+240}\text{Pu}$ уменьшился до уровня 2019 года и составил 23,4 %. В 10 км ниже выпуска (т. 2) преобладает вклад ^{60}Co в техногенное загрязнение р. Енисей (59,4 %).

Превышения, по сравнению с фоновым содержанием радионуклидов (ручей № 3, 7 км выше устья), в воде ручьёв в СЗЗ ГХК связаны в основном с миграцией радионуклидов с загрязнённых участков, примыкающих к промплощадке (рис. 3.12.5). Наиболее значимыми радионуклидами, обуславливающими загрязнение водной среды в СЗЗ ГХК, являются ^{137}Cs (т. 8), ^{60}Co (т. 4, т. 5, т. 9, т. 12) и ^{90}Sr (т. 6).

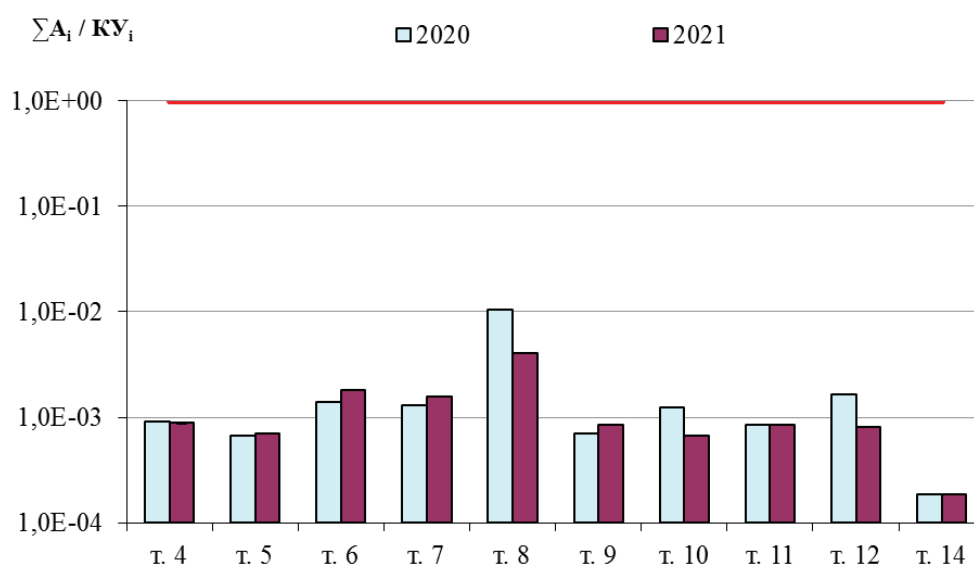


Рис. 3.12.5. Распределение интегрального показателя загрязнения открытых водных объектов (ручьев) в СЗЗ ГХК в 2020 и 2021 гг.

Верхняя горизонтальная линия – экологически безопасный уровень риска.

т. 4 – ручей № 1, устье; т. 5 – ручей № 2, выше об. 650; т. 6 – ручей № 2, ниже об. 650; т. 7 – ручей № 2, устье; т. 8 – ручей № 3, устье; т. 9 – ручей № 4, устье; т. 10 – ручей № 5, устье; т. 11 – ручей № 6, устье; т. 12 – р. Шумиха, устье; т. 14 – ручей Тимофеев, устье.

Распределение величины интегрального показателя загрязнения почвы и водных объектов в зоне влияния ГХК в современный период значительно (на два – четыре порядка) ниже экологически безопасного уровня риска.

В целом, по данным объектового и государственного мониторинга, радиационная обстановка вокруг ГХК в 2021 г. оставалась стабильной. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на местности, измеряемая в пунктах мониторинга 100-км зоны комбината, не отличалась от естественного фона. Среднегодовая объёмная активность радионуклидов, обусловленная выбросами предприятия, в атмосферном воздухе в СЗЗ и населённых пунктах была значительно ниже допустимых уровней, установленных НРБ-99/2009. Однако содержание ^{137}Cs в приземном воздухе СЗЗ и ЗН комбината на порядок выше уровня регионального фона. В приземном воздухе СЗЗ и ЗН ГХК наблюдается присутствие изотопов плутония. Содержание ^{137}Cs в почве в основном соответствовало глобальному уровню.

В устьях некоторых ручьёв и рек, протекающих в СЗЗ и впадающих в р. Енисей, содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде более чем на порядок превышает фоновый уровень в р. Енисей, что обусловлено миграцией радионуклидов с участков, загрязнённых в результате прошлой деятельности ГХК.

С учётом потенциальной радиационной опасности ГХК необходим постоянный мониторинг радиационной обстановки в регионе расположения комбината.

3.13. АО «СХК»

АО «Сибирский химический комбинат» (далее – СХК) расположен в г. Северске Томской области, на правом берегу реки Томь, на расстоянии 10–12 км севернее г. Томска.

СХК был создан более 70 лет назад и является одним из крупнейших предприятий ядерно-топливного цикла. Основной задачей СХК многие годы было получение для оборонных целей и атомной энергетики обогащённого ^{235}U и ^{239}Pu , регенерация топлива промышленных реакторов, наработка делящихся материалов в разной форме, а также выработка для народного хозяйства электрической и тепловой энергии. В настоящее время производственное ядро СХК составляют четыре завода по обращению с радиоактивными веществами и ядерными материалами: завод разделения изотопов, сублиматный завод, радиохимический завод, химико-металлургический завод [31].

Производственная деятельность СХК сопровождается образованием очень низкоактивных, низкоактивных, среднеактивных и высокоактивных твёрдых РАО и низкоактивных и среднеактивных жидких РАО, большая часть образования РАО приходится на жидкие РАО. На территории комбината расположены 50 пунктов хранения жидких и твёрдых РАО, являющихся потенциально опасными. Суммарная активность отходов, хранящихся в них, оценивается в 125 млн Кюри.

В соответствии с соглашением между Томской областью и ГК «Росатом» на территории СХК возводится опытно-демонстрационный энергетический комплекс (ОДЭК) в составе энергоблока с реактором на быстрых нейтронах БРЕСТ-300 и пристанционным заводом, замыкающим ядерный топливный цикл. В конце 2019 г. был подписан договор на строительство энергоблока с реакторной установкой БРЕСТ-300 в рамках проекта «Прорыв».

Общая площадь СЗЗ СХК составляет 112 км² с протяжённостью границы по периметру 50 км. Общая площадь зоны наблюдения составляет 519 км² с протяжённостью границы по периметру 94,1 км. В 30-км зоне вокруг СХК расположено более 80 населённых пунктов с населением около 650 тыс. человек, в том числе г. Томск, граница которого вплотную примыкает к ЗН СХК.

В 2021 г. радиационная обстановка в районе СХК характеризовалась отсутствием аварий и инцидентов, связанных с деятельностью комбината.

В состав газоаэрозольных выбросов СХК входят α - и β -активные радионуклиды. В 2021 г. выбросы $\Sigma\alpha$ увеличились в 1,1 раза, $\Sigma\beta$ – в 2,1 раза по сравнению с 2020 г. (табл. 3.13.1).

Таблица 3.13.1

Выбросы радионуклидов в атмосферу на СХК, Бк

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
$\Sigma\alpha$	$2,94 \cdot 10^{11}$	$2,90 \cdot 10^9$	$2,57 \cdot 10^9$	$+3,3 \cdot 10^8$
$\Sigma\beta$	$6,99 \cdot 10^{11}$	$3,07 \cdot 10^9$	$1,43 \cdot 10^9$	$+1,6 \cdot 10^9$

Примечания: $\Sigma\alpha$ – сумма α -активных радионуклидов;
 $\Sigma\beta$ – сумма β -активных радионуклидов.

Основными источниками радиоактивного загрязнения поверхностных вод в районе размещения комбината до июня 2008 г. являлись реакторы СХК. При строительстве комбината путём расширения и углубления русла р. Ромашка в средней части течения образовали канал. Перекрыв канал дамбой в нижней его части, образовали искусственный водоём ВХ1, в который поступали сточные воды, содержащие радиоактивные вещества. Водоохранилище имеет основной и дублирующий водосборы, через которые вода поступает в северный сбросной канал. Сбросы радиоактивных вод, осуществлённые в прошлые годы, привели к накоплению радионуклидов в донных отложениях и почве затопляемой поймы.

Мониторинг радиоактивного загрязнения объектов природной среды вокруг СХК осуществляет Западно-Сибирское УГМС. Данные ведомственного мониторинга радиационной обстановки в районе расположения СХК в Ежегодник не представляются. Вокруг комбината выделены две зоны радиационного мониторинга: первая – ближняя – с радиусом 30 км, вторая – в пределах 100 км (включает часть Кемеровской, Новосибирской и Томской областей) (рис. 3.13.1).



Рис. 3.13.1. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг СХК:

- – наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – отбор проб атмосферных аэрозолей;
- ⊗ – СХК.

В 2021 г. в районе размещения СХК контролировались следующие характеристики радиоактивного загрязнения окружающей среды:

- объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферного воздуха в одном пункте – станция М-II Томск (вне зоны влияния СХК – станция в г. Колпашево);
- радиоактивность атмосферных выпадений посредством отбора проб с помощью горизонтальных планшетов с суточной экспозицией на 9 станциях;
- содержание β - и γ -излучающих радионуклидов в воде, в донных отложениях поверхностных водоёмов и в почве в 30-км зоне СХК, а также в этой зоне СХК измерялась суммарная бета-активность снега;

– мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на местности измерялась в 2021 г. в 100-км зоне влияния РОО СХК на пяти станциях СНЛК, четырёх стационарных ПНЗ в г. Томске, на посту в д. Козюлино и на 22 постах автоматического контроля (далее – АПК) автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (далее – АСКРО) Томской области, а также на семи станциях наблюдений за 100-км зоной влияния РОО СХК.

Приземный слой атмосферного воздуха и атмосферные выпадения

Суммарная β -активность в пробах атмосферных аэрозолей и выпадений определялась с помощью бета-радиометра РУБ-01П. Для гамма-спектрометрического анализа использовался полупроводниковый гамма-спектрометр. Для измерения мощности дозы гамма-излучения использовались переносные дозиметры типа ДКГ-07Д «Дрозд», ДРГ-01Т1, ДБГ-06Т, ДКГ-03Д «Грач», ДКГ-02У «Арбитр», датчики АСКРО.

В 100-км зоне СХК отбор аэрозолей для определения содержания радиоактивных веществ в приземной атмосфере осуществлялся на станции М-П Томск с помощью ВФУ, запущенной в эксплуатацию с августа 2015 года. Суточные пробы аэрозолей на территории Томской области отбираются в г. Колпашево, который расположен примерно в 250 км на северо-западе от СХК и находится вне зоны влияния комбината, поскольку для района расположения СХК характерны южное и юго-западное направление ветров. Таким образом, радионуклидный состав проб аэрозолей, отобранных в г. Колпашево, характеризует уровни регионального радиоактивного загрязнения атмосферы и, по сути, является фоновым.

Результаты анализа проб аэрозолей, отобранных в г. Томске (100-км зоне СХК) в 2021 г., приведены в табл. 3.13.2, в г. Колпашево – в табл. 3.13.3.

Таблица 3.13.2

Радиоактивное загрязнение проб аэрозолей М-П Томск, 10^{-5} Бк/м³

Год	Месяцы												Среднее за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
$\Sigma\beta$													
2021	6,6	6,9	3,5	6,5	12,5	7,9	7,4	7,3	3,2	5,1	3,2	10,6	6,7
2020	7,9	6,5	5,8	6,4	6,4	5,0	5,9	8,8	5,8	4,1	3,4	6,5	6,0
^{90}Sr													
	I квартал			II квартал			III квартал			IV квартал			
2021	0,011						...						0,011
2020	0,021						0,014						0,018
^{137}Cs													
2021	н			н			н			н			н
2020	н			н			н			н			н
^7Be													
2021	357,3			576,7			516,8			362,6			453,4
2020	435,7			604,4			613,1			296,1			487,3
^{40}K													
2021	5,58			17,53			8,13			13,04			11,07
2020	9,7			10,32			16,18			7,3			15,33

Примечания: ... – проба в работе;
н – ниже предела обнаружения.

Среднемесячная концентрация $\Sigma\beta$ в пробах аэрозолей составила $6,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Максимальная суточная концентрация $\Sigma\beta$ в г. Томске, равная $27,9 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, наблюдалась в пробе, экспонированной 11–16 мая 2021 года. Максимальная среднемесячная концентрация – $12,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ – наблюдалась в мае 2021 года. Полугодовая концентрация ^{90}Sr в пробах аэрозолей в г. Томске по результатам

первого полугодия 2021 г. составила $0,011 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. В 2021 г. ¹³⁷Cs в пробах аэрозолей в г. Томске не обнаружен.

Из табл. 3.13.3 видно, что среднемесячная концентрация $\Sigma\beta$, равная $1,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, была в 1,2 раза выше уровня 2020 г. ($1,3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). Максимальная суточная концентрация $\Sigma\beta$ в г. Колпашево, равная $6,9 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, наблюдалась в июне 2021 г.; максимальная среднемесячная концентрация $\Sigma\beta$ $2,9 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ также наблюдалась в июне. Концентрация ⁹⁰Sr в пробах аэрозолей в г. Колпашево за первое полугодие 2021 г. составила $0,002 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что в 2,5 раза ниже, чем в 2020 г. ($0,005 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³). ¹³⁷Cs в пробах аэрозолей в г. Колпашево в 2020 г. не обнаружен.

Таблица 3.13.3

Объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы в г. Колпашево (2016 – 2021 гг.)

Год	Месяц												Среднее за год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
$\Sigma\beta, 10^{-5}$ Бк/м³													
2016	-	3,3	3,1	4,5	2,9	4,0	3,1	3,2	5,4	5,3	13,1	4,4	4,8
2017	2,3	3,7	2,9	2,1	3,4	3,5	2,0	2,7	1,9	2,1	1,4	2,3	2,5
2018	5,1	9,3	5,9	2,7	2,1	3,4	1,5	2,3	4,1	8,7	3,4	5,2	4,5
2019	3,1	6,2	2,9	1,8	3,7	2,0	1,2	1,5	0,9	1,5	1,3	2,7	2,4
2020	0,7	1,8	0,7	1,7	1,2	2,1	1,7	1,0	1,2	0,7	1,1	1,4	1,3
2021	1,6	1,7	1,1	1,9	1,8	2,9	1,5	2,1	1,0	0,5	1,0	2,2	1,6
$^{90}\text{Sr}, 10^{-7}$ Бк/м³													
	I квартал			II квартал			III квартал			IV квартал			
2016				0,5						0,8			0,7
2017				1,6						0,4			1,0
2018				0,1						0,3			0,2
2019				0,4						0,4			0,4
2020				0,5						0,2			0,3
2021				0,2						...			0,2
$^{137}\text{Cs}, 10^{-7}$ Бк/м³													
2016	н			10,7			1,1			н			0,3
2017	н			н			н			н			н
2018	н			н			н			0,6			0,2
2019	0,7			н			н			н			0,2
2020	н			н			н			н			н
2021	н			н			н			н			н
$^7\text{Be}, 10^{-5}$ Бк/м³													
2016	91,1			97,1			102,4			54,5			86,3
2017	95,5			152,5			116,6			84,7			112,3
2018	91,3			155,9			96,3			67,9			102,8
2019	210,9			148,1			106,4			84,4			137,4
2020	81,5			158,9			122,5			118,7			120,4
2021	96			165			133,6			76,2			117,9
$^{40}\text{K}, 10^{-5}$ Бк/м³													
2016	н			н			0,405			н			0,101
2017	0,66			1,36			0,41			0,41			0,71
2018	0,45			0,29			0,39			0,48			0,40
2019	1,18			0,54			0,38			0,57			0,67
2020	0,90			н			н			н			0,22
2021	н			0,38			1,60			0,46			0,61

Примечания: - – нет данных;

... – проба в работе;

н – ниже предела обнаружения.

Данные наблюдений за $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне наблюдения вокруг СХК и за пределами этой зоны (пп. Александровская, Батурино, Колпашево, Молчаново) приведены в табл. 3.13.4.

Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения $\Sigma\beta$ выпадений
в районе размещения СХК в 2021 г., Бк/м²·сут

Пункт наблюдения	Месяц												Среднее		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021 г.	2020 г.	
В 30-км зоне															
М-II (Томск)	с	0,8	0,8	0,5	0,5	0,8	0,8	0,7	0,9	0,7	0,5	0,8	0,7	0,9	
	м	3,3	2,3	1,4	1,5	2,1	2,1	1,7	2,9	3,6	2,2	1,8	2,6	3,6	3,6
Козюлино	с	0,9	0,6	0,6	0,5	0,6	0,8	0,5	0,8	0,5	0,5	1,2	0,7	0,8	
	м	2,3	2,5	2,3	2,1	2,1	1,7	1,5	1,7	4,8	1,7	1,6	4,8	3,2	
Среднее по 30-км зоне: 2021 г.															
		0,9	0,7	0,6	0,5	0,7	0,8	0,6	0,9	0,6	0,5	0,6	1,0	0,7	
2020 г.															
		1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	1,1	1,0	0,6	0,6	0,8	
В 100-км зоне															
Болотное*	с	1,4	1,2	1,0	1,1	1,1	0,8	1,0	1,0	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0	1,2
	м	3,3	3,3	2,3	2,6	3,2	1,8	2,8	2,3	2,6	1,9	3,8	2,1	3,8	8,7
Кожевниково	с	0,7	0,6	0,8	1,0	0,6	0,9	0,7	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9
	м	2,4	2,1	2,0	2,7	1,5	2,5	2,1	2,1	2,2	2,4	1,3	1,6	2,7	2,9
Первомайское	с	0,7	0,8	0,7	1,0	0,8	0,9	0,6	1,0	0,4	0,6	0,8	0,6	0,7	0,9
	м	1,9	2,6	1,6	2,2	2,0	2,1	1,6	2,4	1,0	1,6	2,2	1,8	2,6	4,8
Тайга*	с	0,9	0,6	0,9	0,9	0,7	0,8	0,4	1,0	0,7	0,6	0,8	0,6	0,7	0,9
	м	5,7	1,9	2,2	2,4	2,4	2,4	1,4	2,6	2,0	1,4	3,4	1,9	5,7	3,9
Яя*	с	0,8	0,5	0,7	0,6	0,7	0,9	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6	0,9
	м	2,1	2,2	1,9	1,5	1,9	2,8	1,5	2,2	1,5	1,3	2,1	1,3	2,8	2,7
Среднее по 100-км зоне: 2021 г.															
		0,9	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9	0,6	0,8	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	
2020 г.															
		0,8	0,9	1,0	0,9	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	
Вне 100-км зоны															
Александровское	с	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,7	0,6	0,7	1,0
	м	2,6	2,2	1,7	1,8	2,3	1,6	2,0	3,2	1,7	1,3	2,3	2,2	3,2	6,8
Батурино	с	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7	0,4	0,4	0,5	0,4	0,6	0,8	0,6	0,9
	м	2,1	1,8	1,5	2,2	1,3	1,5	1,3	2,2	1,2	1,5	2,1	2,0	2,2	3,5
Колпашево	с	1,0	0,6	0,8	0,8	0,7	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,9
	м	2,0	1,8	2,5	2,0	1,7	1,6	2,4	1,6	1,7	2,2	1,4	2,5	2,5	3,7
Молчаново	с	0,8	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,5	0,8	0,7	0,3	0,6	0,9	0,7	0,8
	м	2,4	2,0	1,9	1,6	1,6	2,3	1,7	2,5	2,4	1,1	2,1	2,1	2,5	3,5
Среднее вне 100-км зоны: 2021 г.															
		0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,8	0,7	
2020 г.															
		0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	0,8	0,8	0,8	0,9	

Примечание: * – пункты отбора проб, входящие в 100-км зону СХК, административно расположенные на территориях Кемеровской (Тайга, Яя) и Новосибирской (Болотное) областей.

Из табл. 3.13.4 видно, что в 2021 г. $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне была на уровне выпадений вне этой зоны. Среднегодовые значения $\Sigma\beta$ выпадений в 100-км зоне СХК в 2021 г. были на уровне значений 2020 г. и находились в пределах средневзвешенного значения $\Sigma\beta$ выпадений по территории Западной Сибири (1,4 Бк/м²·сут).

Максимальная суточная $\Sigma\beta$ выпадений в 30-км зоне СХК была зафиксирована в пробе п. Козюлино в сентябре 2021 г. и составила 4,8 Бк/м²·сут. В 100-км зоне СХК максимальная $\Sigma\beta$ выпадений, равная 5,7 Бк/м²·сут, была зарегистрирована на станции М-II Тайга (Кемеровская область) в январе 2021 года. Вне 100-км зоны СХК максимальная суточная $\Sigma\beta$ выпадений (3,2 Бк/м²·сут) была зафиксирована на станции Александровское (Томская область) в августе 2021 года.

В 100-км зоне СХК значение выпадений ⁹⁰Sr за первое полугодие 2021 г. составило 0,27 Бк/м².

Увеличение суммарной удельной активности ⁹⁰Sr в пробах выпадений за первое полугодие 2021 г. наблюдалось в 100-км зоне СХК на территории Томской области (0,27 Бк/м²) по сравнению с 2020 г. (0,18 Бк/м²) и Новосибирской области (0,39 Бк/м²) по сравнению с 2020 г. (0,21 Бк/м²). На

территории Кемеровской области значение выпадений ^{90}Sr из приземной атмосферы осталось на уровне 2020 года ($0,37 \text{ Бк/м}^2$).

В 12-км зоне СХК суммарная удельная активность ^{90}Sr в пробах выпадений за первые полгода 2021 г. уменьшилась в 1,3 раза (до $0,48 \text{ Бк/м}^2$) по сравнению с первым полугодием 2020 г. ($0,63 \text{ Бк/м}^2$).

Почва, донные отложения, снежный покров

Отбор проб почвы в 2021 г. проводился в Томском районе, а также в СЗЗ СХК. Гамма-спектрометрический анализ проб, отобранных вне СЗЗ СХК (см. табл. 3.13.5), показал, что в почве присутствовали в основном естественные радионуклиды и ^{137}Cs . Содержание ^{137}Cs в почве распределено неравномерно. В точках дополнительной сети 12-км зоны наблюдения РОО в 2021 г. среднегодовые значения по ^{137}Cs увеличились в 1,2 раза ($7,4 \text{ Бк/кг}$) по сравнению с 2020 г. – $6,3 \text{ Бк/кг}$. В 30-км зоне наблюдения РОО (станции основной сети Томской области) в 2021 г. содержания ^{137}Cs в пробе почвы М-II Томск не обнаружено. В 2020 г. на этой станции значение по ^{137}Cs составило $2,7 \text{ Бк/кг}$. По маршрутному обследованию в ближней зоне наблюдения РОО СХК на всех точках отбора средние значения загрязнения почвы ^{137}Cs уменьшились в 1,4 раза – с $6,2 \text{ Бк/кг}$ в 2020 г. до $4,3 \text{ Бк/кг}$ – в 2021 году. Содержание естественных радионуклидов в почве – фоновое.

Таблица 3.13.5

Мощность дозы в местах отбора проб и удельная активность радионуклидов в пробах почвы, отобранных в 30-км зоне СХК в 2021 году

Пункт отбора проб	МЭД, мкР/ч		Удельная активность, Бк/кг		
	3–4 см	1 м	^{232}Th	^{226}Ra	^{137}Cs
д. Георгиевка	9	11	10,6	10,9	9,1
д. Наумовка	11	12	30,0	24,0	8,5
Спутник	11	14	22,3	20,0	3,5
Зоркальцево	10	14	5,5	8,3	12,4
Козюлино	12	10	18,9	12,6	2,3
Самусь	13	11	13,3	11,6	7,5
Шоссе «Томск – Самусь»; 28,5 км	14	11	10,9	12,8	1,0
Поворот на д. Наумовка	11	10	20,6	17,0	7,8

Отбор проб почвы и донных отложений проводился в ближней зоне наблюдения СХК в районе р. Ромашка и Чернильщикова протоки р. Томь после впадения в неё р. Ромашка: т. 1 – берег р. Ромашка вниз по течению, т. 5 – берег Чернильщикова протоки (рис. 3.13.2). Отбор проб донных отложений, так же, как и в предыдущие годы, осуществлялся из поверхностного слоя дна (объём пробы не менее 1 л) по урезу воды, граница которого ежегодно изменяется; отбор проб почвы – в непосредственной близости от воды.

Результаты радиоизотопного анализа проб почвы и донных отложений приведены в табл. 3.13.6. Из таблицы видно, что в 2021 г. в поверхностном слое донных отложений, наряду с естественными радионуклидами, присутствуют, как и в предыдущие годы, долгоживущие гамма-излучающие радионуклиды техногенного происхождения – ^{60}Co , ^{137}Cs . Однако в отличие от предыдущих лет в почве и донных отложениях уже не наблюдаются короткоживущие радионуклиды, такие как ^{51}Cr , ^{54}Mn и ^{103}Ru , которые регистрировались ещё в 2009 г., что подтверждает отсутствие сбросов радионуклидов на СХК в поверхностные воды [4].

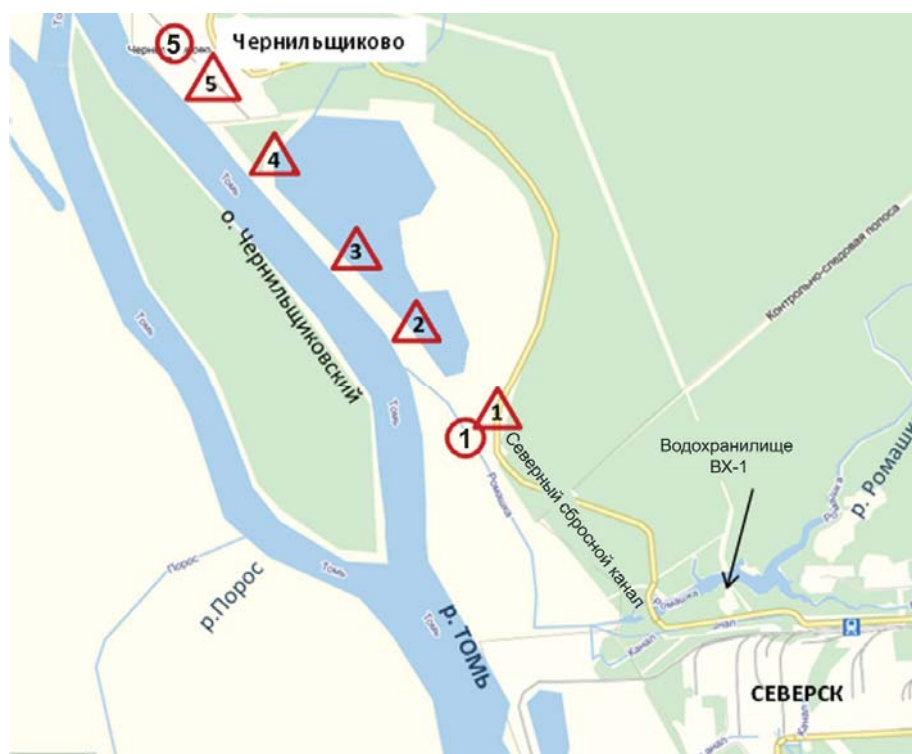


Рис. 3.13.2. Расположение точек отбора проб объектов окружающей среды в СЗЗ СХК:

- – отбор проб воды;
- ▲ – отбор проб почвы, донных отложений.

Таблица 3.13.6

Мощность дозы (мкР/ч) в местах отбора проб и удельная активность радионуклидов в пробах почвы (Бк/кг) и донных отложений (Бк/кг в.с.) в СЗЗ СХК в 2021 г. (рис. 3.13.2)

Радионуклид	р. Ромашка, т. 1		Чернильщиковская протока, т. 5	
	Почва	Донные отложения	Почва	Донные отложения
⁶⁰ Co	-	11	-	2
¹³⁷ Cs	420	28	5	17
⁴⁰ K	-	450	-	380
²²⁶ Ra	22	14	11	15
²³² Th	29	13	13	17
²⁴¹ Am	-	320	-	52
МЭД	13	10	8	9
	13	10	9	10

Примечания: значения МЭД в верхней строке измерены на высоте 3–4 см, в нижней – на высоте 1 м; - – нет данных.

По мере удаления от устья р. Ромашка наблюдается уменьшение удельной активности техногенных радионуклидов в почве и донных отложениях. В 2021 г., как и в 2020 г., результаты анализа проб почвы показали, что максимальные значения по ¹³⁷Cs наблюдались в пробах ближней зоны наблюдения СХК – в пойме р. Ромашка – 420 Бк/кг (в т. 1 на берегу р. Ромашка), это меньше, чем значение, наблюдаемое в 2020 г. (450 Бк/кг). Максимальные значения проб донных отложений по ¹³⁷Cs наблюдались в пробах т. 1 р. Ромашка – 28 Бк/кг. Гамма-спектрометрический анализ проб почвы и донных отложений показал, что в СЗЗ в пробах почвы и донных отложений присутствовали в основном естественные радионуклиды и техногенный долгоживущий ¹³⁷Cs, содержание которого распределено по площади неравномерно, его значения близки к среднему значению распределения ¹³⁷Cs на территории Томской области.

Анализ отобранных весной 2021 г. проб снега на метеостанциях Западно-Сибирского УГМС показал, что радиоактивное загрязнение снега в зимний сезон 2020/2021 гг. было обусловлено в основном выпадениями из атмосферы долгоживущих продуктов распада естественного происхождения. В 2021 г. содержание ^{90}Sr и других техногенных радионуклидов в пробах снега не обнаружено.

Перед отбором проб объектов окружающей среды (снега, почвы, донных отложений) в местах отбора проб измерялись уровни МАЭД на высоте 3–4 см и 1 м от поверхности. При отборе проб почвы и донных отложений (табл. 3.13.5 и 3.13.6) МАЭД изменялась в пределах 0,08–0,13 мкЗв/ч.

В 2021 г. максимальное суточное значение МАЭД было равным 0,14 мкЗв/ч, среднегодовое значение гамма-фона на территории г. Томска в ближней зоне наблюдения СХК составило 0,09 мкЗв/ч, а в 2020 г. – 0,10 мкЗв/ч.

В 2021 г. в 100-км зоне наблюдения комбината максимальное суточное значение МАЭД, равное 0,13 мкЗв/ч, наблюдалось на станциях Томск (в январе), Молчаново (в марте), Батурино (в мае). В течение года среднегодовое значение гамма-фона на территории 100-км зоны наблюдения РОО составило 0,09 мкЗв/ч, как и в 2020 году.

Анализ и сравнение средних и максимальных значений МАЭД по данным постов дополнительной сети в 12-км зоне наблюдения СХК в 2021 г. (0,08 и 0,09 мкЗв/ч) показывает соответствие показателям 2020 г. (0,08 и 0,09 мкЗв/ч).

Поверхностные воды

Мониторинг радиоактивного загрязнения поверхностных вод в ближней зоне СХК в 2021 г. проводился путём ежемесячного отбора и анализа проб воды в двух точках (рис. 3.13.2):

- т. 1 – в р. Ромашка (~ 500 м до впадения в р. Томь);
- т. 5 – в р. Томь ниже СХК (Чернильщиковская протока в районе д. Чернильщиково).

При отборе проб производились измерения МАЭД на высоте 3–4 см и 1 м над поверхностью воды.

Во всех точках отбора в пробах воды в 2021 г. значимых количеств радиоактивных веществ обнаружено не было. МАЭД в точках наблюдения колебалась от 0,07 до 0,16 мкЗв/ч.

В 2021 г. радиационная обстановка на территории Томской области и в районе влияния РОО СХК характеризовалась отсутствием каких-либо значимых аварий и инцидентов, связанных с деятельностью комбината и внёсших существенный вклад в загрязнение окружающей среды. Выход радионуклидов в окружающую среду за СЗЗ СХК не обнаружен. Выбросы СХК в атмосферу заметного влияния на радиоактивное загрязнение окружающей среды не оказали.

Воздухофильтрующие установки по отбору радиоактивных аэрозолей, находящиеся вне зоны влияния СХК – г. Колпашево (Томская область), М-II Томск, а также результаты мониторинга позволяют судить в большей степени только о глобальных источниках радиоактивного загрязнения. Неравномерное содержание ^{137}Cs в почве в зоне наблюдения СХК обусловлено многолетней деятельностью комбината (плановыми и аварийными выбросами). После остановки последнего реактора 5 июня 2008 г. в ближней зоне наблюдения СХК в пресной воде поверхностных водоёмов значимых

количеств радиоактивных веществ не обнаружено. В течение 2021 г. мощность экспозиционной дозы на территории Томской области находилась в пределах естественного фона.

В целом можно утверждать, что, по данным Западно-Сибирского УГМС, радиационная обстановка в 100-км зоне наблюдений СХК оставалась в 2021 г. стабильной и не ухудшалась по сравнению с предыдущими годами. С учётом потенциальной радиационной опасности СХК и планов дальнейшего его развития, связанного в первую очередь со строительством реактора БРЕСТ-300, а также расширения производства, необходимость мониторинга радиационной обстановки в районе СХК сохраняется.

3.14. АО «ПАТЭС»

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Плавучая атомная теплоэлектростанция» (далее – ПАТЭС) расположена за Северным полярным кругом в зоне вечной мерзлоты на северо-востоке Чукотского автономного округа в городе Певек Чаунского района, в физико-географическом отношении – в проливе Певек, в Чаунской губе Восточно-Сибирского моря и включает в себя:

- плавучий энергоблок (ПЭБ) с двумя водо-водяными реакторами КЛТ-40С и двумя паротурбинными установками, скомпонованными в два самостоятельных блока;
- гидротехнические сооружения;
- береговые сооружения.

ПАТЭС является первой в мире плавучей атомной теплоэлектростанцией. Она базируется в г. Певек с 2019 года, была введена в эксплуатацию 22 мая 2020 года. Основной элемент станции – плавучий энергоблок (ПЭБ) проекта 20870 с двумя водо-водяными реакторами КЛТ-40С и двумя паротурбинными установками, на которых осуществляется выработка электрической и тепловой энергии и выдача в береговые сети электроэнергии и теплофикационной воды [32].

Площадь акватории с гидротехническими сооружениями составляет около 6,0 га. Площадь береговой площадки, на которой расположены вспомогательные здания и сооружения, составляет около 3,0 га.

Площадка приближена к основным потребителям тепловой и электрической энергии г. Певек, находится в городской черте, на незастроенной черте. Ближайшая жилая застройка находится в южном направлении от ПАТЭС на расстоянии около 400 м. В г. Певек население – 4 972 человека.

Санитарно-защитная зона ПАТЭС ограничена территорией промышленной площадки ПАТЭС, ЗН отсутствует.

Потенциальным источником радиоактивных выбросов в атмосферу от ПАТЭС является выброс активности системой вентиляции КЗ (ЗКД) ПЭБ, на котором размещены все производства, связанные с обращением с радиоактивными материалами. Из образующихся при нормальной эксплуатации газообразных радиоактивных отходов за пределы ПЭБ поступают только ИРГ, источником которых является непосредственно реакторная установка – при работе на мощности и перезарядке реактора. При нормальной эксплуатации ПАТЭС радиоактивные сбросы исключены.

Контроль газоаэрозольных выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду осуществляется непрерывно с помощью системы радиационного контроля СРК-05Р, а также ежемесячно лабораторным методом.

Данные о газоаэрозольных выбросах радионуклидов в окружающую среду на ПАТЭС в 2020–2021 гг. представлены в табл. 3.14.1. В 2021 г. не было превышения допустимых выбросов на ПАТЭС. Наибольший вклад в величину активности выброса вносили ИРГ, преимущественно ^{41}Ar , в 2020 г. – ^{133}Xe , выбросы которых составляли 64,8 и 97,6 % допустимого выброса за год соответственно. Выбросы радионуклидов в атмосферу в 2021 году на один порядок величины (для ИРГ – на два порядка) уменьшились по сравнению с прошлым годом вследствие применения в 2020 году оборудования радиационного контроля с более высоким значением НПИ.

Таблица 3.14.1

Выбросы радионуклидов в атмосферу на ПАТЭС, Бк

Радионуклиды	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
		2021 г.	2020 г.	
^{131}I	$9,69 \cdot 10^{10}$	$1,67 \cdot 10^6$	$1,36 \cdot 10^7$	$-1,19 \cdot 10^7$
^{58}Co	$1,03 \cdot 10^{11}$	$1,34 \cdot 10^7$	$1,09 \cdot 10^8$	$-9,56 \cdot 10^7$
^{60}Co	$2,68 \cdot 10^9$	$1,34 \cdot 10^7$	$1,09 \cdot 10^8$	$-9,56 \cdot 10^7$
^{54}Mn	$3,67 \cdot 10^{10}$	$1,30 \cdot 10^7$	$1,09 \cdot 10^8$	$-9,60 \cdot 10^7$
^{95}Nb	$3,08 \cdot 10^{11}$	$8,47 \cdot 10^6$	$6,81 \cdot 10^7$	$-5,96 \cdot 10^7$
^{103}Ru	$3,70 \cdot 10^{11}$	$8,48 \cdot 10^6$	$6,81 \cdot 10^7$	$-5,96 \cdot 10^7$
^{106}Ru	$8,29 \cdot 10^{10}$	$8,51 \cdot 10^6$	$6,81 \cdot 10^7$	$-5,96 \cdot 10^7$
^{134}Cs	$8,35 \cdot 10^9$	$8,51 \cdot 10^6$	$6,82 \cdot 10^7$	$-5,97 \cdot 10^7$
^{137}Cs	$4,03 \cdot 10^9$	$8,52 \cdot 10^6$	$6,82 \cdot 10^7$	$-5,97 \cdot 10^7$
Сумма ИРГ	$2,92 \cdot 10^{21}$	$4,01 \cdot 10^9$	$1,39 \cdot 10^{11}$	$-1,35 \cdot 10^{11}$

Сброс радионуклидов в акваторию Чаунской губы Восточно-Сибирского моря отсутствует.

В 2021 году радиационный контроль окружающей среды на ПАТЭС осуществляла ЛООС, находящаяся в составе службы радиационной безопасности и охраны окружающей среды (СРБиООС). В 2021 году ЛООС проводил мониторинг окружающей среды в санитарно-защитной зоне ПАТЭС и фоновых районах:

- объёмной активности радионуклидов в приземном слое атмосферы с использованием пробоотборного устройства ПУ-5;
- радиоактивных атмосферных выпадений с использованием металлических кювет размером $100 \times 100 \times 20$ см;
- содержания радионуклидов в воде открытых водоёмов, донных отложениях, водной растительности;
- содержания радионуклидов в почве, наземной растительности, снежном покрове;
- МАЭД и годовой поглощённой дозы на местности.

Для измерения удельной активности радионуклидов в контролируемых средах выполняются средством измерения InSpector 1000 на гамма-спектрометрах Canberra. Измерения мощности амбиентного эквивалента дозы выполнялись средством измерения ДКС-96.

Чукотским УГМС в 2021 г. в г. Певек в районе расположения ПАТЭС контролировались:

- радиоактивные атмосферные выпадения ($\Sigma\beta$) с помощью горизонтального планшета без бортиков с экспозицией в одни сутки;
- МАЭД с использованием дозиметров ДРГ01Т1, ДКГ-03Д, ДКГ-07Д.

Также Чукотским УГМС осуществлялся отбор проб атмосферных осадков на станции М-2 Певек с последующим определением содержания в них ³H сотрудниками ФГБУ «НПО «Тайфун».

Приземная атмосфера

Результаты измерений объёмной активности радионуклидов в воздухе района размещения ПАТЭС в 2019–2021 гг. приведены в табл. 3.14.2.

Таблица 3.14.2

Среднегодовая объёмная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы в районе расположения ПАТЭС, Бк/м³ (данные ЛООС ПАТЭС)

Радионуклид	СЗЗ			КП		
	2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2019 г.
¹³⁷ Cs	< 0,162	< 0,168	< 0,170	< 0,162	< 0,166	< 0,169
¹³⁴ Cs	< 0,165	< 0,170	< 0,175	< 0,163	< 0,169	< 0,171
⁶⁰ Co	< 0,164	< 0,165	< 0,168	< 0,166	< 0,161	< 0,165

Из табл. 3.14.2 видно, что в период эксплуатации ПАТЭС в приземном слое атмосферы СЗЗ и КП контролировались ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs и ⁶⁰Co (ЗН отсутствует). Объёмные активности данных радионуклидов были ниже МДА.

Значения Σβ выпадений по данным Чукотского УГМС приведены в табл. 3.14.3.

Таблица 3.14.3

Среднемесячные (с) и максимальные (м) суточные значения Σβ выпадений в г. Певек в 2021 г., Бк/м²·сут (данные Чукотского УГМС)

Пункт наблюдений		Месяц												Год	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021	2020
Певек	с	0,31	0,29	0,30	0,44	0,20	0,25	0,28	0,22	0,21	0,26	0,29	0,32	0,28	0,31
	м	0,53	0,42	0,56	1,21	0,41	0,72	0,72	0,61	0,37	0,56	1,04	0,60	1,21	1,01

Из табл. 3.14.3 видно, что среднегодовое суточное значение Σβ выпадений в г. Певек составило 0,28 Бк/м²·сут, а среднемесячные в течение года изменялись от 0,2 до 0,44 Бк/м²·сут. Максимальное суточное значение Σβ выпадений наблюдалось в апреле – 1,21 Бк/м²·сут. В среднем Σβ выпадений в районе расположения ПАТЭС была ниже среднего значения Σβ выпадений по территории севера Восточной Сибири в 2021 г. (0,72 Бк/м²·сут).

Результаты проведённого в ФГБУ «НПО «Тайфун» анализа проб атмосферных осадков показали, что в 2021 г. среднегодовая объёмная активность трития в осадках в г. Певек составляла 1,04 Бк/л и была в 1,5 раза ниже усреднённой по всем пунктам РФ среднегодовой объёмной активности трития в осадках (1,52 Бк/л).

По данным ЛООС ПАТЭС, в выпадениях на подстилающую поверхность в 2021 г. регистрировали ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs и ⁶⁰Co. Плотность атмосферных выпадений в СЗЗ и КП ПАТЭС в 2021 г., как и в 2020 г., была ниже МДА.

Вода и другие объекты окружающей среды

Содержание радионуклидов в воде, донных отложениях и водной растительности ближайших к ПАТЭС открытых водоёмов в 2021 г., по данным ЛООС, приведены в табл. 3.14.4. Для сравнения в этой же таблице приводятся данные за 2020 год.

Донные отложения для анализа отбирались ЛООС в двух акваториях в зоне влияния ПАТЭС и контрольной точке (на берегу Восточно-Сибирского моря). Содержание ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs и ⁶⁰Co в воде, донных отложениях, водной растительности контролируемых водных объектов в 2021 г. было ниже МДА.

Пробы почвы и наземной растительности отбирались ЛООС в СЗЗ и КП ПАТЭС. Во всех пробах почвы, растительности, снега в 2021 г., как и в 2020 г., содержание ^{137}Cs , ^{60}Co и ^{134}Cs было ниже МДА.

Таблица 3.14.4

**Содержание радионуклидов в объектах окружающей среды
в районе расположения ПАТЭС (данные ЛООС ПАТЭС)**

Вид пробы	^{137}Cs		^{134}Cs		^{60}Co	
	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.
Вода, Бк/л						
Точка забора воды ПЭБ	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Контрольный водоём						
Берег Восточно-Сибирского моря	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Донные отложения, Бк/кг сырой вес						
Акватория, ограниченная мол-причалом	< 1,3	< 1,5	< 1,3	< 1,5	< 1,3	< 1,2
Акватория напротив КТЗ	< 1,6	< 1,6	< 1,6	< 1,6	< 1,2	< 1,2
Контрольная точка						
Берег Восточно-Сибирского моря	< 1,7	< 1,7	< 1,7	< 1,7	< 1,3	< 1,4
Водная растительность, Бк/кг						
Акватория, ограниченная мол-причалом	< 1,2	< 1,3	< 1,2	< 1,3	< 1,1	< 1,0
Акватория напротив КТЗ	< 1,3	< 1,4	< 1,3	< 1,4	< 1,0	< 1,1
Почва, Бк/м²						
СЗЗ	< 73	< 76	< 50	< 53	< 62	< 66
КП	< 75	< 78	< 52	< 55	< 65	< 69
Наземная растительность, Бк/кг						
СЗЗ	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,5	< 1,5
КП	< 1,9	< 2,1	< 2,0	< 2,0	< 1,6	< 1,6

Радиационный фон на местности

По данным Чукотского УГМС, среднегодовые значения МАЭД в г. Певек в 2021 г. изменялись от 0,13 до 0,17 мкЗв/ч, максимальные значения МАЭД не превышали 0,20 мкЗв/ч, что соответствует колебаниям естественного гамма-фона.

Контроль МАЭД в СЗЗ ПАТЭС проводился в 2021 г. при маршрутных обследованиях, а также на стационарных постах АСКРО. Значения мощности дозы гамма-излучения в СЗЗ ПАТЭС в 2021 г. находились в пределах колебаний естественного радиационного фона и соответствуют уровням в контрольном пункте и не превышают многолетних фоновых значений по Чукотскому автономному округу. Среднее значение МАЭД, наблюдаемое в контрольном пункте, составило 0,11 мкЗв/ч как по данным АСКРО, так и по данным измерений по регламентным маршрутам. Максимальные измеренные значения МАЭД в КП не превышали 0,114 мкЗв/ч (данные АСКРО и регламентных маршрутов).

Годовая доза на местности в СЗЗ ПАТЭС составила $1,31 \cdot 10^{-3}$ Зв, что в 1,7 раз выше годовой дозы в 2020 году ($0,77 \cdot 10^{-3}$ Зв).

Случаев нарушения нормальной эксплуатации ПАТЭС по радиационным показателям, превышений установленных значений допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферу в 2021 г. не наблюдалось. Содержание радионуклидов в объектах внешней среды в районе расположения ПАТЭС и контрольных точках находится на уровне ниже чувствительности используемых методов и средств измерений. Рекомендуется повысить чувствительность методов измерений содержания радионуклидов в компонентах природной среды.

Список литературы к разделу 3

1. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2005 году. Ежегодник / Под ред. С.М. Вакуловского. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. 274 с.
2. СанПиН 2.6.1.2523–09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
3. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы (СанПиН 2.3.2.1078–01). М., 2001.
4. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2009 году. Ежегодник / Под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2010. 315 с.
5. Чеботина М.Я., Николин О.А. Радиоэкологические исследования трития в Уральском регионе. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 90 с.
6. СП 2.6.1.2612–10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). М.: Госатомнадзор, 2010. 51 с.
7. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2004 году. Ежегодник / Под ред. С.М. Вакуловского. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2005. 288 с.
8. Панченко С.В., Линге И.И., Крышев И.И. и др. Радиоэкологическая обстановка в регионах расположения предприятий Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» / Под общ. ред. И.И. Линге и И.И. Крышева. М.: ИБРАЭ РАН, 2021. 556 с.
9. Крышев И.И., Сазыкина Т.Г., Павлова Н.Н., Косых И.В., Бурякова А.А., Крышев А.И. Оценка радиационной безопасности морской среды в районе расположения Ленинградской АЭС по данным многолетнего мониторинга (1973–2019) // Морской биологический журнал. 2021. № 1 (6). С. 1–17.
10. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2003 году. Ежегодник / Под ред. С.М. Вакуловского. СПб.: Гидрометеоиздат, 2004. 273 с.
11. СанПиН 2.6.1.24–03. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03). М., 2003.
12. Отчёт по экологической безопасности ФГУП «ПО «Маяк» за 2020 год / Госкорпорация «Росатом»; ФГУП «ПО «Маяк». Озёрск: РИЦ ВРБ; Типография ФГУП «ПО «Маяк», 2021. 64 с.
13. Круглов А.К. Как создавалась атомная промышленность в СССР. М.: ЦНИИАтоминформ, 1994.
14. Фетисов В.И. Производственное объединение «Маяк» – из истории развития // Вопросы радиационной безопасности. 1996. № 1. С. 5–10.
15. Глаголенко Ю.В., Дзекуп Е.Г., Дрожко Е.Г. и др. Стратегия обращения с радиоактивными отходами на производственном объединении «Маяк» // Вопросы радиационной безопасности. 1996. № 2. С. 3 – 10.
16. Мокров Ю.Г. Анализ прогноза стока стронция-90 с водами р. Теча // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2004. № 4. С. 43 – 49.

17. Мокров Ю.Г., Алексахин А.И. Деятельность ФГУП «ПО «Маяк» по обеспечению безопасной эксплуатации Теченского каскада водоёмов // Вопросы радиационной безопасности. 2018. № 4. С. 3–28.
18. Разрешение на сброс радиоактивных веществ в водные объекты № УО-С-022. Выдано Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору 03.12.2018.
19. Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А., Дрожко Е.Г., Ильин Л.А., Крышев И.И., Линге И.И., Романов Г.Н., Савкин М.Н., Сауров М.М., Тихомиров Ф.А., Холина Ю.Б. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Под общей редакцией Л.И. Ильина и В.А. Губанова. М.: ИздАТ, 2001.
20. СП 2.6.1.2216–07. Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ.
21. Абрамов А.А., Райков С.В., Глинский М.Л., Дрожко Е.Г. и др. Становление и развитие комплексной системы мониторинга радиоактивного загрязнения окружающей среды в районе расположения ФГУП «ПО «Маяк» // Вопросы радиационной безопасности. 2015. № 2. С. 3–15.
22. Мокров Ю.Г., Алексахин А.И. Мониторинг – основа обеспечения безопасности при выполнении работ по консервации водоёма Карачай // Радиоактивные отходы. 2018. № 3(4). С. 60–68.
23. Программа. Радиационный и химический контроль в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения федерального унитарного предприятия «Производственное объединение «Маяк». Пг-ЦЗЛ-240-2020 /ФГУП «ПО «Маяк»; исполн. Н.В. Фирсов, Т.А. Антонова, Н.Б. Исаева. Инв. № 5.8/19037 н/с – 2020.
24. Мокров Ю.Г., Антонова Т.А., Постовалова Г.А., Исаева Н.Б., Яркова Т.А., Громов С.А. Радиационная обстановка в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 году. Озёрск: ФГУП «ПО «Маяк», 2021. 16 с.
25. Мокров К.Ю., Мокров Ю.Г. Анализ результатов мониторинга загрязнения атмосферы стронцием-90 и цезием-137 в районе ФГУП «ПО «Маяк» за 2000–2019 годы // Вопросы радиационной безопасности. 2021. № 1. С. 37–50.
26. Крышев И.И., Павлова Н.Н., Косых И.В., Бурякова А.А., Сазыкина Т.Г., Крышев А.И., Каткова М.Н. Оценка радиационной безопасности окружающей среды в зоне влияния ПО «Маяк» // Вопросы радиационной безопасности. 2019. № 3. С. 40–50.
27. Шишлов А.Е., Овсянников В.Г., Кострюченко Н.Е., Каверзина Е.Н., Коновалова Е.П., Юрданова Е.Г., Трусова Е.В. и др. Отчёт по экологической безопасности ФГУП «Горно-химический комбинат» за 2020 год. Железногорск, 2021. 56 с.
28. Булгаков В.Г., Вакуловский С.М., Крышев И.И., Гниломедов В.Д., Каткова М.Н., Уваров А.Д., Полянская О.Н., Яхрюшин В.Н., Артемьев Г.Б., Сапожникова А.А., Бурякова А.А. Мониторинг радиационной обстановки на территории России / Под ред. В.М. Шершакова. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2018. 68 с.
29. Капустин Н.Ф., Шишлов А.Е., Садырев Д.Ю., Костюк И.В., Петухова О.Л., Суслов К.Ю., Проценко З.С. Справка о радиозоологической обстановке в районе размещения ФГУП «ГХК» за 2021 год. Железногорск: Экологическое управление ФГУП «ГХК», 2022. 24 с.

30. Бурякова А.А., Крышев И.И., Сазыкина Т.Г., Ведерникова М.В., Панченко С.В. Оценка дозы и экологического риска для объектов биоты в районе расположения Горно-химического комбината // Радиационная биология. Радиоэкология. 2020. № 6 (60). С. 661–670.
31. Котов С.А., Измestьев К.М., Маничкин А.Н., Шушаков В.В., Власов А.А., Бахтин Е.В., Витушкина О.Б., Болдарева С.М., Зенченко А.В., Зубков В.А. Отчёт по экологической безопасности АО «Сибирский химический комбинат» за 2020 год. Северск, 2021. 40 с.
32. Трутнев В.А., Симикин В.Ю., Осипов В.А. Отчёт по экологической безопасности ПАТЭС за 2020 год. Певек, 2021. 22 с.

4. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА В РАЙОНАХ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИЙ НА ФГУП «ПО «МАЯК» И НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

4.1. Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС)

Радиоактивное загрязнение Южно-Уральского региона является результатом двух аварийных ситуаций на ПО «Маяк»: взрыва ёмкости с высокоактивными РАО в 1957 г. с образованием собственно «стронциевого» радиоактивного следа ВУРСа и выноса радионуклидов с обнажившихся берегов оз. Карачай в 1967 г., куда сливались низкоактивные РАО с образованием карачаевского «цезиевого» следа, который частично наложился на ВУРС.

Подробные данные о происхождении ВУРСа, его протяжённости, радионуклидом составе загрязнения и уровнях загрязнения приведены в [1]. Там же были приведены карты плотности загрязнения почв Южно-Уральского региона ^{90}Sr и ^{137}Cs по состоянию на 1997 год. Уральское УГМС проводит регулярный радиационный мониторинг территории ВУРС.

На территории этого радиоактивного следа Уральское УГМС в 10 пунктах проводит систематические наблюдения за радиоактивными атмосферными выпадениями и МАЭД [2]. Кроме того, Уральским УГМС проводится мониторинг загрязнения радионуклидами вод р. Синары и впадающей в неё р. Караболки, протекающих по территории ВУРСа. Пробы воды из системы рек Караболка–Синара отбирались Уральским УГМС в 2021 г. в двух пунктах ежемесячно. ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 г. проводило отбор проб воды в болоте Бугай в мае (три пробы), являющемся истоком р. Караболки (площадь болота составляет 100 км^2), и вблизи истока р. Караболки в населённом пункте Татарская Караболка в феврале, мае, августе и октябре [3]. Расположение этих пунктов контроля представлено на рис. 3.2.2 в разделе 3.2 и на рис. 3.11.1 и 3.11.3 в разделе 3.11.

Выпадения ^{137}Cs , ^{90}Sr и величина $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в 2021 г., а также за предыдущие годы, приведены в табл. 4.1.1 [2]. $\Sigma\beta$ выпадений в пункте наблюдения определялись в каждой суточной пробе, ^{137}Cs – в объединённых за месяц пробах, ^{90}Sr – в пробах, объединённых за квартал.

Анализ данных о величине выпадений радиоактивных продуктов по территории Восточно-Уральского радиоактивного следа показывает, что в 2021 г. годовая $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений была в 1,2 раза ниже уровня 2020 г. и находилась на уровне фонового значения по Уральскому региону. В 2021 г. не зарегистрировано случаев повышенных значений $\Sigma\beta$ радиоактивных выпадений (в 10 и более раз выше фоновых) на территории ВУРСа.

Годовые выпадения ^{137}Cs , усреднённые по территории ВУРСа, в 2021 г. увеличились в 2,2 раза по сравнению с 2020 г. и превышали в 1,3 раза фоновые годовые выпадения ^{137}Cs для Уральского региона (которые составили в 2021 г. $1,9 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$). Максимальные месячные выпадения ^{137}Cs , усреднённые по территории ВУРСа, наблюдались в апреле ($0,41 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{месяц}$), в то время как региональный фоновый уровень составлял $0,073 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{месяц}$. По отдельным пунктам наблюдений максимальные годовые выпадения ^{137}Cs на территории ВУРСа наблюдались в пп. Бродоколмак и Бутка ($2,9 \text{ Бк/м}^2\cdot\text{год}$).

В 2021 г. усреднённые по территории ВУРСа выпадения ^{90}Sr уменьшились в 1,3 раза по сравнению с 2020 г., но в 1,2 раза превышали региональный фоновый уровень. Средние по территории

ВУРСа выпадения колебались на уровне 0,32–0,42 Бк/м²·квартал. Максимальные годовые выпадения ⁹⁰Sr в 2021 г. наблюдались в п. Рыбниковское (2,1 Бк/м²·год).

Таблица 4.1.1

Выпадения радионуклидов в районе Восточно-Уральского радиоактивного следа в 2019–2021 гг., Бк/м²·год (данные Уральского УГМС)

Пункт наблюдения	Σβ			¹³⁷ Cs			⁹⁰ Sr		
	2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2019 г.	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Аргаяш	223	267	256	2,1	1,7	0,5	1,6	1,7	4,0
Байны	190	245	219	2,0	1,2	1,6	1,6	2,0	6,0
Богданович	197	205	204	2,8	1,0	1,2	1,6	2,0	5,0
Бродокалмак	223	260	263	2,9	1,3	1,5	1,6	1,7	5,0
Бутка	226	238	204	2,9	0,5	0,32	1,5	2,0	5,4
Ирбит	175	205	223	2,6	0,8	0,3	1,2	1,8	4,3
Каменск-Уральский	175	253	219	1,3	1,2	1,0	1,6	1,6	6,2
Камышлов	212	282	259	2,8	1,1	1,1	1,4	2,2	6,6
Рыбниковское	183	271	245	2,4	0,7	1,1	2,1	1,9	7,6
Тавда	223	223	245	2,6	1,0	0,56	1,0	2,0	5,0
Среднее по территории ВУРСа	203	245	234	2,4	1,1	0,91	1,5	1,9	5,5
Фон для Уральского региона	215	260	248	1,9	0,6	0,84	1,3	1,2	2,3

Динамика годовых выпадений ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr на территории ВУРСа, а также фоновых выпадений этих радионуклидов по Уральскому региону в период с 2000 по 2021 г. приведена на рис. 4.1.1.

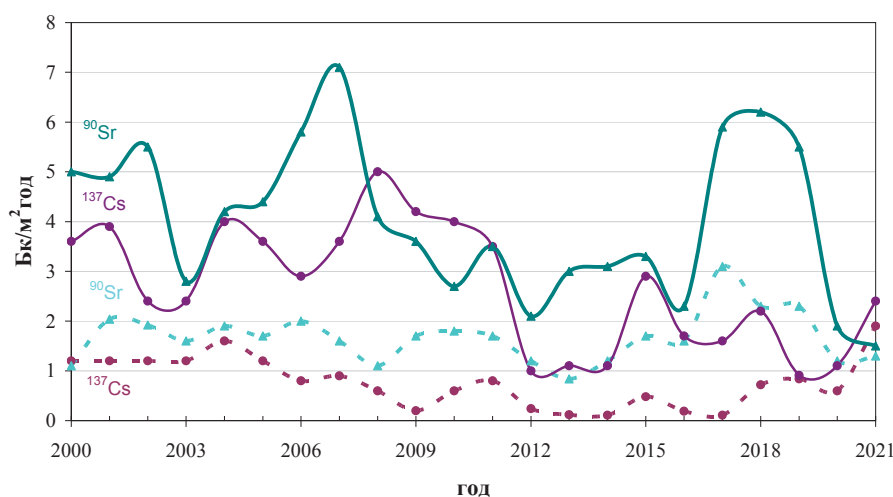


Рис. 4.1.1. Динамика выпадений радионуклидов на подстилающую поверхность на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа:

- фоновые уровни по Уральскому региону;
- выпадения, усреднённые по территории ВУРСа.

Из рис. 4.1.1 видно, что фоновые выпадения ¹³⁷Cs по Уральскому региону с 2000 по 2021 г. колебались в пределах 0,11–1,9 Бк/м²·год, фоновые выпадения ⁹⁰Sr – в пределах 0,84–3,1 Бк/м²·год. Средние по территории ВУРСа выпадения ¹³⁷Cs уменьшаются, с 1998 г. они уменьшились примерно в 2 раза и в 2021 г. составили 2,4 Бк/м²·год. Средние по территории ВУРСа выпадения ⁹⁰Sr в 2021 г. уменьшились и составляли 1,5 Бк/м²·год. В период 2017–2019 гг. выпадения ⁹⁰Sr были одними из самых высоких за последние 20 лет, также как и фоновое выпадение этого радионуклида. Отношение содержания ¹³⁷Cs к ⁹⁰Sr в выпадениях за данный период изменялось в пределах 0,2–1,6. Отношение этих радионуклидов сразу после образования ВУРСа составляло 0,05, а в «цезиевом» следе, частично перекрывшем ВУРС в 1967 г., отношение было равно 3 [1].

Результаты радионуклидного анализа проб воды из рек Караболки и Синары приведены в табл. 4.1.2. Точки отбора проб воды из рек представлены на рис. 3.11.2 в разделе 3.11.

Таблица 4.1.2

**Объёмная активность радионуклидов в воде рек Караболки и Синары в 2021 г., Бк/л
(данные Уральского УГМС и НПО «Тайфун»)**

Месяц	р. Караболка					р. Синара,		
	с. Татарская Караболка			д. Усть-Караболка		устье		
	¹³⁷ Cs ¹⁾	⁹⁰ Sr ¹⁾	³ H ¹⁾	¹³⁷ Cs ²⁾	⁹⁰ Sr ²⁾	¹³⁷ Cs ²⁾	⁹⁰ Sr ²⁾	⁹⁰ Sr ³⁾
Январь	-	-	-	0,01	0,42	0,011	0,094	-
Февраль	< 0,5	0,4	< 40	0,01	0,27	0,002	0,14	0,096
Март	-	-	-	0,01	0,21	0,002	0,11	-
Апрель	-	-	-	нпо	0,39	0,001	0,038	-
Май	< 0,4	0,3	< 40	0,01	0,24	0,002	0,22	0,20
Июнь	-	-	-	0,01	0,34	0,001	0,14	-
Июль	-	-	-	0,01	0,48	0,009	0,13	-
Август	< 0,4	0,03	< 40	0,01	0,50	0,016	0,082	0,10
Сентябрь	-	-	-	нпо	0,22	0,012	0,057	-
Октябрь	< 0,4	0,2	< 40	0,01	0,18	0,007	0,055	-
Ноябрь	-	-	-	0,01	0,24	0,008	0,080	0,039
Декабрь	-	-	-	0,01	0,63	0,022	0,074	-
Среднее:								
2021 г.	< 0,4	0,2	< 40	0,01	0,37	0,008	0,10	0,11
2020 г.	< 1,2	0,9	< 40	0,01	0,68	0,002	0,10	0,11
2019 г.	< 0,4	0,8	< 40	0,01	0,65	0,004	0,12	0,18
2018 г.	< 0,4	1,8	< 30	0,02	0,62	0,006	0,12	-
2017 г.	< 0,4	0,5	< 30	0,02	0,61	0,007	0,13	0,15
УВ	11	4,9	7600	11	4,9	11	4,9	4,9

Примечания: 1) – данные ФГУП ПО «Маяк»;
2) – данные Уральского УГМС;
3) – данные НПО «Тайфун»;
- – измерения не проводились;
нпо – ниже предела обнаружения < 0,001 Бк/л.

По данным Уральского УГМС, в 2021 г. содержание ¹³⁷Cs в р. Синара увеличилось в 4 раза по сравнению с 2020 г., содержание ⁹⁰Sr осталось на уровне предыдущего года. Содержание ¹³⁷Cs в р. Караболка осталось на уровне 2019 г., а содержание ⁹⁰Sr уменьшилось в 1,8 раза. Следует отметить, что объёмная активность радионуклидов в воде рек Синары и Караболки в 2021 г. не превышала УВ по НРБ-99/2009 [4], но содержание ⁹⁰Sr в этих реках было в 10–300 раз выше фонового уровня для рек России (4,6 мБк/л). Содержание ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и ³H в р. Караболке, по данным ФГУП ПО «Маяк», в 2021 г. не превышало УВ [3]. По данным ПО «Маяк», среднегодовая объёмная активность радионуклидов в болоте Бугай в 2021 г. составила: ⁹⁰Sr – 2,1 Бк/л, ¹³⁷Cs – 0,7 Бк/л, ³H – < 40 Бк/л [3], что не превышает УВ для этих радионуклидов по НРБ-99/2009 [4].

Среднегодовая МАЭД гамма-излучения в пунктах наблюдения на территории ВУРСа в 2021 г. колебалась от 0,09 до 0,12 мкЗв/ч [2] и находилась в пределах фоновых значений для Уральского региона и территории РФ.

4.2. Территории ЕТР, загрязнённые в результате аварии на Чернобыльской АЭС

Вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. на территории Российской Федерации подверглись загрязнению ^{137}Cs с уровнями 1 Ки/км^2 (37 кБк/м^2) 19 субъектов Федерации. В 2021 г. ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун» проводили работы по уточнению радиационной обстановки в 80 населённых пунктах, расположенных в зоне радиоактивного загрязнения вследствие аварии на ЧАЭС. Уточнение радиационной обстановки проводилось в Клинцовском районе Брянской области. Обследования включали измерения МАЭД на территориях населённых пунктов в точках отбора и отбор проб почвы на глубину 30–40 см для последующего гамма-спектрометрического анализа в лабораторных условиях. В табл. 4.2.1 приведены обобщённые данные о количестве обследованных в 2014–2021 гг. населённых пунктов (н.п.).

Таблица 4.2.1

Количество загрязнённых в результате аварии на ЧАЭС населённых пунктов, обследованных в субъектах РФ в 2014–2021 гг.

Республика, область	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Белгородская								
Брянская	10		38	12	1	15	70	80
Воронежская								
Калужская	3							
Курская								
Ленинградская			28					
Липецкая		1						
Орловская	88							
Пензенская								
Рязанская								
Тульская		50						
Республика Мордовия								
Всего н.п./проб	101/956	51/550	66/833	12/120	1/10	15/175	70/560	80/721

В целом полученные в результате проведённых обследований экспериментальные результаты по содержанию ^{137}Cs в почве населённых пунктов хорошо согласуются с расчётными оценками, учитывающими уменьшение загрязнения почвы только за счёт распада ^{137}Cs [5, 6].

В табл. 4.2.2 представлены данные по количеству населённых пунктов в загрязнённых районах ЕТР в зависимости от уровней загрязнения ^{137}Cs по состоянию на 01.01.2022 г. [7].

Количество населённых пунктов, загрязнённых в результате аварии на Чернобыльской АЭС по федеральным округам на 01.01.2012 г. и 01.01.2022 г.:

– Центральный федеральный округ (2684 на 01.01.2012 г.) – 1914 населённых пунктов с уровнями загрязнения более 1 Ки/км^2 , из них (278 на 01.01.2012 г.) 191 населённых пункта имеет уровни загрязнения более 5 Ки/км^2 ;

– Южный федеральный округ (1 на 01.01.2012 г.) – 0 населённых пунктов с уровнем загрязнения более 1 Ки/км^2 ;

– Приволжский федеральный округ (24 на 01.01.2012 г.) – 5 населённых пунктов с уровнем загрязнения более 1 Ки/км^2 ;

– Северо-Западный федеральный округ (13 на 01.01.2012 г.) – 3 населённых пункта с уровнем загрязнения более 1 Ки/км^2 .

Таблица 4.2.2

Распределение количества населённых пунктов в субъектах Российской Федерации на территориях, загрязнённых в результате чернобыльской аварии, по уровню загрязнения ¹³⁷Cs (по состоянию на 01.01.2022 г.)

№	Субъекты РФ	Количество н.п.	< 1 Ки/км ²	1–5 Ки/км ²	5–15 Ки/км ²	15–40 Ки/км ²	> 40 Ки/км ²
Центральный федеральный округ							
1	Белгородская	543	535	8			
2	Брянская	1860	1365	315	169	10	1
3	Воронежская	1144	1137	7			
4	Калужская	562	382	176	4		
5	Курская	1104	1051	53			
6	Липецкая	212	206	6			
7	Московская	9	9				
8	Орловская	1537	1223	314			
9	Рязанская	562	480	82			
10	Смоленская	79	79				
11	Тамбовская	111	111				
12	Тульская	2022	1242	762	18		
Южный федеральный округ							
13	Волгоградская	5	5				
14	Ростовская	2	2				
Приволжский федеральный округ							
15	Нижегородская	138	138				
16	Пензенская	173	168	5			
17	Саратовская	13	13				
18	Ульяновская	128	128				
19	Респ. Башкортостан	16	16				
20	Респ. Марий Эл	23	23				
21	Респ. Мордовия	331	331				
22	Чувашская Респ.	27	27				
Северо-Западный федеральный округ							
23	Новгородская	82	82				
24	Ленинградская	156	153	3			
	Всего:						
	на 01.01.2021	10839	8906	1731	191	10	1
	на 01.01.2005	11687	8308	3017	306	53	2
	на 01.01.1999	11695	7529	3664	428	74	2

Список литературы к разделу 4

1. Атлас Восточно-Уральского и Карачаевского радиоактивных следов, включая прогноз до 2047 года / Под ред. Ю.А. Израэля. М.: ИГКЭ Росгидромета и РАН: Фонд «Инфосфера», 2013. 138 с.
2. Сердюк Г.Б., Банникова О.А., Замятина Э.А., Кадочникова Е.Р. Радиационная обстановка на территории деятельности Уральского УГМС в 2021 году. Ежегодник. Екатеринбург: Уральское УГМС, 2021. 45 с.
3. Мокров Ю.Г., Антонова Т.А., Постовалова Г.А. и др. Радиационная обстановка в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк» в 2021 году. ФГУП «ПО Маяк».
4. СанПиН 2.6.1.2523–09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
5. Квасникова Е.В., Вакуловский С.М., Гордеев С.К., Жукова О.М., Константинов С.В., Манзон Д.А., Яхрюшин В.Н. Радиационный мониторинг в Брянском Полесье через 21 год после аварии на Чернобыльской АЭС // Метеорология и гидрология. 2009. № 7. С. 65–78.
6. Шершаков В.М., Булгаков В.Г., Каткова М.Н., Яхрюшин В.Н., Бородин Р.В., Уваров А.Д. Радиоактивное загрязнение территории населённых пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-(239+240) в результате чернобыльской аварии. Обнинск, 2012. 312 с.
7. Данные по радиоактивному загрязнению территории населённых пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-(239+240) // Ежегодник. Обнинск: ФГБУ «НПО «Гайфун», 2022. 233 с.

5. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИЯХ СОПРЕДЕЛЬНЫХ ГОСУДАРСТВ

5.1. Республика Беларусь

Радиационный мониторинг на территории Республики Беларусь осуществляется Республиканским центром по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторинга окружающей среды (Белгидромет) Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Радиационный мониторинг на территории Беларуси [1] включает:

- непрерывный отбор проб радиоактивных аэрозолей с использованием ВФУ в 10 пунктах – в 9 пунктах (Браслав, Гомель, Минск, Мозырь, Мстиславль, Пинск, Лынтупы, Нароч, Ошмяны) с суточной экспозицией и в 1 пункте (Могилёв) с десятидневной экспозицией;
- ежедневный отбор проб радиоактивных выпадений в 7 пунктах наблюдения, расположенных в зонах влияния работающих АЭС, с суточной экспозицией и в 18 пунктах с десятидневной экспозицией;
- измерение мощности экспозиционной дозы γ -излучения (МАЭД) на 41 посту (ежесуточно);
- отбор проб воды на 6 реках Беларуси, протекающих по загрязнённым в результате аварии на Чернобыльской АЭС территориям: Днепр (г. Речица), Припять (г. Мозырь), Сож (г. Гомель), Ипуть (г. Добруш), Беседь (д. Светиловичи), Нижняя Брагинка (д. Гдень); 3 пункта наблюдений на трансграничных участках водных объектов: р. Сож (д. Коськово) – зона влияния Смоленской АЭС, р. Припять (д. Довляды) – зона влияния Чернобыльской АЭС; оз. Дрисвяты (д. Пашевичи) – бывший водоём-охладитель Игналинской АЭС; 3 пункта наблюдений в районе размещения Белорусской АЭС: р. Виляя (д. Быстрица), оз. Нарочь (п.н. Нарочь), оз. Свирь (п. Свирь).

Для оперативного выявления аварийных ситуаций суточные пробы атмосферного воздуха, отобранные в районах воздействия работающих АЭС, расположенных на территории сопредельных государств, подвергались анализу на содержание «свежих» продуктов распада, в первую очередь – йода-131.

Приземная атмосфера

На рис. 5.1 и 5.2 показаны среднегодовые значения объёмной $\Sigma\beta$ и содержания ^{137}Cs в приземном слое атмосферы на территории Беларуси в 2010–2021 гг. В Приложении D.1, табл.1 приведены среднемесячные значения объёмной $\Sigma\beta$ и среднегодовое содержание ^{137}Cs в приземном слое атмосферы в 2021 году.

В 2021 году среднегодовая объёмная $\Sigma\beta$ в приземной атмосфере на территории Беларуси незначительно отличалась от уровней 2020 года (Приложение D.1, табл.1).

Среднемесячные значения объёмной $\Sigma\beta$ в приземной атмосфере городов в 2021 году наблюдались в диапазоне от $4,0 \cdot 10^{-5}$ до $36,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Наибольшее значение зафиксировано в Мстиславле в январе, наименьшее – в Браславе в марте.

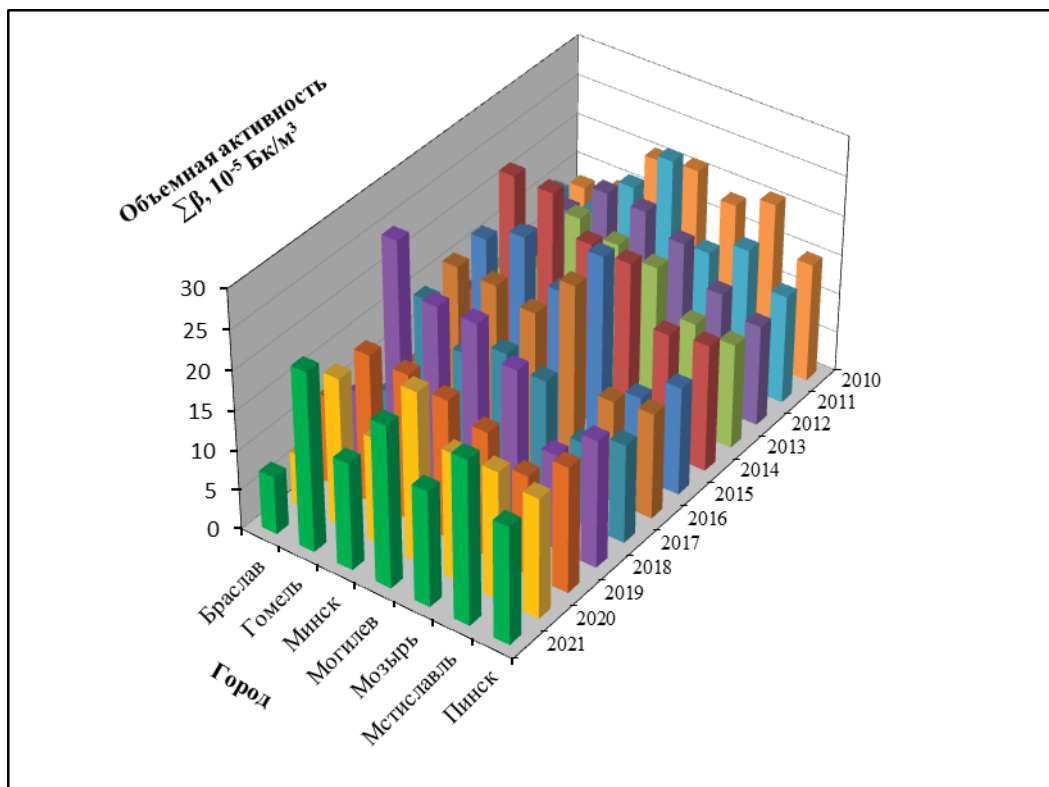


Рис. 5.1. Среднегодовые значения объёмной $\Sigma\beta$ в приземном слое атмосферы на территории городов Беларуси в 2010–2021 гг.

Среднегодовые величины объёмной $\Sigma\beta$ в 2021 году незначительно отличались от значений 2020 года. Небольшое уменьшение наблюдалось в Могилёве – от $21,7 \cdot 10^{-5}$ до $20,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ и Мозыре – от $15,9 \cdot 10^{-5}$ до $14,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. В Мстиславле и Гомеле уровень активности увеличился – от $16,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в 2020 году до $20,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в 2021 году и от $18,8 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в 2020 году до $22,6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в 2021 году соответственно (рис. 5.1). В остальных случаях изменения среднегодовой величины объёмной $\Sigma\beta$ были незначительны и не превышали $1,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³.

Анализ результатов измерений $\Sigma\beta$ атмосферных аэрозолей в 2021 году показывает, что среднемесячные уровни колебались в пределах $2,96 \cdot 10^{-5}$ - $36,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что обусловлено вкладом в объёмную $\Sigma\beta$ естественных радионуклидов. Кроме того, активность радионуклидов в приземном слое атмосферы в значительной степени определяется содержанием пыли в воздухе, т.е. процессами вторичного ветрового подъёма, причём выпадение осадков в 3–4 раза снижает активность радиоактивных аэрозолей в атмосферном воздухе. Наибольшие среднемесячные уровни наблюдались в пунктах наблюдений: Могилёв ($36,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ – в январе), Гомель ($30,2 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ – в июле) и Мстиславль ($31,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ – в январе). Все другие среднемесячные уровни объёмной $\Sigma\beta$ в 2021 году были меньше этих величин.

Превышений контрольного уровня объёмной $\Sigma\beta$ приземного слоя атмосферы ($3700 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³) в 2021 году в контролируемых городах не зафиксировано.

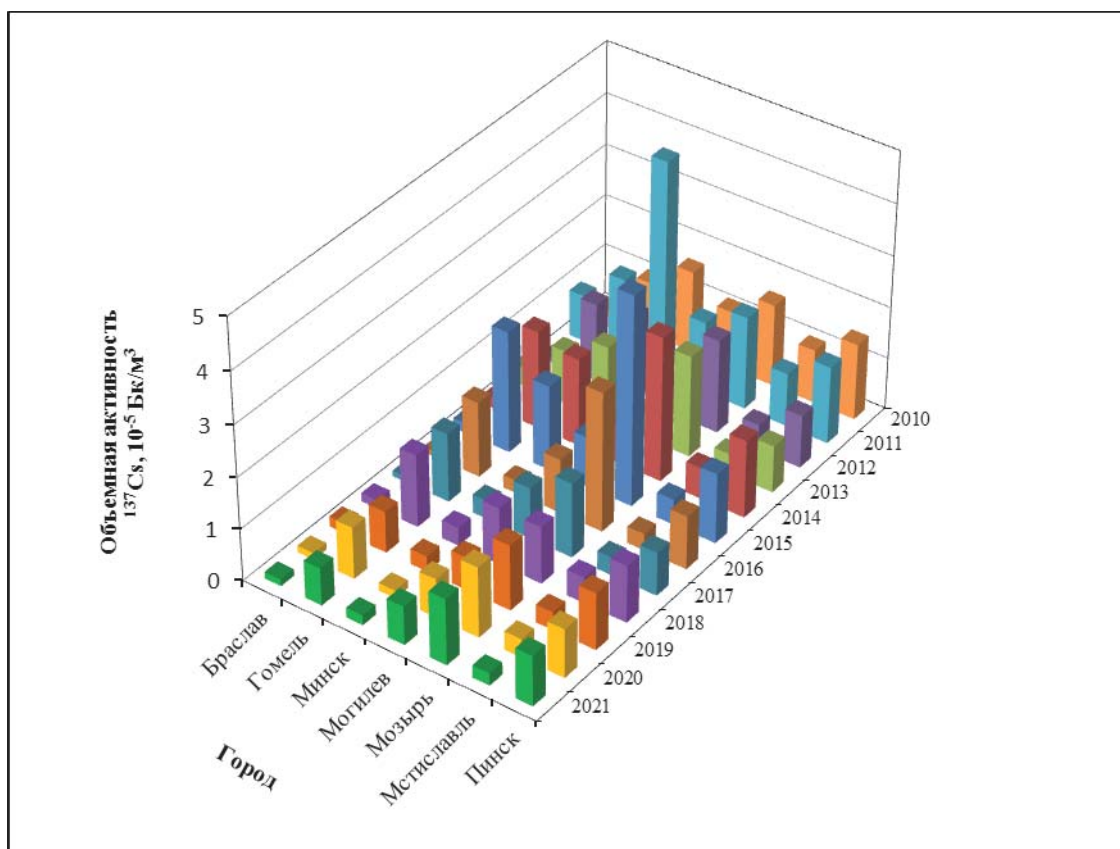


Рис. 5.2. Среднегодовые значения объёмной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы на территории городов Беларуси в 2010–2021 годах

Среднегодовая величина объёмной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы за последние 12 лет представлена на рис. 5.2. За этот период наблюдалось два максимума среднегодовых значений содержания ^{137}Cs . В 2011 году наблюдался максимум почти для всех пунктов наблюдения, что связано с поступлением аварийных выбросов на японской АЭС «Фукусима-1». Максимумы, отмеченные в 2015 году на пунктах наблюдения Мозырь и Гомель, обусловлены крупными пожарами в зонах отчуждения как на Украине, так и на территории Республики Беларусь.

В 2020 году в апреле наблюдались пожары в зоне «рыжего леса», однако это не привело к повышению уровня радиоактивного загрязнения воздуха в пунктах наблюдения. В 2021 г. крупных пожаров, способных привести к повышению уровня радиоактивного загрязнения воздуха, не зафиксировано.

Пожаров, аналогичных пожарам 2015 года, на радиоактивно загрязнённой территории не наблюдалось ни в предшествующие годы, ни в последующие, что положительно сказалось на радиационной обстановке. Содержание ^{137}Cs в приземном слое атмосферы в 2021 году находилось на уровне установившихся многолетних значений (без учёта данных 2011 и 2015 годов).

В 2021 году продолжались наблюдения за содержанием в атмосферном воздухе природных радионуклидов. В объединённых за месяц пробах аэрозолей определялась объёмная активность ^7Be и ^{210}Pb . Активности этих радионуклидов в приземном слое атмосферы соответствовали многолетним значениям. Содержание ^7Be находилось в диапазоне от $87,0 \cdot 10^{-5}$ до $581,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, ^{210}Pb – от $1,0 \cdot 10^{-5}$ до $125,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Наиболее высокие активности ^7Be фиксировались в июне. Повышенные

содержания ^7Be характерны для тёплых месяцев с более высокой солнечной радиацией и более активной вертикальной циркуляцией атмосферы, за счёт его поступления из верхних слоёв атмосферы, где он образуется за счёт космического облучения. Пик объёмной активности ^{210}Pb на многих пунктах наблюдения в 2021 году пришёлся на январь и октябрь.

Зафиксированные значения объёмной активности ^{137}Cs на 6–8 порядков ниже допустимого уровня содержания ^{137}Cs в воздухе, который составляет 27 Бк/м^3 [4].

Атмосферные выпадения

Наиболее высокие среднегодовые значения $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в 2021 году были зафиксированы на пунктах наблюдений: г. Горки ($2,58 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$), г. Костюковичи ($2,45 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$), г. Мстиславль ($2,09 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$), г. Могилёв ($1,85 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$).

Наиболее высокие среднемесячные уровни $\Sigma\beta$ в пробах радиоактивных выпадений в 2021 году зарегистрированы в пунктах наблюдений в городах: Костюковичи ($10,8 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$ в декабре, $4,4 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$ в январе), Мстиславль ($5,0 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$ в декабре) и Горки ($6,7 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$ – в декабре).

Наиболее высокие среднемесячные уровни $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в 2020 году зарегистрированы в пунктах наблюдений: в г. Горки ($4,8 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$ – в феврале, $4,4 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$ – в ноябре и $7,5 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$ – в декабре), г. Мстиславль ($3,8 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$ - в декабре) и г. Славгород ($3,3 \text{ Бк/м}^2\text{сут}$ – в декабре).

В целом уровни радиационных выпадений $\Sigma\beta$ на территории Республики в 2021 году мало отличаются от уровня 2020 года.

Превышений контрольного уровня суммарной бета-активности для выпадений из атмосферы ($110 \text{ Бк/м}^2\text{-сут}$) в 2021 году в пунктах наблюдения не зафиксировано.

В суточных пробах радиоактивных аэрозолей и выпадений из атмосферы, отобранных в зонах воздействия работающих АЭС, расположенных на территории сопредельных государств, случаев обнаружения короткоживущих изотопов, в том числе йода-131, которые являются индикаторами аварийных ситуаций на радиационно опасных объектах, в 2021 году не было.

Сбор, обработка и хранение данных наблюдений за радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха проводится с использованием автоматизированных информационных систем Информационно-аналитического центра радиационного мониторинга.

Радиационный фон территорий

В 2021 году радиационная обстановка на территории Республики оставалась стабильной, не выявлено ни одного случая превышения уровней МАЭД над установившимися многолетними значениями.

Как и прежде, повышенные уровни МАЭД зарегистрированы в пунктах наблюдений в городах Брагин и Славгород, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения. Диапазон изменения МАЭД в Брагине составил от $0,37$ до $0,62 \text{ мкЗв/ч}$, в Славгороде – от $0,17$ до $0,20 \text{ мкЗв/ч}$, при этом среднегодовые значения МАЭД составляли в Брагине $0,53 \text{ мкЗв/ч}$, в Славгороде – $0,19 \text{ мкЗв/ч}$.

В остальных пунктах наблюдений МАЭД не превышала уровень естественного гамма-фона (до $0,20 \text{ мкЗв/ч}$). В областных городах среднегодовой уровень МАЭД гамма-излучения находился в пределах от $0,10$ до $0,12 \text{ мкЗв/ч}$.

Поверхностные воды

Радиационный мониторинг поверхностных вод в 2021 году проводился на 6 реках Беларуси, протекающих по территориям, загрязнённым в результате аварии на Чернобыльской АЭС: Днепр (г. Речица), Припять (г. Мозырь), Сож (г. Гомель), Ипуть (г. Добруш), Беседь (д. Светиловичи) (рис. 5.3), Нижняя Брагинка (д. Гдень).

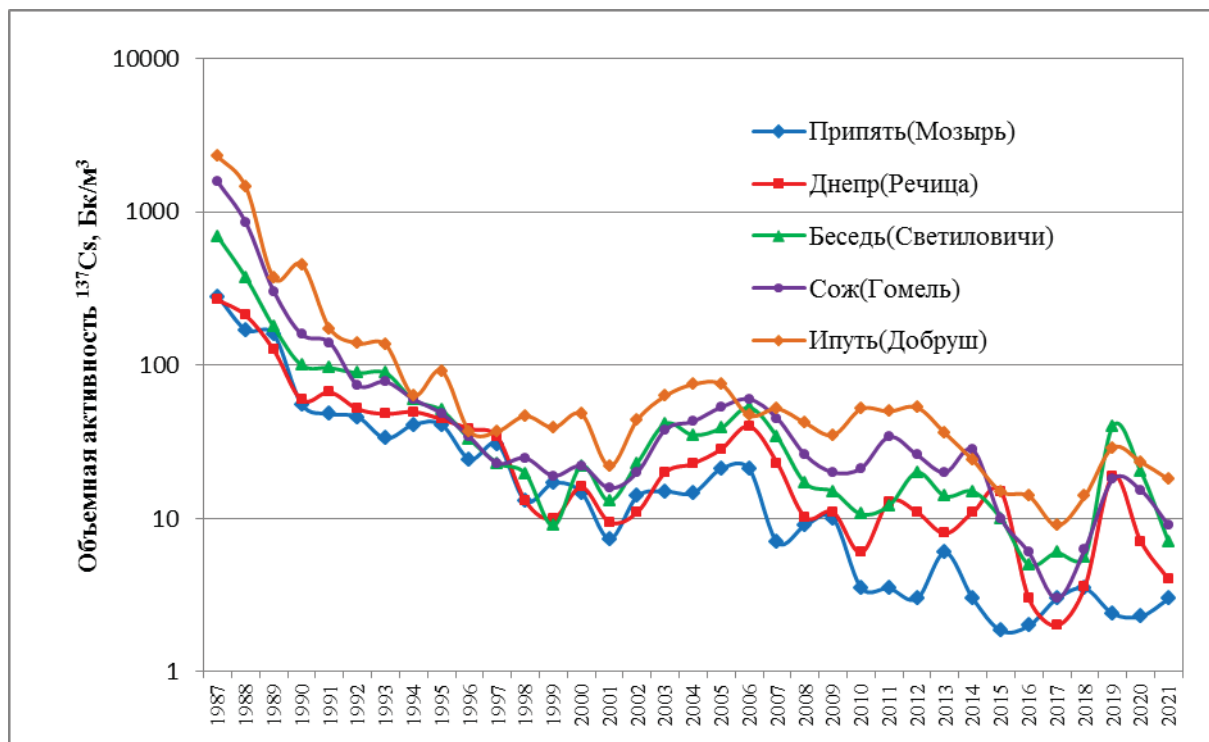


Рис. 5.3. Динамика среднегодовых концентраций ^{137}Cs в поверхностных водах рек Беларуси в 1987–2021 гг.

На контролируемых реках пробы воды отбирались ежеквартально с одновременным определением расходов. В отобранных пробах определялось содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Данные радиационного мониторинга свидетельствуют, что радиационная обстановка на водных объектах в 2021 году оставалась стабильной. Объёмные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде рек были значительно ниже санитарно-гигиенических нормативов, предусмотренных Республиканскими допустимыми уровнями для питьевой воды РДУ-99 [2]: для ^{137}Cs – 10 Бк/л, для ^{90}Sr – 0,37 Бк/л. Хотя в поверхностных водах большинства контролируемых рек объёмная активность этих радионуклидов всё ещё выше уровней, наблюдавшихся до аварии на Чернобыльской АЭС.

В 2021 году содержание ^{137}Cs в Припяти (г. Мозырь) находилось в пределах от 2 до 4 мБк/л (в 2020 г. – 2–3 мБк/л); в Днепре (г. Речица) – от 2 до 13 мБк/л (в 2020 г. – 2–14 мБк/л); в Соже (г. Гомель) – от 2 до 21 мБк/л (в 2020 г. – 6–33 мБк/л); в Ипути (г. Добруш) – от 4 до 36 мБк/л (в 2020 г. – 8–82 мБк/л); в Беседи (д. Светиловичи) – от 4 до 34 мБк/л (в 2020 г. – 9–46 мБк/л).

На рис. 5.3 видно, что среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в воде рек со времени чернобыльской аварии уменьшилась на два порядка. Однако в 2019 году она увеличилась по сравнению с 2018 годом во всех реках, кроме Припяти, где активность ^{137}Cs снизилась до уровня

2017 года и составила 2 мБк/л. Увеличение произошло в 2–8 раз. В 2020–2021 гг. во всех реках произошло снижение активности, кроме Припяти, где активность в 2021 году увеличилась до 3 мБк/л (в 2019–2020 гг. – 2 мБк/л). Наибольшее снижение активности ^{137}Cs зафиксирована в Беседи (г. Светловичи) – от 23 до 7 мБк/л, а наиболее высокая осталась в Ипути (г. Добруш) – 18 мБк/л (в 2020 г. – 23 мБк/л).

В воде р. Нижняя Брагинка, водосбор которой частично находится на территории зоны отчуждения Чернобыльской АЭС, уровни радиоактивного загрязнения значительно выше, чем на остальных реках: концентрация ^{137}Cs в 2021 году достигала 611 мБк/л (в 2020 году – 302 мБк/л).

Тем не менее за счёт выноса и естественного распада на территории водосборов объёмная активность ^{137}Cs в больших и средних реках в последние годы значительно уменьшилась. Однако в водах большинства контролируемых рек активность ^{137}Cs и ^{90}Sr всё ещё выше предаварийных уровней.

Среднегодовые величины объёмной активности ^{90}Sr в речной воде до 2019–2020 гг. в основном снижались, однако в 2021 г. наблюдается заметный рост (рис. 5.4).

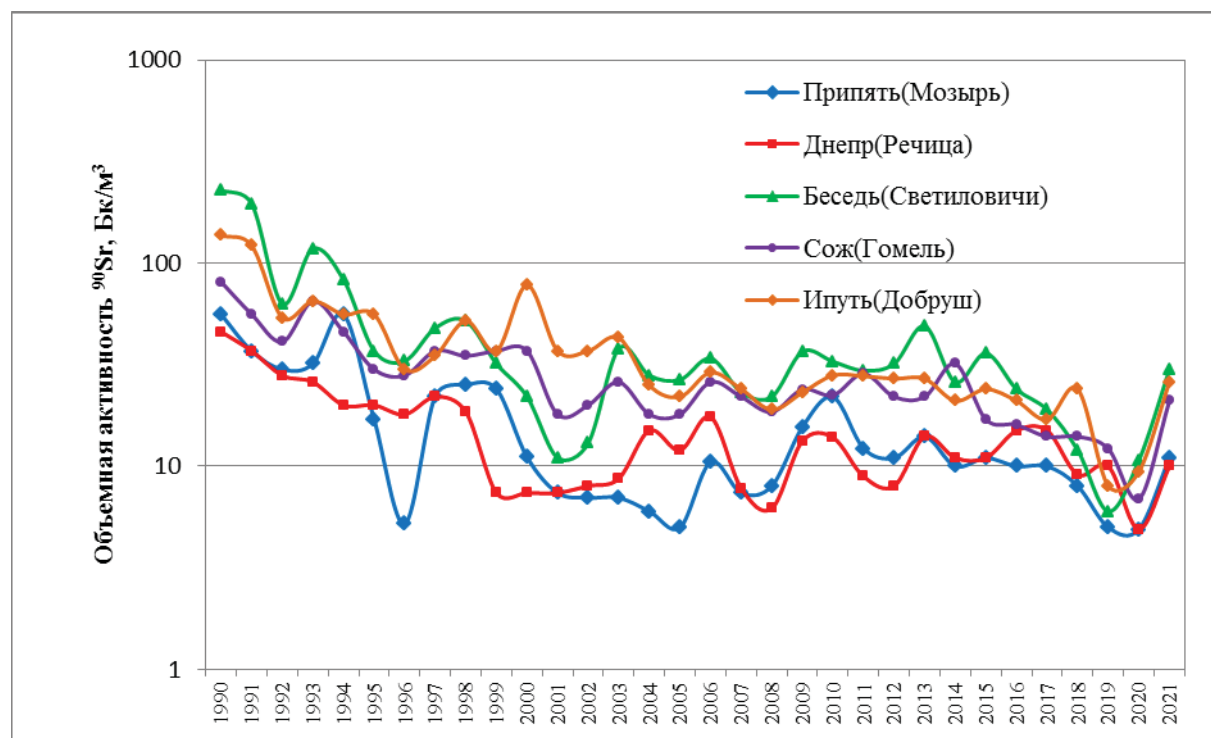


Рис. 5.4. Динамика среднегодовых концентраций ^{90}Sr в поверхностных водах рек Беларуси в 1990–2021 гг.

Среднегодовые концентрации ^{90}Sr в поверхностных водах в период 1990–2006 гг. имели отчётливую тенденцию к снижению, после 2006 года они стабилизировались, несмотря на довольно значительные флуктуации, обусловленные тем, что концентрации этого радионуклида в поверхностных водах напрямую зависят от водности года. Поскольку ^{90}Sr в почве находится в основном в ионообменной форме, его вынос талыми и дождевыми водами с водосбора происходит в растворённом состоянии. В годы повышенной водности, как правило, наблюдается увеличение объёмной активности ^{90}Sr в воде.

2021 год отличался большой водностью, поэтому среднегодовые активности ^{90}Sr в поверхностных водах в 2021 году во всех реках заметно увеличились: Беседе, Ипути и Соже увеличение было наибольшим, здесь концентрация выросла от 10,7; 9,4 и 6,9 мБк/л – в 2020 году до 30,0; 26,0 и 21 мБк/л соответственно. В реках Припяти и Днестре она увеличилась в обеих реках от 4,9 мБк/л в 2020 году до 11,0 и 10,0 мБк/л соответственно.

В воде реки Нижняя Брагинка, которая частично дренирует территории зоны отчуждения Чернобыльской АЭС, уровни радиоактивного загрязнения водосбора значительно выше, чем у остальных рек. Концентрация ^{90}Sr в 2021 году здесь составила 882 мБк/л (в 2020 году – 497 мБк/л).

Содержание ^{90}Sr в 2021 году в единичных пробах вод Припяти (г. Мозырь) находилось в пределах от 4 до 18 мБк/л; Днестра (г. Речица) – от 2 до 18 мБк/л; Сожи (г. Гомель) – от 15 до 33 мБк/л; Ипути (г. Добруш) – от 11 до 62 мБк/л; Беседи (д. Светиловичи) – от 21 до 34 мБк/л.

Таким образом, значения объёмной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностных водах наиболее загрязнённой реки Нижняя Брагинка сопоставимы с референтными уровнями для питьевой воды, предусмотренными Гигиеническим нормативом «Критерии радиационного воздействия» [4] (10 000 мБк/л), однако не превышают их. Содержание ^{90}Sr впервые со времени аварии на Чернобыльской АЭС опустилось ниже допустимого уровня в 2017 году.

Уровни радиоактивного загрязнения поверхностных вод в районе размещения Белорусской АЭС соответствовали фоновым значениям, наблюдавшимся до аварии на Чернобыльской АЭС. Содержание ^{137}Cs в пробах поверхностных вод не превышало 5 мБк/л, содержание ^{90}Sr – 7 мБк/л.

Трансграничный перенос контролировался на озере Дрисвяты (д. Дрисвяты) – зона воздействия Игналинской АЭС (Литва); р. Горынь (д. Речица) и р. Стыр (д. Ладорож) – зона воздействия Ровенской АЭС, р. Припять (д. Довляды) и р. Днепр (г. Лоев) – зона воздействия Чернобыльской АЭС (Украина) и р. Сож (д. Косьюково) – зона воздействия Смоленской АЭС (Россия).

В 2020 году в пробах поверхностных вод, отобранных в зонах воздействия работающих атомных электростанций, расположенных на территориях сопредельных государств, короткоживущих радионуклидов, в том числе ^{131}I не обнаружено.

Таким образом, данные радиационного мониторинга показывают, что радиационная обстановка на территории Республики Беларусь в 2021 году в целом оставалась стабильной. Уровни МАЭД и уровни загрязнения атмосферы и почвы радионуклидами соответствовали установившимся многолетним значениям. Заметное увеличение концентрации ^{90}Sr в речных водах, вызванное климатическими особенностями года, не привело к необходимости принятия каких-либо защитных мероприятий.

5.2. Армения

В Ереване на ст. Аэрологическая проводятся наблюдения за $\Sigma\beta$ выпадений из атмосферы. Среднемесячная величина плотности суточных выпадений в 2020 году колебалась в пределах от 0,35 до 2,03 Бк/м²·сут. В 2021 году диапазон среднемесячных значений $\Sigma\beta$ выпадений стал значительно меньше – 0,25 – 0,85 Бк/м²·сут. Наибольшие среднемесячные значения сократились в 2,4 раза [3]. Среднегодовая плотность также уменьшилась с 0,65 Бк/м²·сут в 2020 году

до 0,52 Бк/м²·сут в 2021 году. Среднегодовая величина плотности $\Sigma\beta$ выпадений в 2021 году наименьшая с 2018 года, когда диапазон среднемесячных значений был в пределах от 0,63 до 1,3 Бк/м²·сут, а среднегодовая величина составила 0,94 Бк/м²·сут.

Измерения $\Sigma\beta$ проб почвы и воды в 30-км зоне АЭС превышения фоновых значений не выявили.

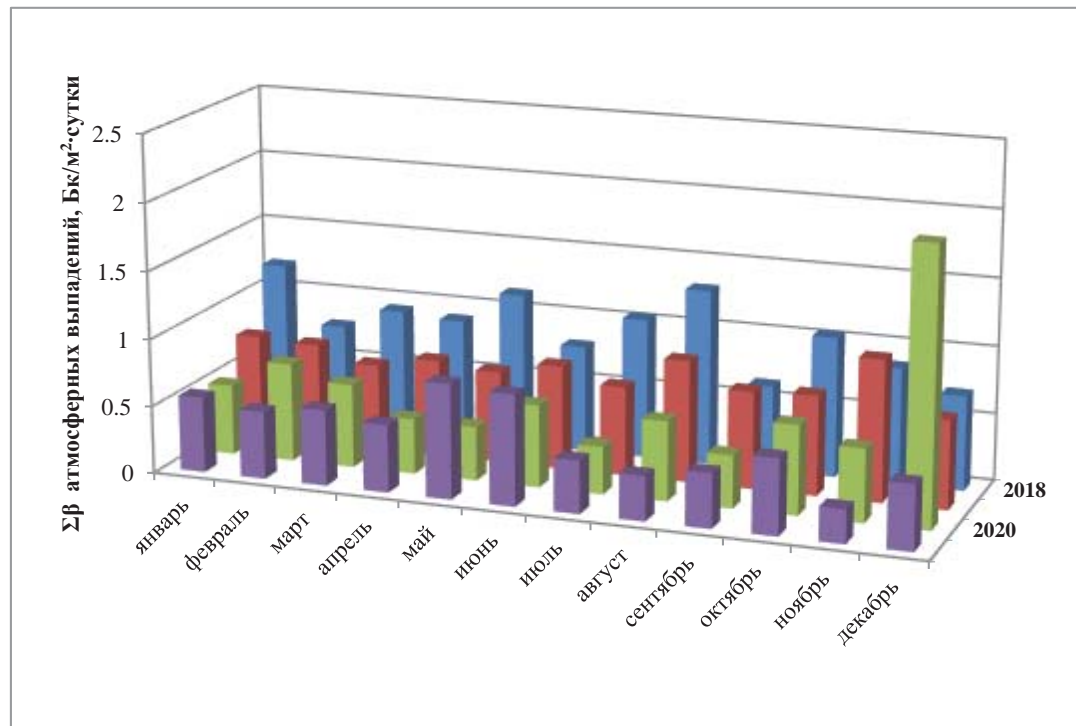


Рис. 5.7. Динамика среднемесячной суточной $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в Ереване (ст. Аэрологическая) в 2018–2021 гг., Бк/м²·сут

Ежедневные измерения МЭД, проводимые на ст. Аэрологическая в г. Ереване, показали, что значения колеблются в интервале от 14,0 мкР/ч до 17,4 мкР/ч, что лежит в пределах естественных колебаний γ -фона. Ежедневные измерения МЭД, проводимые на 15 постах, показали, что превышения допустимого уровня МЭД не наблюдалось.

Список литературы к разделу 5

1. Трафимчик З.И., Глинская С.Н., Замаро А.В., Кадочникова А.В. Радиационный мониторинг в Республике Беларусь: результаты наблюдений 2021 году. Минск: Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. 2022.
2. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99) ГН 10-117-99. Минск, 2000.
3. Ежегодник. Значения мощности экспозиционной дозы фоновое гамма-излучения и суммарной бета-радиоактивности выпадений радиоактивной пыли за 2020 год. Министерство по чрезвычайным ситуациям РА ГНО «Служба по гидрометеорологии и активным воздействиям на атмосферные явления». Ереван, 2022. 6 с.
4. Критерии радиационного воздействия, Минск. 2012. (Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 28.12.2012 г. № 213).

О С Н О В Н Ы Е В Ы В О Д Ы
О СОДЕРЖАНИИ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ
В ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ РФ В 2021 ГОДУ

В 2021 г. на территории России и за её пределами не было радиационных аварий, способных повлиять на радиационную обстановку в стране.

Средневзвешенные по территории РФ объёмные активности техногенных радионуклидов в приземном слое атмосферы за пределами загрязнённых зон в 2021 г. составляли для суммарной β -активности долгоживущих (более четырёх суток) техногенных и природных радионуклидов $16,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, для ^{137}Cs – $1,4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, для ^{90}Sr – $1,2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Анализ многолетних данных показывает, что содержание техногенных радионуклидов в воздухе постепенно уменьшается, претерпевая год от года незначительные колебания. В 2021 г. объёмная суммарная β -активность и объёмная активность ^{137}Cs увеличились в 1,2 раза по сравнению с 2020 г., а объёмная активность ^{90}Sr осталась на уровне предыдущего года. Указанные объёмные активности были на шесть-семь порядков ниже нормативов, установленных НРБ-99/2009.

В атмосфере населённых пунктов, расположенных в окрестностях РОО, имеющих работающие реакторные установки (АЭС, предприятия ЯТЦ, НИИ и др.), в 2021 г. наблюдались отдельные случаи появления в воздухе продуктов деления и нейтронной активации с объёмными активностями на пять и более порядков ниже допустимых нормативов, установленных НРБ-99/2009.

Средневзвешенная по территории РФ суммарная β -активность выпадений из атмосферы на подстилающую поверхность в 2021 г. ($1,1$ Бк/м²·сут) была на уровне предыдущих 5 лет. Выпадения ^{90}Sr на большей части территории страны были ниже предела чувствительности применяемых методов анализа (менее $0,1$ Бк/м²·год). Выпадения ^{137}Cs ($0,16$ Бк/м²·год) также оставались на уровне предыдущих 5 лет ($0,11$ – $0,17$ Бк/м²·год).

Радиационный фон на территории РФ, включая 100-км зоны РОО и территории, загрязнённые вследствие радиационных аварий и инцидентов, в основном не превышал многолетних фоновых значений $0,08$ – $0,23$ мкЗв/ч.

Содержание радионуклидов в пробах почвы, отобранных при маршрутных обследованиях в слое до 5 см и экспедиционных обследованиях в корнеобитаемых слоях до 30 см, по всей территории РФ было обусловлено их суммарным запасом в почве, сложившимся в предыдущие годы.

Загрязнение поверхностных вод суши техногенными радионуклидами практически полностью было обусловлено выносом ^{90}Sr , накопившегося в почве в процессе глобальных выпадений, поверхностными и грунтовыми водами. В реках РФ (кроме рек, протекающих по загрязнённым зонам) объёмная активность ^{90}Sr в 2021 г. в среднем составила $3,6$ мБк/л, что находится на уровне последних трёх лет. В целом объёмная активность ^{90}Sr в реках была на три порядка ниже уровня вмешательства для населения ($4,9$ Бк/л) по НРБ-99/2009.

Среднегодовое значение объёмной активности трития в атмосферных осадках в 2021 г. ($1,5$ Бк/л) было на уровне 2020 г. ($1,4$ Бк/л). Сумма выпадений трития с осадками на всю территорию РФ в 2021 г. осталась на уровне 2020 г. ($12,29 \cdot 10^{15}$ Бк) и составила $12,96 \cdot 10^{15}$ Бк.

Среднегодовая объёмная активность трития в среднем по основным рекам РФ вне загрязнённых зон обусловлена выпадениями трития с осадками и, так же, как в осадках, постепенно снижается. В 2021 г. она составляла 1,6 Бк/л, изменяясь по отдельным рекам в диапазоне от 1,0 до 2,6 Бк/л. Наибольшая объёмная активность трития в воде наблюдалась в р. Амур (п. Благовещенск), но более чем на три порядка ниже уровня вмешательства по содержанию трития в питьевой воде, согласно НРБ-99/2009 ($7,6 \cdot 10^3$ Бк/л).

В 2021 г. объёмная активность ^{90}Sr в морях РФ мало изменилась по сравнению с 2020 годом. Максимальная объёмная активность ^{90}Sr наблюдалась, как и ранее, в Азовском море (Таганрогский залив) – 6,0 мБк/л, а минимальная – в Тихом океане (Авачинская губа) – 1,4 мБк/л.

На ЕТР вследствие чернобыльской аварии 1986 г. в 11 областях на начало 2022 г. остаются территории с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs более 1 Ки/км². В Центральном федеральном округе в 1914 населённых пунктах плотность загрязнения почв ^{137}Cs более 1 Ки/км², из них в 191 – уровни загрязнения – более 5 Ки/км². В Приволжском (на территории пяти населённых пунктов) и Северо-Западном (три населённых пункта) округах плотность загрязнения почв ^{137}Cs составляет 1–5 Ки/км².

На АТР, как и ранее, загрязнён район Южного Урала, где находятся:

– «стронциевый» Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС), образовавшийся вследствие аварии на ПО «Маяк» в 1957 г., с отношением $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr} = 0,12$;

– частично перекрывающий ВУРС «цезиевый» след, образовавшийся в 1967 г. вследствие ветрового выноса загрязнённой радионуклидами пыли с обнажившихся берегов оз. Карачай, расположенного в СЗЗ ПО «Маяк», с отношением $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr} = 3$.

Почва загрязнённых зон ЕТР и АТР продолжает оставаться источником вторичного ветрового подъёма радиоактивной пыли. Поэтому на этих территориях наблюдается повышенное содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в воздухе, превышающее фоновые уровни по стране.

В районах ЕТР, загрязнённых в результате аварии на ЧАЭС, наблюдается постепенное снижение уровней радиоактивного загрязнения в основном за счёт естественного распада радионуклидов. Атмосферные выпадения ^{137}Cs (усреднённые по 10 пунктам) во втором полугодии 2021 г. превысили в 1,3 раза уровень 2019 г. и составили 0,50 Бк/м², что в 5,5 раз выше выпадений вне загрязнённых зон ЕТР за тот же период (0,091 Бк/м²·год).

Годовые выпадения ^{90}Sr на территории ВУРС в 2021 г. уменьшились в 1,3 раза по сравнению с 2020 г. и составляли 1,5 Бк/м²·год. Годовые выпадения ^{137}Cs увеличились в 2,2 раза по сравнению с 2020 г. (2,4 Бк/м²·год). Годовые выпадения ^{137}Cs и ^{90}Sr в 2021 г. были выше средних фоновых выпадений для Уральского региона в 1,2 и 1,3 раза соответственно.

В 2021 г. уровни радиоактивного загрязнения окружающей природной среды в 100-км зоне ПО «Маяк» по-прежнему оставались самыми высокими на территории РФ. Годовые выпадения ^{90}Sr (2,6 Бк/м²·год) в 100-км зоне ПО «Маяк» (усреднённые по 11 пунктам) в 2020 г. остались на уровне 2020 г. (2,7 Бк/м²·год) и в 2 раза превышали региональный фоновый уровень (1,3 Бк/м²·год). Выпадения ^{137}Cs (3,1 Бк/м²·год) увеличились в 1,9 раз по сравнению с 2020 г. (1,6 Бк/м²·год) и в 1,6 раза превышали региональный фоновый уровень (1,9 Бк/м²·год). Максимальные выпадения ^{137}Cs (5,9 Бк/м²·год) и ^{90}Sr (9,1 Бк/м²·год) из атмосферы наблюдались в п. Новогорный Челябинской

области, расположенном в 7 км от источника. В п. Новогорный наблюдалась и самая высокая на территории России среднегодовая объёмная активность ^{137}Cs в воздухе – $1,1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, превышающая средневзвешенное значение по территории России в 80 раз. Это значение на шесть порядков ниже допустимого уровня в соответствии с НРБ-99/2009. Среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в воде р. Течи (п. Муслимово в 78 км от источника) составляла 4,3 Бк/л, что на три порядка выше среднего значения для рек России. Максимальное значение объёмной активности ^{90}Sr было зафиксировано в октябре и составило 8,4 Бк/л, что в 1,8 раза выше уровня вмешательства для ^{90}Sr в питьевой воде по НРБ-99.

В целом радиационная обстановка в 2021 г. на территории Российской Федерации была стабильной, параметры радиационной обстановки были на уровне предшествующих лет. В пределах зон радиоактивного загрязнения вследствие аварий на ЧАЭС и ПО «Маяк», а также в районах расположения радиационно опасных объектов ситуация также была стабильной. Содержание техногенных радионуклидов практически во всех наблюдаемых объектах окружающей среды имеет тенденцию к уменьшению и не представляет опасности для населения.

Приложение А

Приложение А.1

Атомные электростанции	
Открытое акционерное общество «Концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях», г. Москва, со следующими филиалами:	
1	<i>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция», Натальинское муниципальное образование Балаковского муниципального района, Саратовская область</i>
2	<i>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Белоярская атомная станция», г. Заречный, Свердловская область</i>
3	<i>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Билибинская атомная станция», г. Билибино, Чукотский автономный округ</i>
4	<i>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция», г. Волгодонск-28, Ростовская область</i>
5	<i>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Калининская атомная станция», г. Удомля, Тверская область</i>
6	<i>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция», г. Полярные Зори, Мурманская область</i>
7	<i>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Курская атомная станция», г. Курчатов, Курская область</i>
8	<i>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ленинградская атомная станция», г. Сосновый Бор, Ленинградская область</i>
9	<i>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция», г. Нововоронеж, Воронежская область</i>
10	<i>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Плавучая атомная теплоэлектростанция» (ПАТЭС), г. Певек, Чукотский автономный округ. Ввод в промышленную эксплуатацию 22.05.2020 г.</i>
11	<i>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Смоленская атомная станция», г. Десногорск, Смоленская область</i>
Радиационно опасные объекты	
1	Акционерное общество «10-й Ордена Трудового Красного Знамени судоремонтный завод», г. Полярный, Мурманская область
2	Акционерное общество «30-й судоремонтный завод», г. Фокино, посёлок городского типа Дунай, Приморский край
3	Акционерное общество «82-й судоремонтный завод», г. Мурманск, жилой район Росляково
4	Акционерное общество «Ангарский электролизный химический комбинат», г. Ангарск, Иркутская область
5	Акционерное общество «Атомспецтранс», г. Москва
6	Акционерное общество «Балтийский завод», г. Санкт-Петербург
7	Акционерное общество «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии», г. Москва
8	Акционерное общество «Всерегionalное объединение «Изотоп», г. Москва
9	Акционерное общество «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара», г. Москва
10	Акционерное общество «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов», г. Димитровград, Ульяновская область
11	Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований», г. Москва (Троицк)
12	Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», г. Обнинск, Калужская область
13	Акционерное общество «Далур», с. Уксянское, Далматовский район, Курганская область
14	Акционерное общество «Дальневосточный завод «Звезда», г. Большой Камень, Приморский край
15	Акционерное общество «Изотоп», г. Екатеринбург
16	Акционерное общество «Институт реакторных материалов», г. Заречный, Свердловская область
17	Акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии – Атомстрой», г. Москва
18	Акционерное общество «Научно-исследовательский институт приборов», г. Лыткарино, Московская область
19	Акционерное общество «Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации», г. Москва

20	Акционерное общество «Опытно-демонстрационный центр вывода из эксплуатации уран-графитовых ядерных реакторов», г. Северск, Томская область
21	Акционерное общество «Опытное конструкторское бюро машиностроения имени И.И. Африкантова», г. Нижний Новгород
22	Акционерное общество «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежала», г. Москва
23	Акционерное общество «Ордена Трудового Красного Знамени и Ордена труда ЧССР опытное конструкторское бюро «ГИДРОПРЕСС», г. Подольск, Московская область
24	Акционерное общество «Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский физико-химический институт имени Л.Я. Карпова», г. Обнинск, Калужская область
25	Акционерное общество «Производственное объединение «Северное машиностроительное предприятие», г. Северодвинск, Архангельская область
26	Акционерное общество «Производственное объединение «Электрохимический завод», г. Зеленогорск, Красноярский край
27	Акционерное общество «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина», г. Санкт-Петербург
28	Акционерное общество «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях», г. Москва
29	Акционерное общество «Санкт-Петербургский «ИЗОТОП», г. Санкт-Петербург
30	Акционерное общество «Северо-Восточный ремонтный центр», г. Вилючинск, Камчатский край
31	Акционерное общество «Сибирский химический комбинат», г. Северск, Томская область
32	Акционерное общество «ТВЭЛ», г. Москва
33	Акционерное общество «Уральский электрохимический комбинат», г. Новоуральск, Свердловская область
34	Акционерное общество «Федеральный центр ядерной и радиационной безопасности», г. Москва
35	Акционерное общество «Хиагда», с. Багдарин, Баунтовский эвенкийский муниципальный район, Республика Бурятия
36	Акционерное общество «Центр судоремонта «Звёздочка», г. Северодвинск, Архангельская область
37	Акционерное общество «Чепецкий механический завод», г. Глазов, Удмуртская Республика
38	Открытое акционерное общество «Гидрометаллургический завод», г. Лермонтов, Ставропольский край
39	Объединённый институт ядерных исследований, г. Дубна, Московская область
40	Публичное акционерное общество «Амурский судостроительный завод», г. Комсомольск-на-Амуре, Хабаровский край
41	Публичное акционерное общество «Машиностроительный завод», г. Электросталь, Московская область
42	Публичное акционерное общество «Новосибирский завод химконцентратов», г. Новосибирск
43	Публичное акционерное общество «Приаргунское производственное горно-химическое объединение», г. Краснокаменск, Забайкальский край
44	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск
45	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва
46	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь
47	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна», г. Москва
48	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт теоретической и экспериментальной физики имени А.И. Алиханова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Москва
49	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Протвино, Московская область
50	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва
51	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Петербургский институт ядерной физики имени Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Гатчина, Ленинградская область

52	Акционерное общество «Аварийно-технический центр Минатома России», г. Санкт-Петербург. (Пункт в редакции, введённой в действие с 11.10.2019 г. постановлением Правительства РФ от 30.09.2019г. № 1273).
53	Федеральное государственное унитарное предприятие атомного флота, г. Мурманск
54	Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики имени Н.Л. Духова», г. Москва
55	Федеральное государственное унитарное предприятие «Горно-химический комбинат», г. Железногорск, Красноярский край
56	Федеральное государственное унитарное предприятие «Комбинат «Электрохимприбор», г. Лесной, Свердловская область
57	Федеральное государственное унитарное предприятие «Крыловский государственный научный центр», г. Санкт-Петербург
58	Акционерное общество «Научно-исследовательский институт Научно-производственное объединение «ЛУЧ», г. Подольск, Московская область. (Пункт в редакции, введённой в действие распоряжением Правительства РФ от 21 марта 2022 г. № 556-р.)
59	Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский технологический институт имени А.П. Александрова», г. Сосновый Бор, Ленинградская область
60	Федеральное государственное унитарное предприятие «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами», г. Москва
61	Федеральное государственное унитарное предприятие «Объединённый эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды», г. Москва
62	Федеральное государственное унитарное предприятие «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО», г. Москва
63	Федеральное государственное унитарное предприятие «Приборостроительный завод», г. Трёхгорный, Челябинская область
64	Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Маяк», г. Озёрск, Челябинская область
65	Акционерное общество Производственное объединение «Север», г. Новосибирск. (Пункт в редакции, введённой в действие с 11.10.2019 г. постановлением Правительства РФ от 30.09.2019 г. № 1273)
66	Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский научный центр «Прикладная химия», г. Санкт-Петербург
67	Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина», г. Снежинск, Челябинская область
68	Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный ядерный центр – Всероссийский исследовательский институт экспериментальной физики», г. Саров, Нижегородская область
69	Акционерное общество «Уральский электромеханический завод», г. Екатеринбург. (Пункт в редакции, введённой в действие с 11.10.2019 г. постановлением Правительства РФ от 30.09.2019 г. № 1273)
70	Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Санкт-Петербург
71	Федеральное государственное унитарное предприятие «Южно-Уральский институт биофизики Федерального медико-биологического агентства, г. Озёрск, Челябинская область
72	Акционерное общество «Федеральный научно-производственный центр «Производственное объединение «Старт» имени М.В. Проценко», г. Заречный, Пензенская область (Пункт дополнительно включён распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2018 г. № 1819-р)
73	Акционерное общество «Техснабэкспорт», г. Москва. (Пункт дополнительно включён распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2018 г. № 2591-р)

Примечание: эксплуатацию особо радиационно опасных и ядерно опасных производств и объектов осуществляют также воинские части и организации Вооружённых сил Российской Федерации, имеющие в своём составе ядерные боеприпасы, ядерные энергетические установки и ядерные исследовательские установки.

Приложение А.2

Группировка пунктов наблюдения за объёмной активностью радиоактивных продуктов в воздухе по географическим регионам РФ

Европейская территория России		
Крайний Север		
1. Обс. им. Кренкеля (о. Хейса) (н/р)		
Заполярье*		
1. Диксон	4. Кандалакша (экспозиция 5 дней)	7. Туруханск
2. Зашеек (экспозиция 5 дней)	5. Салехард	8. Амдерма (н/р)
3. Мурманск (экспозиция 5 дней)	6. Нарьян-Мар	9. Норильск (с 01.11.2021)
Север		
1. Архангельск	4. Северодвинск	7. Петрозаводск (экспозиция 5 дней)
2. Ухта (н/р 6 месяцев)	5. Вологда	8. Охоны (н/р)
3. Сыктывкар	6. Киров	9. Санкт-Петербург (экспозиция 5 дней)
Центр		
1. Нижний Новгород	5. Казань	9. Нововоронеж (экспозиция 5 дней)
2. Самара	6. Обнинск	10. Курчатова (экспозиция 5 дней)
3. Пенза (экспозиция 5 дней)	7. Подмосковная	11. Ельня (н/р)
4. Балаково	8. Тушино (с 01.09.2021, экспозиция 5 дней)	
1. Брянск (экспозиция 5 дней) 2. Курск		
Юг		
1. Астрахань (экспозиция 5 дней)	3. Цимлянск (экспозиция 5 дней)	5. Севастополь (н/р)
2. Волгоград (экспозиция 5 дней)	4. Ростов-на-Дону (экспозиция 5 дней)	
Азиатская территория России		
Западная Сибирь		
1. Кызыл	6. Большая Мурта	11. Барнаул (экспозиция 5 дней)
2. Огурцово (н/р)	7. В. Дуброво (экспозиция 5 дней)	12. Омск
3. Красноярск	8. Кыштым ** (экспозиция 5 дней)	13. Колпашево (экспозиция 5 дней)
4. Сухобузимское	9. Новогорный** (экспозиция 5 дней)	14. Ханты-Мансийск
5. Уяр	10. Аргаяш** (экспозиция 5 дней)	15. Томск (экспозиция 5 дней)
Север Восточной Сибири		
1. Якутск (экспозиция 5 дней)	3. Магадан (экспозиция 5 дней)	5. Мирный (н/р)
2. Петропавловск-Камчатский (н/р)	4. Алдан (н/р)	
Юг Восточной Сибири		
1. Владивосток (экспозиция 5 дней)	4. Южно-Сахалинск (экспозиция 5 дней)	7. Благовещенск (экспозиция 5 дней)
2. Иркутск	5. Чита	8. Хабаровск (экспозиция 5 дней)
3. Ангарск	6. Сковородино (н/р)	

Примечания: н/р – не работает;

* – в Заполярье условно включены территории (пункты), расположенные как на ЕТР, так и на АТР.

** – данные по пунктам наблюдения: Кыштым, Новогорный, Аргаяш (все пункты входят в 100-км зону ПО «Маяк») при подсчёте средневзвешенных объёмных активностей $\Sigma\beta$, ^{137}Cs и ^{90}Sr по АТР и РФ в целом не учитывались.

Приложение А.3

Объёмная $\Sigma\beta$ в воздухе приземного слоя атмосферы на территории РФ в 2021 г., $10^{-5} \cdot \text{Бк}/\text{м}^3$

Европейская территория России							
Месяц	Крайний Север	Заполярье	Север	Центр	Брянск, Курск	Юг	Средневзвешенное по ЕТР
Январь	-	6,0	11,4	39,5	7,7	9,6	12,5
Февраль	-	3,7	8,6	23,2	5,1	8,0	8,1
Март	-	4,1	8,3	17,1	7,5	8,7	7,5
Апрель	-	4,3	11,6	19,1	7,5	9,5	8,7
Май	-	4,9	11,6	22,9	8,5	9,7	9,6
Июнь	-	3,4	12,8	20,0	10,3	7,4	8,6
Июль	-	4,0	7,8	21,3	11,2	11,0	8,3
Август	-	4,0	6,3	25,0	13,9	9,9	8,5
Сентябрь	-	3,7	4,8	17,3	10,6	7,5	6,6
Октябрь	-	3,7	6,3	21,0	9,0	9,3	7,6
Ноябрь	-	4,0	6,3	14,8	8,8	5,6	6,4
Декабрь	-	6,1	5,5	15,6	10,1	5,7	7,4
Среднее:							
2021 г.	-	4,3	8,4	21,4	9,2	8,5	8,3
2020 г.	-	3,9	8,2	21,7	8,8	11,8	8,4
2019 г.	-	4,0	8,0	18,8	7,6	12,8	8,1
2018 г.	-	4,2	9,7	19,6	8,3	14,2	8,9
2017 г.	-	6,2	8,7	13,8	6,6	28,1	10,1
2016 г.	-	7,4	9,2	21,1	6,5	7,3	9,7
2015 г.	-	7,2	7,0	16,1	9,2	5,8	8,6
Азиатская территория России							
Месяц	Новогорный	Западная Сибирь	Север Восточной Сибири	Юг Восточной Сибири	Средневзвешенное по АТР	Средневзвешенное по РФ	
Январь	50,7	26,2	5,9	36,1	16,8	15,1	
Февраль	27,1	19,3	10,2	39,9	18,2	14,2	
Март	20,4	16,8	22,2	35,6	23,7	17,2	
Апрель	208	18,1	19,1	24,6	20,0	15,5	
Май	27,0	21,9	18,4	18,0	19,1	15,3	
Июнь	25,5	15,8	32,4	23,4	26,7	19,4	
Июль	19,2	13,8	15,9	23,6	17,0	13,5	
Август	40,5	17,4	33,0	26,4	28,0	20,2	
Сентябрь	18,4	11,2	17,4	26,4	17,8	13,3	
Октябрь	16,1	12,9	15,6	32,2	18,3	14,0	
Ноябрь	16,9	13,4	32,9	29,3	27,6	19,1	
Декабрь	17,7	18,6	30,9	30,2	27,9	19,7	
Среднее:							
2021 г.	25,0	17,1	21,2	28,7	21,8	16,4	
2020 г.	13,6	16,2	15,7	30,5	18,8	14,7	
2019 г.	14,5	13,5	20,5	29,7	20,6	15,7	
2018 г.	19,8	15,4	20,8	48,9	25,1	18,7	
2017 г.	93,4	15,2	26,4	37,1	25,8	19,6	
2016 г.	12,3	13,9	17,5	28,7	19,2	15,0	
2015 г.	14,0	11,6	12,8	36,7	17,3	13,9	

Примечание: - - нет данных.

Приложение А.4

Среднемесячные объёмные активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы на территории РФ в 2021 г., $10^{-7}\cdot\text{Бк}/\text{м}^3$

Европейская территория России							
Месяц	Крайний Север	Заполярье	Север	Центр	Брянск, Курск	Юг	Средневзвешенное по ЕТР
Январь	-	1,0	2,0	3,1	1,9	3,0	1,7
Февраль	-	1,0	1,8	3,5	3,1	3,2	1,8
Март	-	1,0	1,9	3,2	3,0	3,0	1,8
Апрель	-	0,9	2,0	3,6	2,6	4,7	1,9
Май	-	0,9	2,8	5,1	5,3	4,5	2,4
Июнь	-	1,2	2,7	3,7	3,1	4,5	2,1
Июль	-	1,1	2,1	3,6	4,3	3,3	1,8
Август	-	1,2	1,1	3,2	3,8	3,4	1,6
Сентябрь	-	1,1	1,6	3,1	5,3	3,1	1,7
Октябрь	-	1,1	1,7	4,4	11,0	3,3	2,0
Ноябрь	-	1,0	1,4	3,6	8,0	4,0	1,9
Декабрь	-	1,1	1,3	3,4	7,1	3,5	1,8
Среднее:							
2021 г.	-	1,0	1,9	3,6	4,9	3,6	1,9
2020 г.	-	0,9	1,3	5,9	5,6	6,4	2,4
2019 г.	-	0,7	1,5	3,4	4,2	2,8	1,6
2018 г.	-	0,7	3,7	3,4	4,3	2,8	2,1
2017 г.	-	1,2	2,7	3,2	5,3	2,9	1,9
2016 г.	-	1,2	4	3,6	4,7	1,9	2,7
2015 г.	-	1,4	3,3	5,5	10,6	6,7	4
Азиатская территория России							
Месяц	Новогорный	Западная Сибирь	Север Восточной Сибири	Юг Восточной Сибири	Средневзвешенное по АТР	Средневзвешенное по РФ	
Январь	10,3	1,6	0,8	1	1,0	1,3	
Февраль	480,0	1,6	0,8	1	1,0	1,3	
Март	60,0	1,5	0,8	1	1,0	1,3	
Апрель	20,0	2,6	1	1,1	1,4	1,6	
Май	41,0	2,6	1	1,1	1,4	1,8	
Июнь	20,0	2,6	1	1,1	1,4	1,6	
Июль	47,0	1,9	1	1,1	1,2	1,5	
Август	62,1	1,9	1	1,1	1,2	1,4	
Сентябрь	26,0	1,9	1	1,1	1,2	1,3	
Октябрь	16,0	2,0	0,7	1	1,1	1,5	
Ноябрь	10,6	2,0	0,7	1	1,1	1,4	
Декабрь	7,0	2,0	0,7	1	1,1	1,4	
Среднее:							
2021 г.	66,7	2,0	0,9	1,1	1,2	1,4	
2020 г.	13,8	1,9	1	1,7	1,3	1,7	
2019 г.	16,2	2,2	0,9	1,0	1,3	1,4	
2018 г.	18,4	1,7	1,0	1,8	1,4	1,6	
2017 г.	16,9	1,9	1,1	1,5	1,4	1,6	
2016 г.	28,1	3	0,9	1,5	1,5	1,8	
2015 г.	67,1	2,2	1,6	2,7	1,8	2,4	

Примечание: - – нет данных.

Приложение А.5

Таблица 1

Средневзвешенная по отдельным регионам объёмная активность ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы на территории РФ в 2021 г., 10⁻⁷ Бк/м³

Район	I полугодие	II полугодие	Среднее за год
Европейская территория России			
Заполярье	0,28	0,24	0,26
Север	0,75	0,33	0,54
Центр	0,64	0,44	0,54
Юг	1,18	0,97	1,07
Брянск, Курск	0,80	0,70	0,75
Азиатская территория России			
Западная Сибирь*	1,36	0,58	0,97
Север Восточной Сибири	1,28	1,25	1,26
Юг Восточной Сибири	1,31	0,74	1,03

Примечание: * – при подсчёте не учитывались данные по п. В. Дуброво.

Таблица 2

Средневзвешенные по территории страны объёмные активности ⁹⁰Sr в приземном слое атмосферы в 2001–2021 годах, 10⁻⁷ Бк/м³

Квартал	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
I	0,90	0,96	1,16	0,61	0,74	0,69	0,67	0,89	0,63	0,66	0,74	0,76	0,75	0,72	0,86	1,07	1,34	1,05	0,95	0,96	1,0	
II	1,74	1,52	1,91	1,90	1,08	1,24	1,10	1,30	1,18	0,77	1,05	1,12	1,17	1,03		1,30	1,12	1,31	1,12	1,12	1,30	
III	1,43	1,34	1,35	1,30	0,88	0,95	0,96	0,87	1,15	0,84	0,84	0,99	0,85	0,87		0,85	1,30	1,12	1,31	1,12	1,12	1,30
IV	1,26	0,93	1,00	0,96	0,78	0,72	0,86	0,77	0,83	0,73	0,78	0,69	0,75	0,63		0,85	1,30	1,12	1,31	1,12	1,12	1,30
Среднее	1,33	1,19	1,36	1,19	0,87	0,90	0,90	0,97	0,95	0,73	0,83	0,89	0,88	0,81	0,85	1,19	1,23	1,18	1,04	1,04	1,15	

Примечание: без п. В. Дуброво и г. Обнинска (за октябрь 2013 г.).

Таблица 3

Объёмные активности изотопов плутония в приземном слое воздуха в городах Обнинск и Курск в 2021 г., 10⁻⁹ Бк/м³

Месяц	г. Обнинск		г. Курск	
	²³⁸ Pu	^{239,240} Pu	²³⁸ Pu	^{239,240} Pu
Январь	9,28	1,78	3,58	2,06
Февраль	2,5	0,83		
Март	7,7	1,28		
Апрель	22,57	2,5		
Май	16,24	6,96		
Июнь	7,94	3,61		
Июль	9,08	21,8	0,66	2,86
Август	11,68	11,68		
Сентябрь	3,54	1,89		
Октябрь	5,4	5,4		
Ноябрь	22,36	2,79		
Декабрь	12,99	6,49		
Среднее: 2021 г.	10,94	5,58	2,12	2,46
2020 г.	26,53	5,56	2,70	3,14
2019 г.	2,85	4,91	0,68	1,09
2018 г.	10,44	3,49	0,24	1,54
2017 г.	11,70	9,45	0,87	0,69
2016 г.	4,5	8,2	1,4	2,5
2015 г.	15,4	27,0	11,5	5,7
2014 г.	18,1 (11,5)	7,1 (3,9)	0,8	3,9
2013 г.	9,7 (2,2)	24,9 (4,7)	0,4	2,2
2012 г.	2,0	3,0	0,4	2,2

Примечание: в скобках приведены значения без учёта данных за октябрь 2013 г. и за октябрь 2014 года.

Приложение А.6

Группировка пунктов наблюдений за радиоактивными выпадениями
по географическим районам РФ

Европейская территория России
<u>Заполярье*</u> УГМС: Мурманское, Чукотское (о. Шмидта, бухта Провидения, г. Певек) ЦГМС: Диксонский, Тиксинский
<u>Север</u> УГМС: Северное (без Диксонского ЦГМС), Северо-Западное (включая Калининградский ЦГМС)
<u>Центр</u> УГМС: Верхне-Волжское, Приволжское, Республики Татарстан, Центральное, Центрально-Чернозёмных областей (кроме загрязнённой зоны)
<u>Зона, загрязнённая при аварии на ЧАЭС</u> В Центральном УГМС и УГМС Центрально-Чернозёмных областей (ЦЧО): Волово, Ефремов, Тула, Узловая (Тульская обл.); Брянск (Брянская обл.); Болхов, Дмитровск-Орловский, Орёл (Орловская обл.); Фатеж (Курская обл.); Жиздра (Калужская обл.) Данные по пунктам Плавск (Тульская обл.); Красная Гора (Брянская обл.) (расположены на территориях с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs 5–15 Ки/км ²) при расчёте средневзвешенных выпадений ^{137}Cs по ЕТР и РФ не учитывались.
<u>Юг</u> Северо-Кавказское (включая Крымское УГМС)
Азиатская территория России
<u>Западная Сибирь</u> УГМС: Западно-Сибирское, Уральское, Башкирское, Обь-Иртышское, Среднесибирское, Иркутское
<u>Север Восточной Сибири</u> УГМС: Якутское (без Тиксинского ЦГМС), Колымское, Камчатское, Чукотское (без полярных станций)
<u>Юг Восточной Сибири</u> УГМС: Дальневосточное, Приморское, Сахалинское, Забайкальское

Примечание: * – в Заполярье условно включены территории (пункты), расположенные как на ЕТР, так и на АТР.

Приложение А.7

Таблица 1

Σв атмосферных выпадений радионуклидов на территории РФ в 2021 г., Бк/м²·сут

Европейская территория России						
Месяц	Заполярье	Север	Центр	Загрязнённая зона	Юг	Средневзвешенное по ЕТР
Январь	1,02	0,84	1,83	0,9	1,04	1,22
Февраль	0,75	0,45	1,72	0,59	0,77	0,96
Март	0,64	0,39	1,41	0,7	0,68	0,8
Апрель	0,69	0,39	1,32	0,92	0,74	0,8
Май	0,47	0,46	1,36	0,92	0,63	0,76
Июнь	0,49	0,35	1,13	0,78	0,64	0,66
Июль	0,76	0,32	1,19	0,66	0,65	0,74
Август	0,68	0,51	1,31	1,1	0,7	0,82
Сентябрь	0,45	0,61	1,32	1,06	0,68	0,8
Октябрь	0,78	0,58	1,28	0,92	0,76	0,87
Ноябрь	0,61	0,58	1,4	0,86	0,7	0,86
Декабрь	0,91	0,56	1,31	1,08	0,75	0,9
Среднее:						
2021 г.	0,69	0,50	1,38	0,87	0,73	0,85
2020 г.	0,69	0,48	1,28	0,81	0,73	0,81
2019 г.	0,68	0,68	1,14	0,75	0,93	0,85
2018 г.	0,68	0,66	0,88	0,67	0,80	0,75
2017 г.	0,60	0,73	0,89	0,63	0,78	0,76
2016 г.	0,66	0,71	1,12	0,78	0,83	0,84
2015 г.	0,68	0,95	1,28	0,65	0,71	0,95
2014 г.	1,35	0,65	1,28	0,67	1,25	1,08
Азиатская территория России						
Месяц	Западная Сибирь	Север Восточной Сибири	Юг Восточной Сибири	Средневзвешенное по АТР	Средневзвешенное по РФ	
Январь	1,69	0,69	1,72	1,34	1,3	
Февраль	1,81	0,63	1,65	1,36	1,25	
Март	1,54	0,65	1,63	1,24	1,12	
Апрель	1,43	0,73	1,51	1,19	1,09	
Май	1,4	0,75	1,52	1,19	1,08	
Июнь	1,14	0,7	1,44	1,03	0,94	
Июль	1,05	0,74	1,45	1,01	0,94	
Август	1,18	0,8	1,54	1,11	1,03	
Сентябрь	1,38	0,75	1,64	1,2	1,1	
Октябрь	1,32	0,76	1,52	1,15	1,08	
Ноябрь	1,36	0,68	1,48	1,13	1,06	
Декабрь	1,47	0,83	1,39	1,22	1,14	
Среднее:						
2021 г.	1,40	0,72	1,54	1,18	1,09	
2020 г.	1,19	0,77	1,49	1,10	1,02	
2019 г.	1,25	0,81	1,39	1,09	1,03	
2018 г.	1,27	0,82	1,18	1,09	1,0	
2017 г.	1,35	0,87	1,14	1,14	1,04	
2016 г.	1,35	0,82	1,13	1,12	1,05	
2015 г.	1,32	1,27	1,25	1,29	1,2	
2014 г.	1,28	0,99	1,16	1,16	1,13	

Выпадения ^{137}Cs из атмосферы в различных регионах ЕТР в 2021 г., Бк/м²·квартал

Район	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Сумма за год									
					2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
Заполярье	0,011	0,018	0,020	0,010	0,06	0,07	0,11	0,14	0,12	0,32	0,28	0,18	0,33	0,20
Север	0,047	0,033	0,033	0,042	0,15	0,17	0,19	0,20	0,17	0,27	0,25	0,21	0,27	0,23
Центр ЕТР (без загр. зоны)	0,031	0,062	0,080	0,074	0,25	0,28	0,33	0,22	0,20	0,22	0,37	0,35	0,64	0,37
Юг	0,029	0,13	0,056	0,053	0,27	0,28	0,22	0,26	0,23	0,26	0,41	0,27	0,37	0,29
Средневзвешенное по ЕТР (без загр. зоны)	0,029	0,047	0,046	0,045	0,17	0,18	0,21	0,20	0,17	0,27	0,31	0,27	0,42	0,28
Загрязнённая зона	-	-	0,21	0,29	0,25*	-	0,87	0,74	0,72	1,18	1,51	1,32	1,77	1,25

Примечание: * – по данным за III и IV кварталы.

Приложение А.8

Таблица 1

**Среднемесячные значения объёмной активности трития в атмосферных осадках (Бк/л)
и его выпадения из атмосферы (Бк/м²·месяц), усреднённые по 32 пунктам
на территории России**

Месяц	2021 г.		2020 г.		2019 г.		2018 г.		2017 г.	
	Объёмная активность	Выпадения	Объёмная активность	Выпадения	Объёмная активность	Выпадения	Объёмная активность	Выпадения	Объёмная активность	Выпадения
Январь	1,36	44,72	0,94	28,02	1,44	37,80	1,37	50,77	1,80	47,72
Февраль	1,19	34,76	1,1	31,94	1,86	49,06	1,67	33,91	1,88	39,51
Март	1,17	30,64	1,24	31,26	1,61	38,85	1,66	49,67	1,91	35,95
Апрель	1,56	57,73	1,30	29,22	2,03	40,26	1,96	59,75	1,91	55,53
Май	1,78	75,83	1,34	64,9	2,08	80,60	2,13	70,41	2,29	89,74
Июнь	2,01	106,35	1,67	92,09	2,17	104,81	1,85	101,90	2,39	129,21
Июль	1,98	116,00	1,85	120,65	2,42	177,63	2,04	122,24	2,02	150,74
Август	1,60	91,11	2,02	136,09	2,17	146,81	1,97	101,56	1,63	101,66
Сентябрь	1,69	75,10	1,56	71,7	1,62	76,61	1,60	73,81	1,55	76,09
Октябрь	1,25	43,47	1,12	47,2	1,23	53,24	1,22	50,68	1,26	56,08
Ноябрь	1,14	46,82	1,08	28,28	1,15	41,55	1,13	35,61	1,08	40,84
Декабрь	1,14	40,31	1,26	36,57	1,38	39,82	1,21	37,51	1,27	42,51
Среднее	1,49	63,57	1,37	59,8	1,78	73,92	1,65	65,65	1,75	72,13
Сумма, кБк/м ² ·год		0,76		0,72		0,89		0,79		0,87
Выпадения на территории РФ, Бк		13,0·10 ¹⁵		12,3·10 ¹⁵		14,95·10 ¹⁵		13,5·10 ¹⁵		14,8·10 ¹⁵

Таблица 2

Среднегодовые объёмные активности ⁹⁰Sr в реках и озёрах РФ, мБк/л

Год	Реки ЕТР	Реки АТР	Среднее по рекам РФ	Оз. Онежское, оз. Имандра (ЕТР)	Оз. Ханка (АТР)
2000	6,2	5,6	5,9	-	22,6
2001	7,2	4,7	6,0	9,8*	18,3
2002	5,9	3,6	4,8	8,1*	15,6
2003	6,4	4,5	5,5	7,0*	22,0
2004	7,6	4,7	6,2	6,2	25,6
2005	6,7 (8,2)	4,7	5,7 (6,4)	5,5	19,7
2006	6,1 (9,1)	4,4	5,3 (6,7)	4,8	15,4
2007	5,6 (6,7)	4,5	5,1 (5,7)	4,8	12,0
2008	5,0 (7,8)	4,1	4,5 (6,0)	3,7	10,3
2009	4,7 (6,9)	3,9	4,3 (5,6)	4,5	6,8
2010	4,2 (4,4)	4,2	4,2 (4,3)	3,0	7,8
2011	3,7 (4,6)	4,3	4,2 (4,5)	2,6	7,2
2012	4,6 (5,1)	5,0	4,8 (5,0)	3,7	9,0
2013	3,8 (4,3)	4,8	4,3 (4,5)	3,5	7,5
2014	5,1 (5,2)	4,5	4,8 (4,9)	4,6	5,9
2015	4,7 (5,1)	5,0	4,8 (5,0)	4,8	11,8
2016	4,3 (5,5)	4,8	4,6 (5,2)	2,6	7,3
2017	4,2 (5,0)	6,7	5,5 (5,8)	2,3	7,2
2018	3,7 (6,1)	4,2	4,1 (5,0)	2,5	6,0
2019	3,0 (4,5)	4,2	3,6 (4,4)	2,0	5,7
2020	2,5 (5,3)	4,7	3,6 (5,0)	2,0	4,9
2021	2,5 (4,7)	4,5	3,5 (4,6)	1,3	5,1

Примечания: дано осреднение объёмной активности ⁹⁰Sr в воде без учёта проб, отобранных в Неве в 2013–2015 гг., и без учёта проб рек Кама, Вишера, Колва за 2009–2012 и за 2016–2020 гг. Данные в скобках с учётом всех проб;

* – данные только по Онежскому озеру;

- – пробы не отбирались.

Приложение А.9

Таблица 1

Среднегодовая объёмная активность трития в основных реках РФ, Бк/л

Регион стока	Река (пункт)	Год																				
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Север ЕТР	р. Нева (Новосаратовка)	-	-	-	-	3,4	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	р. Северная Двина (Соломбала)	2,4	2,0	2,4	2,0	1,9	2,5	2,2	2,3	1,6	1,6	1,7	1,3	1,2	1,5	1,4	1,1	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
	р. Печора (Городецкий Шар)	2,7	2,6	2,0	2,2	2,3	2,9	2,5	2,1	2,1	1,9	1,7	2,3	1,9	1,4	1,3	1,5	1,5	1,2	1,4	1,3	1,05
Юг ЕТР	р. Волга (Балаково)	2,9	3,3	2,1	2,3	2,3	2,4	2,3	2,2	2,4	1,9	1,7	1,8	1,7	1,6	1,8	1,6	1,7	1,4	1,3	1,0	1,1
	р. Волга (В. Лебяжье)	2,4	2,1	1,8	1,9	2,6	1,9	2,5	2,5	1,6	1,6	2,0	2,0	1,6	1,7	1,2	1,3	1,2	1,3	0,9	1,2	1,0
	р. Волга (Брейтово)	-	-	-	1,8	1,8	2,2	1,9	2,5	2,4	1,3	1,6	2,4	1,3	1,2	1,0	1,5	1,1	1,3	1,1	1,0	1,1
Центр ЕТР	р. Дон (Аксаи)	2,3	2,0	2,2	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	1,8	2,1	1,9	2,5	1,7	1,5	1,3	1,4	1,9	1,5	1,8	1,9	1,5
Сибирь	р. Енисей (Игарка)	3,7	3,3	2,7	-	-	2,8	2,8	2,6	2,3	2,7	2,3	2,6	2,1	1,9	1,8	1,8	1,8	1,9	1,7	1,6	1,8
	р. Лена (Хабарова)	3,8	3,1	2,0	2,8	3,2	3,0	2,6	2,7	2,9	2,8	1,7	3,4	2,3	2,2	2,1	2,1	1,8	2,2	2,1	1,9	1,9
	р. Колыма (Черский)	2,6	2,6	2,1	2,1	3,1	2,7	2,5	2,4	2,7	2,2	2,2	2,2	1,9	2,1	1,6	1,8	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5
	р. Н.Тунгуска (Тура)	3,6	2,6	3,1	2,2	3,4	2,8	2,7	2,8	2,9	2,6	2,5	2,9	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,5	1,3
	р. Индигирка (Индигирский)	3,5	3,0	2,5	2,8	3,0	3,5	2,8	3,0	2,7	2,8	1,9	3,3	2,1	2,2	2,1	2,1	2,0	2,2	2,2	1,9	2,1
	р. Обь (Салехард)	-	-	2,7	2,3	2,7	2,6	2,6	3,2	2,2	2,2	2,0	2,9	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,7	1,5	1,4
Дальний Восток	р. Амур (Благовещенск)	3,5	2,9	3,0	2,8	3,3	3,2	3,1	3,0	3,1	2,9	2,1	3,2	2,7	2,4	2,3	2,2	2,2	2,3	2,1	2,1	2,6
	р. Амур (Хабаровск)	4,1	2,6	3,6	3,0	2,9	2,7	3,8	3,1	2,6	2,7	2,4	2,5	2,0	2,3	2,0	1,9	2,2	2,1	1,8	1,4	1,7
	р. Амур (Комсомольск-на-Амуре)	4,1	3,0	2,5	2,5	3,5	3,4	3,0	2,9	2,8	2,5	2,0	3,1	2,2	2,1	4,3	1,9	1,9	2,1	1,8	1,5	1,9

Примечание: -- пробы не отбирались.

Таблица 2

Среднегодовая объёмная активность ⁹⁰Sr в поверхностных водах морей РФ, мБк/л

Море	Кол-во проб в 2021 г.	Год																				
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Азовское	1	-	15,8	-	-	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	18,2	14,95	12,2	5,6	5,5	3,7-	6,3	6,4
Чёрное	-	13,0	-	-	10,7	12,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Каспийское	3	-	-	-	-	-	6,6	6,1	7,4	5,0	5,1	5,4	6,7	8,9	3,47	6,14	3,88	4,79	3,31	-	-	2,55
Баренцево	4	3,4	3,1	3,6	2,8	2,0	2,3	2,1	3,1	2,5	1,8	1,7	1,8	2,1	2,4	2,21	2,48	1,98	1,95	1,93	2,18	2,14
Белое	6	4,1	3,5	3,4	3,8	3,4	3,6	3,0	3,9	3,6	3,5	2,6	2,8	3	4,4	2,75	2,76	2,49	2,30	2,10	3,03	2,66
Охотское	4	2,1	1,9	2,1	1,8	1,7	2,0	1,0	1,1	1,6	1,4	1,4	1,2	1	1,6	1,41	1,93	1,94	1,24	1,55	1,81	1,63
Японское	4	2,1	2,1	2,2	2,1	2,1	2,2	1,7	1,3	1,5	1,3	1,5	1,5	1,2	1,9	1,29	1,64	1,60	2,0	1,48	2,29	2,15
Тихий океан*	12	1,9	2,0	2,1	1,8	1,7	1,5	1,3	1,4	1,4	0,9	1,2	1,1	1,1	1,2	1,14	1,48	1,56	1,64	1,14	1,77	1,79

Примечания: -- пробы не отбирались;
* – прибрежные воды Восточной Камчатки.

Приложение В

Схема соотношения географических регионов и отдельных УГМС (ЦГМС) с субъектами РФ и федеральными округами

Европейская территория России:	
Заполярье*	
УГМС: Мурманское (Мурманская обл.)	Северо-Западный федеральный округ
УГМС: Северное (Ненецкий автономный округ: Амдерма)	Северо-Западный федеральный округ
УГМС: Северное (ЦГМС: Диксонский – север Красноярского края)	Сибирский федеральный округ
УГМС: Якутское (ЦГМС: Тиксинский – север Республики Саха (Якутия))	Дальневосточный федеральный округ
УГМС: Чукотское (Чукотский автономный округ.: о. Шмидта, бух. Провидения, Певек)	Дальневосточный федеральный округ
Север	
УГМС: Северное (Республика Коми, Ненецкий АО, Архангельская и Вологодская обл.)	Северо-Западный федеральный округ
УГМС: Северо-Западное (Республика Карелия, г. Санкт-Петербург, Ленинградская, Новгородская и Псковская обл.)	Северо-Западный федеральный округ
ЦГМС: Калининградский (Калининградская обл.)	Северо-Западный федеральный округ
Центр	
УГМС: Верхне-Волжское (Республики: Марий Эл, Мордовия, Удмуртская и Чувашская, Кировская и Нижегородская обл.)	Приволжский федеральный округ
УГМС: Приволжское (Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская и Ульяновская обл.)	Приволжский федеральный округ
УГМС: Республика Татарстан	Приволжский федеральный округ
УГМС: Центральное (г. Москва, Владимирская, Ивановская, Калужская, Костромская, Московская, Рязанская, Смоленская, Тверская, Тульская и Ярославская обл.)	Центральный федеральный округ
УГМС: Центрально-Чернозёмных областей (ЦЧО) (Белгородская, Брянская, Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская и Тамбовская обл.) (кроме загрязнённой зоны)	Центральный федеральный округ
Зона, загрязнённая при аварии на ЧАЭС, – УГМС Центрально-Чернозёмных областей (ЦЧО): Волово, Ефремов, Тула, Узловая (Тульская обл.); Брянск (Брянская обл.); Болхов, Дмитровск-Орловский, Орёл (Орловская обл.); Фатеж (Курская обл.); Жиздра (Калужская обл.) и пп. Плавск (Тульская обл.) и Красная Гора (Брянская обл.) (расположены на территориях с плотностью загрязнения почвы ¹³⁷ Cs 5–15 Ки/км ²)	Центральный федеральный округ
Юг	
УГМС: Северо-Кавказское (Республики: Адыгея, Калмыкия; Краснодарский край; Астраханская, Волгоградская и Ростовская обл.); Крымское (Республика Крым)	Южный федеральный округ
УГМС: Северо-Кавказское (Республики: Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкарская, Северная Осетия – Алания, Карачаево-Черкесская, Чеченская; Ставропольский край)	Северо-Кавказский федеральный округ
Азиатская территория России:	
Западная Сибирь	
УГМС: Башкирское (Республика Башкортостан)	Приволжский федеральный округ
УГМС: Уральское (Пермский край)	Приволжский федеральный округ
УГМС: Уральское (Курганская, Свердловская и Челябинская обл.)	Уральский федеральный округ
УГМС: Обь-Иртышское (Ханты-Мансийский АО, Ямало-Ненецкий АО, Тюменская обл.)	Уральский федеральный округ
УГМС: Обь-Иртышское (Омская обл.)	Сибирский федеральный округ
УГМС: Западно-Сибирское (Республика Алтай, Алтайский край, Кемеровская, Новосибирская и Томская обл.)	Сибирский федеральный округ
УГМС: Среднесибирское (Республики: Хакасия, Тыва; Красноярский край)	Сибирский федеральный округ
УГМС: Иркутское (Иркутская обл.)	Сибирский федеральный округ
Север Восточной Сибири	
УГМС: Якутское (Республика Саха (Якутия))	Дальневосточный федеральный округ
УГМС: Чукотское (Чукотский АО)	Дальневосточный федеральный округ
УГМС: Колымское (Магаданская обл.)	Дальневосточный федеральный округ
УГМС: Камчатское (Камчатский край)	Дальневосточный федеральный округ
Юг Восточной Сибири	
УГМС: Забайкальское (Республика Бурятия, Забайкальский край)	Дальневосточный федеральный округ **
УГМС: Дальневосточное (Хабаровский край, Еврейская автономная область, Амурская обл.)	Дальневосточный федеральный округ
УГМС: Приморское (Приморский край)	Дальневосточный федеральный округ
УГМС: Сахалинское (Сахалинская обл.)	Дальневосточный федеральный округ

Примечания: * – в Заполярье условно включены территории (пункты), расположенные как на ЕТР, так и на АТР;
 ** – вошли в Дальневосточный федеральный округ в соответствии с [18] в ноябре 2018 года.

Приложение С

**ПОСТУПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
ОТ ПРЕДПРИЯТИЙ РОСАТОМА В 2021 ГОДУ**

Таблица С.1

Выбросы радионуклидов в атмосферу организациями Росатома в 2021 г., Бк

Наименование радионуклида	Наименование организации	Разрешённый выброс, Бк/год	Выброшено в атмосферу, Бк		Увел.(+), сниж.(-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
			в 2020 г.	в 2021 г.	
БАРИЙ-139			5,61·10 ⁸	3,67·10 ⁸	-1,94·10 ⁸
	АО «ГНЦ НИИАР»	2,09·10 ¹¹	5,61·10 ⁸	3,67·10 ⁸	-1,94·10 ⁸
ВИСМУТ-214			8,01·10 ¹³	8,05·10 ¹³	+4,0·10 ¹¹
	ПАО «ППГХО»	3,07·10 ¹⁴	8,01·10 ¹³	8,05·10 ¹³	+4,0·10 ¹¹
СУММА НУКЛИДОВ ЕВРОПИЯ			1,13·10 ⁸	4,05·10 ⁶	-1,09·10 ⁸
	АО «ГНЦ НИИАР»	1,51·10 ¹¹	5,57·10 ⁵	4,05·10 ⁶	+3,49·10 ⁶
	ФГУП «Атомфлот»	1,39·10 ⁹	1,13·10 ⁸	-	-1,13·10 ⁸
ЖЕЛЕЗО-59			5,08·10 ⁶	1,98·10 ⁸	+1,93·10 ⁸
	АО «ГНЦ НИИАР»	1,35·10 ¹¹	3,58·10 ⁶	1,40·10 ⁷	+1,04·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	5,31·10 ¹¹	9,59·10 ⁴	9,48·10 ⁴	-1,10·10 ³
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	3,0·10 ¹²	-	1,84·10 ⁸	+1,84·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	3,16·10 ¹¹	1,40·10 ⁶	-	-1,40·10 ⁶
ЙОД-129			3,49·10 ¹⁰	5,12·10 ¹⁰	+1,63·10 ¹⁰
	ФГУП «ПО «Маяк»	4,79·10 ¹¹	3,49·10 ¹⁰	5,12·10 ¹⁰	+1,63·10 ¹⁰
ЙОД -131			7,72·10 ⁹	7,88·10 ⁹	+1,60·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Балаковская АЭС»	4,57·10 ⁸	1,91·10 ⁵	1,32·10 ⁵	-5,90·10 ⁴
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	1,80·10 ¹⁰	1,36·10 ⁷	1,71·10 ⁷	+3,50·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	1,80·10 ¹⁰	1,60·10 ⁸	1,51·10 ⁸	-9,0·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	1,80·10 ¹⁰	1,33·10 ⁷	8,16·10 ⁷	+6,83·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Кольская АЭС»	1,80·10 ¹⁰	5,57·10 ⁷	4,50·10 ⁷	-1,07·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	9,30·10 ¹⁰	5,17·10 ⁸	6,74·10 ⁸	+1,57·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	9,30·10 ¹⁰	2,60·10 ⁸	2,70·10 ⁸	+1,0·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	1,80·10 ¹⁰	2,68·10 ⁸	1,20·10 ⁸	-1,48·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ростовская АЭС»	5,0·10 ⁹	7,80·10 ⁵	5,18·10 ⁷	+5,10·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	9,30·10 ¹⁰	1,10·10 ⁸	9,29·10 ⁷	-1,71·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» Дирекция по сооружению и эксплуатации ПАТЭС	9,69·10 ¹⁰	1,36·10 ⁷	1,67·10 ⁶	-1,19·10 ⁷
	АО «ГНЦ НИИАР»	1,79·10 ¹²	6,26·10 ⁹	6,32·10 ⁹	+6,0·10 ⁷
	ФГУП «ПО «Маяк»	7,48·10 ¹¹	4,58·10 ⁷	5,67·10 ⁷	+1,09·10 ⁷
ЙОД -132			9,91·10 ⁸	9,52·10 ⁸	-3,90·10 ⁷
	АО «ГНЦ НИИАР»	9,83·10 ¹¹	9,91·10 ⁸	9,52·10 ⁸	-3,90·10 ⁷
ЙОД -133			4,59·10 ⁹	3,0·10 ⁹	-1,59·10 ⁹
	АО «ГНЦ НИИАР»	8,12·10 ¹¹	4,46·10 ⁹	2,42·10 ⁹	-2,04·10 ⁹
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	5,32·10 ¹³	2,54·10 ⁷	4,71·10 ⁸	+4,46·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	1,33·10 ¹³	1,09·10 ⁸	1,05·10 ⁸	-4,0·10 ⁶
ЙОД -134			7,20·10 ⁷	7,79·10 ⁷	+5,90·10 ⁶
	АО «ГНЦ НИИАР»	4,49·10 ¹⁰	7,20·10 ⁷	7,79·10 ⁷	+5,90·10 ⁶
ЙОД -135			1,60·10 ⁹	8,23·10 ⁸	-7,77·10 ⁸
	АО «ГНЦ НИИАР»	2,14·10 ¹¹	1,60·10 ⁹	8,23·10 ⁸	-7,77·10 ⁸

Продолжение таблицы С.1

Наименование радионуклида	Наименование организации	Разрешённый выброс, Бк/год	Выброшено в атмосферу, Бк		Увел.(+), сниж.(-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
			в 2020 г.	в 2021 г.	
КАЛИЙ-40			4,62·10 ⁹	4,35·10 ⁹	-2,70·10 ⁸
	ПАО «ППГХО»	3,62·10 ¹⁰	4,62·10 ⁹	4,35·10 ⁹	-2,70·10 ⁸
КОБАЛЬТ-57			3,50·10 ⁵	5,29·10 ⁵	+1,79·10 ⁵
	АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»	5,51·10 ¹⁰	3,02·10 ⁵	3,79·10 ⁵	+7,70·10 ⁴
	АО «Радиовый институт имени В.Г. Хлопина»	1,96·10 ⁸	4,80·10 ⁴	1,50·10 ⁵	+1,02·10 ⁵
КОБАЛЬТ-58			1,55·10 ⁸	2,61·10 ⁷	-1,30·10 ⁸
	АО «ГНЦ НИИАР»	1,30·10 ¹¹	2,93·10 ⁷	3,07·10 ⁶	-2,62·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	1,37·10 ¹²	4,99·10 ⁶	9,62·10 ⁶	+4,63·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» Дирекция по сооружению и эксплуатации ПАТЭС	1,03·10 ¹¹	1,09·10 ⁸	1,34·10 ⁷	-9,56·10 ⁷
	ФГУП «Атомфлот»	5,37·10 ⁹	1,20·10 ⁷	-	-1,20·10 ⁷
КОБАЛЬТ-60			1,23·10 ⁹	1,25·10 ⁹	+2,0·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал Балаковская АЭС	2,86·10 ⁹	9,33·10 ⁵	1,93·10 ⁵	-7,40·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	7,40·10 ⁹	1,20·10 ⁶	1,04·10 ⁶	-1,60·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	7,40·10 ⁹	5,71·10 ⁶	3,60·10 ⁶	-2,11·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	7,40·10 ⁹	1,22·10 ⁷	1,25·10 ⁷	+3,0·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Кольская АЭС»	7,40·10 ⁹	2,89·10 ⁷	3,26·10 ⁷	-3,70·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	2,50·10 ⁹	1,16·10 ⁸	5,80·10 ⁸	+4,64·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	7,40·10 ⁹	4,40·10 ⁸	3,0·10 ⁸	-1,40·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	7,40·10 ⁹	2,14·10 ⁷	4,99·10 ⁷	+2,85·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	2,50·10 ⁹	4,26·10 ⁷	4,72·10 ⁷	+4,60·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ростовская АЭС»	5,0·10 ⁹	6,32·10 ⁵	3,90·10 ⁷	+3,84·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал ОДИЦ	7,40·10 ⁹	6,81·10 ⁶	5,50·10 ⁶	-1,31·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» Дирекция по сооружению и эксплуатации ПАТЭС	2,68·10 ⁹	1,09·10 ⁸	1,34·10 ⁷	-9,56·10 ⁷
	ФГУП «НИТИ имени А.П. Александрова»	5,10·10 ⁹	7,06·10 ⁴	6,86·10 ⁴	-2,0·10 ⁴
	АО «ГНЦ НИИАР»	1,60·10 ¹¹	2,33·10 ⁸	1,37·10 ⁸	-9,60·10 ⁷
	ФГУП «ПО «Маяк»	6,96·10 ⁸	2,79·10 ⁵	1,47·10 ⁵	-1,32·10 ⁵
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	1,90·10 ⁶	-	6,04·10 ⁴	+6,04·10 ⁴
	ФГУП «Атомфлот»	9,37·10 ⁹	1,71·10 ⁸	3,13·10 ⁵	-1,71·10 ⁸
	ФГУП «ГХК»	2,50·10 ¹¹	2,83·10 ⁷	4,79·10 ⁶	-2,35·10 ⁷
	АО «ОДЦ УГР»	4,90·10 ¹⁰	1,17·10 ⁷	2,31·10 ⁷	+1,14·10 ⁷
	Филиал «Северский» ФГУП «НО РАО»	4,31·10 ⁸	1,29·10 ⁵	1,09·10 ⁵	-2,0·10 ⁴
КЮРИЙ-242			8,96·10 ⁵	1,92·10 ⁵	-7,04·10 ⁵
	АО «ГНЦ НИИАР»	8,73·10 ⁷	8,96·10 ⁵	1,92·10 ⁵	-7,04·10 ⁵
КЮРИЙ-244			1,46·10 ⁷	8,30·10 ⁶	-6,30·10 ⁶
	АО «ГНЦ НИИАР»	6,75·10 ⁹	1,46·10 ⁷	8,30·10 ⁶	-6,30·10 ⁶
МАРГАНЕЦ-54			5,95·10 ⁸	7,42·10 ⁸	+1,47·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	1,23·10 ¹¹	2,24·10 ⁷	1,97·10 ⁶	-2,04·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	3,10·10 ¹¹	5,49·10 ⁶	4,22·10 ⁶	-1,27·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	7,23·10 ¹¹	1,51·10 ⁸	6,09·10 ⁸	+4,58·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	7,38·10 ¹¹	7,80·10 ⁷	6,90·10 ⁶	-7,11·10 ⁷

Продолжение таблицы С.1

Наименование радионуклида	Наименование организации	Разрешённый выброс, Бк/год	Выброшено в атмосферу, Бк		Увел.(+), сниж.(-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
			в 2020 г.	в 2021 г.	
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	$3,83 \cdot 10^{11}$	$4,81 \cdot 10^6$	$1,07 \cdot 10^7$	$+5,89 \cdot 10^6$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	$1,17 \cdot 10^{12}$	$2,81 \cdot 10^7$	$3,02 \cdot 10^7$	$+2,10 \cdot 10^6$
	АО «Концерн Росэнергоатом» Дирекция по сооружению и эксплуатации ПАТЭС	$3,67 \cdot 10^{10}$	$1,09 \cdot 10^8$	$1,30 \cdot 10^7$	$-9,60 \cdot 10^7$
	АО «ГНЦ НИИАР»	$2,13 \cdot 10^{11}$	$1,76 \cdot 10^8$	$6,56 \cdot 10^7$	$-1,10 \cdot 10^8$
	ФГУП «Атомфлот»	$1,71 \cdot 10^9$	$2,05 \cdot 10^7$	-	$-2,05 \cdot 10^7$
	ФГУП «НИТИ имени А.П. Александрова»	$1,35 \cdot 10^9$	$1,48 \cdot 10^4$	$8,89 \cdot 10^3$	$-5,91 \cdot 10^3$
МЫШЬЯК-76					
	АО «ГНЦ НИИАР»	$6,97 \cdot 10^9$	$4,19 \cdot 10^7$	$6,18 \cdot 10^7$	$+1,99 \cdot 10^7$
НИОБИЙ-95					
	АО «ГНЦ НИИАР»	$3,87 \cdot 10^{10}$	$1,57 \cdot 10^8$	$4,81 \cdot 10^7$	$-1,09 \cdot 10^8$
	АО «Концерн Росэнергоатом» Дирекция по сооружению и эксплуатации ПАТЭС	$3,08 \cdot 10^{11}$	$6,81 \cdot 10^7$	$8,47 \cdot 10^6$	$-6,33 \cdot 10^7$
	ФГУП «ПО «Маяк»	$4,55 \cdot 10^8$	$3,50 \cdot 10^6$	$5,30 \cdot 10^6$	$+1,80 \cdot 10^6$
	Филиал «Северский» ФГУП «НО РАО»	$9,76 \cdot 10^7$	$1,29 \cdot 10^5$	$1,25 \cdot 10^5$	$-4,0 \cdot 10^3$
ПЛУТОНИЙ-238					
	АО «Радиовый институт имени В.Г. Хлопина»	$2,21 \cdot 10^6$	$3,16 \cdot 10^3$	$3,93 \cdot 10^3$	$+7,70 \cdot 10^2$
	АО «ГНЦ НИИАР»	$1,07 \cdot 10^{10}$	$2,54 \cdot 10^7$	$4,90 \cdot 10^7$	$+2,36 \cdot 10^7$
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	$2,46 \cdot 10^6$	-	$3,61 \cdot 10^4$	$+3,61 \cdot 10^4$
	ФГУП «ГХК»	$5,37 \cdot 10^9$	$2,53 \cdot 10^8$	$4,72 \cdot 10^9$	$+4,47 \cdot 10^9$
ПЛУТОНИЙ-239					
	Ленинградское отделение филиала СЗТО ФГУП «ФЭО»	$1,03 \cdot 10^8$	$3,54 \cdot 10^7$	$2,75 \cdot 10^6$	$-3,27 \cdot 10^7$
	АО «ГНЦ НИИАР»	$4,93 \cdot 10^9$	$3,76 \cdot 10^7$	$1,32 \cdot 10^8$	$+9,44 \cdot 10^7$
	АО «Радиовый институт имени В.Г. Хлопина»	$1,32 \cdot 10^7$	$1,90 \cdot 10^4$	$2,36 \cdot 10^4$	$+4,60 \cdot 10^3$
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	$2,68 \cdot 10^6$	-	$1,20 \cdot 10^5$	$+1,20 \cdot 10^5$
	ФГУП «ГХК»	$3,58 \cdot 10^{11}$	$3,48 \cdot 10^8$	$1,46 \cdot 10^9$	$+1,11 \cdot 10^9$
	ФГУП «ПО «Маяк»	$1,03 \cdot 10^{10}$	$5,44 \cdot 10^8$	$5,23 \cdot 10^8$	$-2,10 \cdot 10^7$
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»	$5,63 \cdot 10^6$	$5,94 \cdot 10^4$	$5,23 \cdot 10^4$	$-7,10 \cdot 10^3$
	Филиал «Северский» ФГУП «НО РАО»	$2,88 \cdot 10^8$	$7,71 \cdot 10^4$	$2,71 \cdot 10^4$	$-5,0 \cdot 10^4$
ПОЛОНИЙ-210					
	Ленинградское отделение филиала СЗТО ФГУП «ФЭО»	$1,03 \cdot 10^8$	$3,54 \cdot 10^7$	$2,75 \cdot 10^6$	$-3,27 \cdot 10^7$
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»	$2,40 \cdot 10^5$	$2,09 \cdot 10^3$	$4,06 \cdot 10^3$	$+1,97 \cdot 10^3$
РАДИЙ-226					
	АО «ЧМЗ»	$8,31 \cdot 10^8$	$1,38 \cdot 10^7$	$1,21 \cdot 10^7$	$-1,70 \cdot 10^6$
РАДОН-222					
	ПАО «ППГХО»	$4,62 \cdot 10^{15}$	$4,84 \cdot 10^{14}$	$5,41 \cdot 10^{14}$	$+5,70 \cdot 10^{13}$
РУБИДИЙ-88					
	АО «ГНЦ НИИАР»	$7,44 \cdot 10^{13}$	$7,22 \cdot 10^{10}$	$1,92 \cdot 10^{11}$	$+1,20 \cdot 10^{11}$
РУБИДИЙ-89					
	АО «ГНЦ НИИАР»	$5,89 \cdot 10^{13}$	$1,22 \cdot 10^9$	$4,30 \cdot 10^9$	$+3,08 \cdot 10^9$
РУТЕНИЙ-103					
	АО «ГНЦ НИИАР»	$2,27 \cdot 10^9$	$1,68 \cdot 10^7$	$8,74 \cdot 10^6$	$-8,06 \cdot 10^6$
	АО «Концерн Росэнергоатом» Дирекция по сооружению и эксплуатации ПАТЭС	$3,70 \cdot 10^{11}$	$6,81 \cdot 10^7$	$8,48 \cdot 10^6$	$-5,96 \cdot 10^7$
	Филиал «Северский» ФГУП «НО РАО»	$9,81 \cdot 10^7$	$8,05 \cdot 10^5$	$8,41 \cdot 10^4$	$-7,21 \cdot 10^5$
РУТЕНИЙ-106					
	АО «ГНЦ НИИАР»	$5,90 \cdot 10^9$	$6,85 \cdot 10^6$	-	$-6,85 \cdot 10^6$

Продолжение таблицы С.1

Наименование радионуклида	Наименование организации	Разрешённый выброс, Бк/год	Выброшено в атмосферу, Бк		Увел.(+), сниж.(-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
			в 2020 г.	в 2021 г.	
	АО «Концерн Росэнергоатом» Дирекция по сооружению и эксплуатации ПАТЭС	$8,29 \cdot 10^{10}$	$6,81 \cdot 10^7$	$8,51 \cdot 10^6$	$-5,96 \cdot 10^7$
	ФГУП «ПО «Маяк»	$4,05 \cdot 10^{10}$	$6,79 \cdot 10^8$	$1,77 \cdot 10^9$	$+1,09 \cdot 10^9$
	Филиал «Северский» ФГУП «НО РАО»	$7,38 \cdot 10^9$	$1,29 \cdot 10^5$	$7,59 \cdot 10^5$	$+6,30 \cdot 10^5$
СВИНЕЦ-210			$3,64 \cdot 10^6$	$1,07 \cdot 10^6$	$-2,57 \cdot 10^6$
	Ленинградское отделение филиала СЗТО ФГУП «ФЭО»	$5,18 \cdot 10^8$	$3,64 \cdot 10^6$	$1,07 \cdot 10^6$	$-2,57 \cdot 10^6$
СВИНЕЦ-214			$1,10 \cdot 10^{14}$	$1,10 \cdot 10^{14}$	0,0
	ПАО «ППГХО»	$5,11 \cdot 10^{14}$	$1,10 \cdot 10^{14}$	$1,10 \cdot 10^{14}$	0,0
СЕЛЕН-75			$1,11 \cdot 10^6$	$2,21 \cdot 10^6$	$+1,10 \cdot 10^6$
	АО «ГНЦ НИИАР»	$6,08 \cdot 10^{12}$	$1,11 \cdot 10^6$	$2,21 \cdot 10^6$	$+1,10 \cdot 10^6$
СТРОНЦИЙ-89			$2,37 \cdot 10^8$	$4,70 \cdot 10^7$	$-1,90 \cdot 10^8$
	АО «ГНЦ НИИАР»	$2,73 \cdot 10^{10}$	$2,37 \cdot 10^8$	$4,70 \cdot 10^7$	$-1,90 \cdot 10^8$
СТРОНЦИЙ-90			$6,24 \cdot 10^8$	$3,92 \cdot 10^8$	$-2,32 \cdot 10^8$
	Ленинградское отделение филиала СЗТО ФГУП «ФЭО»	$2,07 \cdot 10^9$	$1,46 \cdot 10^7$	$4,28 \cdot 10^6$	$-1,03 \cdot 10^7$
	АО «ГНЦ НИИАР»	$2,30 \cdot 10^{11}$	$1,35 \cdot 10^8$	$8,75 \cdot 10^6$	$-1,26 \cdot 10^8$
	АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»	$1,69 \cdot 10^8$	$4,38 \cdot 10^4$	$5,28 \cdot 10^5$	$+4,84 \cdot 10^5$
	АО «ОДЦ УГР»	$1,83 \cdot 10^{10}$	$2,75 \cdot 10^7$	$7,09 \cdot 10^6$	$-2,04 \cdot 10^7$
	АО «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина»	$1,37 \cdot 10^9$	$4,80 \cdot 10^4$	$1,50 \cdot 10^6$	$+1,45 \cdot 10^6$
	ФГУП «ГХК»	$2,72 \cdot 10^{11}$	$3,74 \cdot 10^7$	$1,24 \cdot 10^7$	$-2,50 \cdot 10^7$
	ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»	$1,14 \cdot 10^{10}$	$2,28 \cdot 10^5$	$1,32 \cdot 10^5$	$-9,60 \cdot 10^4$
	ФГУП «ПО «Маяк»	$9,55 \cdot 10^{10}$	$4,08 \cdot 10^8$	$3,56 \cdot 10^8$	$-5,20 \cdot 10^7$
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	$3,79 \cdot 10^6$	-	$1,47 \cdot 10^5$	$+1,47 \cdot 10^5$
	ФГУП «Атомфлот»	$3,0 \cdot 10^{10}$	$1,77 \cdot 10^3$	$1,86 \cdot 10^4$	$+1,68 \cdot 10^4$
	Филиал «Железногорский» ФГУП «НО РАО»	$5,99 \cdot 10^8$	$1,03 \cdot 10^6$	$8,96 \cdot 10^5$	$+7,93 \cdot 10^5$
	Филиал «Северский» ФГУП «НО РАО»	$1,03 \cdot 10^9$	$1,29 \cdot 10^5$	$1,24 \cdot 10^5$	$-5,0 \cdot 10^3$
СУММА АЛЬФА-АКТИВНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ			$2,57 \cdot 10^9$	$2,90 \cdot 10^9$	$-3,30 \cdot 10^8$
	АО «СХК»	$2,94 \cdot 10^{11}$	$2,57 \cdot 10^9$	$2,90 \cdot 10^9$	$-3,30 \cdot 10^8$
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	$6,50 \cdot 10^6$	$1,51 \cdot 10^5$	-	$-1,51 \cdot 10^5$
СУММА БЕТА-АКТИВНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ			$1,43 \cdot 10^9$	$3,07 \cdot 10^9$	$+1,64 \cdot 10^9$
	АО «СХК»	$6,99 \cdot 10^{11}$	$1,43 \cdot 10^9$	$3,07 \cdot 10^9$	$+1,64 \cdot 10^9$
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	$3,11 \cdot 10^7$	$2,40 \cdot 10^5$	-	$-2,40 \cdot 10^5$
СУММА ИРГ			$4,64 \cdot 10^{16}$	$4,16 \cdot 10^{15}$	$-4,22 \cdot 10^{16}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Балаковская АЭС»	$4,96 \cdot 10^{15}$	$1,22 \cdot 10^{12}$	$2,91 \cdot 10^{11}$	$-9,29 \cdot 10^{11}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	$6,10 \cdot 10^{15}$	$1,58 \cdot 10^{14}$	$1,74 \cdot 10^{13}$	$-1,41 \cdot 10^{14}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	$1,24 \cdot 10^{15}$	$4,06 \cdot 10^{14}$	$3,45 \cdot 10^{12}$	$-4,03 \cdot 10^{14}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	$1,98 \cdot 10^{15}$	$9,47 \cdot 10^{11}$	$1,35 \cdot 10^{12}$	$+4,03 \cdot 10^{11}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Кольская АЭС»	$6,90 \cdot 10^{14}$	$1,01 \cdot 10^{13}$	$9,0 \cdot 10^{12}$	$-1,10 \cdot 10^{12}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	$2,42 \cdot 10^{16}$	$2,98 \cdot 10^{14}$	$3,23 \cdot 10^{14}$	$+2,50 \cdot 10^{13}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	$1,97 \cdot 10^{16}$	$1,46 \cdot 10^{14}$	$2,0 \cdot 10^{14}$	$+5,40 \cdot 10^{13}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	$6,90 \cdot 10^{14}$	$4,49 \cdot 10^{13}$	$2,59 \cdot 10^{13}$	$-1,90 \cdot 10^{13}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ростовская АЭС»	$1,05 \cdot 10^{15}$	$4,39 \cdot 10^{11}$	$7,64 \cdot 10^{12}$	$+7,2 \cdot 10^{12}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	$2,69 \cdot 10^{16}$	$2,65 \cdot 10^{14}$	$2,75 \cdot 10^{14}$	$+1,0 \cdot 10^{13}$

Продолжение таблицы С.1

Наименование радионуклида	Наименование организации	Разрешённый выброс, Бк/год	Выброшено в атмосферу, Бк		Увел.(+), сниж.(-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
			в 2020 г.	в 2021 г.	
	АО «Концерн Росэнергоатом» Дирекция по сооружению и эксплуатации ПАТЭС	$2,92 \cdot 10^{21}$	$1,39 \cdot 10^{11}$	$4,01 \cdot 10^9$	$-1,35 \cdot 10^{11}$
	АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»	$4,36 \cdot 10^{12}$	$2,32 \cdot 10^{10}$	$1,75 \cdot 10^{10}$	$-5,70 \cdot 10^9$
	АО «ГНЦ НИИАР»	$3,13 \cdot 10^{17}$	$3,05 \cdot 10^{15}$	$3,23 \cdot 10^{15}$	$+1,80 \cdot 10^{14}$
	ФГУП «Атомфлот»	$5,77 \cdot 10^{14}$	$1,89 \cdot 10^{11}$	$1,43 \cdot 10^{11}$	$-4,60 \cdot 10^{10}$
	ФГУП «ГХК»	$1,14 \cdot 10^{18}$	$6,07 \cdot 10^{11}$	$2,22 \cdot 10^{11}$	$-3,85 \cdot 10^{11}$
	ФГУП «НИТИ имени А.П. Александрова»	$1,48 \cdot 10^{16}$	$1,58 \cdot 10^8$	$3,58 \cdot 10^{13}$	$+3,58 \cdot 10^{13}$
	ФГУП «ПО «Маяк»	$1,85 \cdot 10^{15}$	$4,20 \cdot 10^{16}$	$3,73 \cdot 10^{13}$	$-4,20 \cdot 10^{16}$
СУММА НУКЛИДОВ УРАНА			$1,30 \cdot 10^{10}$	$2,26 \cdot 10^{10}$	$+9,60 \cdot 10^9$
	АО «ВНИИХТ»	$1,09 \cdot 10^8$	$7,61 \cdot 10^5$	-	$-7,61 \cdot 10^5$
	АО «ГНЦ НИИАР»	$6,90 \cdot 10^{10}$	$2,30 \cdot 10^7$	$1,01 \cdot 10^8$	$+7,80 \cdot 10^7$
	АО «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина»	$1,10 \cdot 10^6$	$1,58 \cdot 10^2$	$1,96 \cdot 10^3$	$+1,80 \cdot 10^3$
	АО «ЧМЗ»	$8,67 \cdot 10^9$	$6,17 \cdot 10^7$	$4,73 \cdot 10^7$	$-1,44 \cdot 10^7$
	АО «ПО ЭХЗ»	$1,80 \cdot 10^{10}$	$4,07 \cdot 10^7$	$8,78 \cdot 10^9$	$+8,74 \cdot 10^9$
	АО «УЭХК»	$6,12 \cdot 10^8$	$6,65 \cdot 10^7$	$6,22 \cdot 10^7$	$-4,30 \cdot 10^6$
	ПАО «НЗХК»	$4,18 \cdot 10^{10}$	$2,49 \cdot 10^9$	$1,35 \cdot 10^8$	$-2,36 \cdot 10^9$
	ФГУП «НИИ НПО «Луч»	$1,25 \cdot 10^9$	$8,80 \cdot 10^6$	$1,63 \cdot 10^7$	$+7,50 \cdot 10^6$
	ФГУП «ПСЗ»	$6,29 \cdot 10^5$	$4,68 \cdot 10^4$	$9,20 \cdot 10^4$	$+4,52 \cdot 10^4$
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»	$6,70 \cdot 10^{10}$	$2,47 \cdot 10^9$	$2,12 \cdot 10^9$	$-3,50 \cdot 10^8$
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени Е.И. Забабахина»	$4,20 \cdot 10^{10}$	$7,84 \cdot 10^9$	$1,13 \cdot 10^{10}$	$+3,46 \cdot 10^9$
	Филиал «Северский» ФГУП «НО РАО»	$5,1 \cdot 10^8$	$1,94 \cdot 10^5$	$8,12 \cdot 10^4$	$-1,13 \cdot 10^5$
СУРЬМА-124			$1,81 \cdot 10^6$	$9,06 \cdot 10^6$	$+7,25 \cdot 10^6$
	АО «ГНЦ НИИАР»	$1,12 \cdot 10^{10}$	$2,48 \cdot 10^5$	$9,30 \cdot 10^5$	$+6,82 \cdot 10^5$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	$8,26 \cdot 10^{11}$	$1,56 \cdot 10^6$	$8,13 \cdot 10^6$	$+6,57 \cdot 10^6$
СУРЬМА-125			$1,05 \cdot 10^9$	$1,84 \cdot 10^8$	$+8,66 \cdot 10^8$
	АО «ГНЦ НИИАР»	$1,20 \cdot 10^{11}$	$1,03 \cdot 10^9$	$1,61 \cdot 10^8$	$-8,69 \cdot 10^8$
	ФГУП «ПО «Маяк»	$3,48 \cdot 10^9$	$2,27 \cdot 10^7$	$2,26 \cdot 10^7$	$-1,00 \cdot 10^7$
ТЕХНЕЦИЙ-99М			$5,43 \cdot 10^8$	$3,58 \cdot 10^8$	$-1,85 \cdot 10^8$
	АО «ГНЦ НИИАР»	$1,53 \cdot 10^{11}$	$5,43 \cdot 10^8$	$3,58 \cdot 10^8$	$-1,85 \cdot 10^8$
ТОРИЙ-230			$1,40 \cdot 10^7$	$1,21 \cdot 10^7$	$-1,90 \cdot 10^6$
	АО «ВНИИХТ»	$4,45 \cdot 10^7$	$2,31 \cdot 10^5$	-	$-2,31 \cdot 10^5$
	АО «ЧМЗ»	$7,43 \cdot 10^8$	$1,38 \cdot 10^7$	$1,21 \cdot 10^7$	$-1,70 \cdot 10^6$
ТОРИЙ-232			$2,07 \cdot 10^9$	$2,02 \cdot 10^9$	$-5,0 \cdot 10^7$
	АО «ЧМЗ»	$1,82 \cdot 10^8$	$4,22 \cdot 10^6$	$3,72 \cdot 10^6$	$-5,00 \cdot 10^5$
	ПАО «ППГХО»	$8,46 \cdot 10^9$	$2,06 \cdot 10^9$	$2,02 \cdot 10^9$	$-4,0 \cdot 10^7$
ТОРИЙ-234			$2,32 \cdot 10^5$	$1,51 \cdot 10^5$	$-8,10 \cdot 10^4$
	АО «ВНИИХТ»	$4,45 \cdot 10^7$	$2,32 \cdot 10^5$	-	$-2,32 \cdot 10^5$
	АО «ЧМЗ»	$1,29 \cdot 10^7$	-	$1,51 \cdot 10^5$	$+1,51 \cdot 10^5$
ТРИТИЙ			$1,65 \cdot 10^{15}$	$1,42 \cdot 10^{15}$	$-2,30 \cdot 10^{14}$
	Ленинградское отделение филиала СЗТО ФГУП «РосРАО»	$4,01 \cdot 10^{13}$	$3,52 \cdot 10^{12}$	$2,92 \cdot 10^{12}$	$-6,0 \cdot 10^{11}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Балаковская АЭС»	$5,25 \cdot 10^{14}$	$3,6 \cdot 10^{12}$	$2,59 \cdot 10^{12}$	$-1,01 \cdot 10^{12}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	$1,98 \cdot 10^{14}$	$2,86 \cdot 10^{10}$	$3,07 \cdot 10^{10}$	$+2,10 \cdot 10^9$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	$1,99 \cdot 10^{14}$	$5,52 \cdot 10^8$	$5,27 \cdot 10^8$	$-2,50 \cdot 10^7$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	$4,23 \cdot 10^{14}$	$2,76 \cdot 10^{12}$	$8,26 \cdot 10^{11}$	$-1,93 \cdot 10^{12}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Кольская АЭС»	$6,40 \cdot 10^{14}$	$2,01 \cdot 10^{12}$	$2,14 \cdot 10^{12}$	$+1,30 \cdot 10^{11}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	$8,89 \cdot 10^{14}$	$4,88 \cdot 10^{11}$	$5,32 \cdot 10^{11}$	$+4,40 \cdot 10^{10}$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	$1,03 \cdot 10^{15}$	$8,50 \cdot 10^{11}$	$6,90 \cdot 10^{11}$	$-1,60 \cdot 10^{11}$

Продолжение таблицы С.1

Наименование радионуклида	Наименование организации	Разрешённый выброс, Бк/год	Выброшено в атмосферу, Бк		Увел.(+), сниж.(-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
			в 2020 г.	в 2021 г.	
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	4,99·10 ¹⁴	4,25·10 ¹²	3,66·10 ¹²	-5,90·10 ¹¹
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ростовская АЭС»	9,88·10 ¹³	7,8·10 ¹¹	9,72·10 ¹¹	+1,9·10 ¹¹
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	1,18·10 ¹⁵	1,26·10 ¹⁰	1,24·10 ¹⁰	-2,0·10 ⁸
	АО «Радиовый институт имени В.Г. Хлопина»	6,21·10 ¹²	4,40·10 ⁹	9,30·10 ⁷	-4,31·10 ⁹
	АО «ГНЦ НИИАР»	7,12·10 ¹⁴	6,04·10 ¹²	4,14·10 ¹²	-1,90·10 ¹²
	ФГУП «ПО «Маяк»	1,90·10 ¹⁶	1,47·10 ¹⁵	1,27·10 ¹⁵	-2,0·10 ¹⁴
	ФГУП «ГХК»	1,18·10 ¹⁷	5,97·10 ¹²	2,20·10 ¹²	-3,77·10 ¹²
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»	1,11·10 ¹⁵	1,14·10 ¹⁴	1,19·10 ¹⁴	+5,0·10 ¹²
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени Е.И. Забабахина»	9,25·10 ¹³	4,05·10 ¹³	1,41·10 ¹³	-2,64·10 ¹³
ХРОМ-51			2,85·10 ⁷	3,32·10 ⁷	+4,70·10 ⁶
	АО «ГНЦ НИИАР»	4,96·10 ¹⁰	2,85·10 ⁷	3,32·10 ⁷	+4,70·10 ⁶
ЦЕЗИЙ-134			6,90·10 ⁸	4,75·10 ⁸	-2,15·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Балаковская АЭС»	4,17·10 ⁸	2,39·10 ⁵	1,25·10 ⁵	-2,39·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	9,0·10 ⁸	1,03·10 ⁶	1,01·10 ⁶	-2,0·10 ⁴
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	9,0·10 ⁸	2,12·10 ⁴	2,02·10 ⁴	-1,00·10 ³
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	9,00·10 ⁸	1,22·10 ⁷	1,18·10 ⁷	-4,0·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	1,40·10 ⁹	1,35·10 ⁷	1,17·10 ⁷	-1,80·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Кольская АЭС»	9,00·10 ⁸	2,12·10 ⁶	2,24·10 ⁶	+1,20·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	1,40·10 ⁹	1,80·10 ⁸	2,10·10 ⁸	+3,0·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	9,00·10 ⁸	1,04·10 ⁶	3,30·10 ⁷	+3,20·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ростовская АЭС»	9,0·10 ⁸	6,48·10 ⁵	2,10·10 ⁷	+2,04·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	1,40·10 ⁹	2,81·10 ⁷	2,75·10 ⁷	-6,0·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал ОДИЦ	9,0·10 ⁸	2,14·10 ⁵	5,50·10 ⁵	+3,36·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» Дирекция по сооружению и эксплуатации ПАТЭС	8,35·10 ⁹	6,82·10 ⁷	8,51·10 ⁶	-5,97·10 ⁷
	АО «ГНЦ НИИАР»	2,82·10 ¹¹	1,52·10 ⁸	8,72·10 ⁷	-6,48·10 ⁷
	ФГУП «Атомфлот»	4,54·10 ⁹	1,85·10 ⁸	-	-1,85·10 ⁸
	ФГУП «ПО «Маяк»	1,08·10 ¹⁰	4,56·10 ⁷	6,03·10 ⁷	+1,47·10 ⁷
ЦЕЗИЙ-137			3,65·10 ⁹	3,08·10 ⁹	-5,70·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Балаковская АЭС»	7,15·10 ⁸	4,62·10 ⁵	1,67·10 ⁵	-2,95·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	2,0·10 ⁹	9,83·10 ⁶	3,0·10 ⁷	+2,02·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	2,00·10 ⁹	2,12·10 ⁴	1,80·10 ⁴	-3,20·10 ³
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	2,00·10 ⁹	1,22·10 ⁷	1,18·10 ⁷	-4,0·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Кольская АЭС»	2,00·10 ⁹	3,27·10 ⁷	1,49·10 ⁷	-1,78·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	4,0·10 ⁹	4,14·10 ⁷	4,94·10 ⁷	+8,0·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	4,0·10 ⁹	2,0·10 ⁸	2,30·10 ⁸	+3,0·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	2,00·10 ⁹	8,84·10 ⁶	3,80·10 ⁷	+2,92·10 ⁷

Наименование радионуклида	Наименование организации	Разрешённый выброс, Бк/год	Выброшено в атмосферу, Бк		Увел.(+), сниж.(-) выбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
			в 2020 г.	в 2021 г.	
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ростовская АЭС»	2,0·10 ⁹	7,42·10 ⁵	2,94·10 ⁷	+2,87·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	4,00·10 ⁹	3,10·10 ⁷	3,23·10 ⁷	+1,30·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал ОДИЦ	2,0·10 ⁹	3,19·10 ⁷	4,0·10 ⁷	+8,10·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» Дирекция по сооружению и эксплуатации ПАТЭС	4,03·10 ⁹	6,82·10 ⁷	8,52·10 ⁶	-5,97·10 ⁷
	АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»	1,17·10 ¹⁰	2,03·10 ⁶	1,11·10 ⁷	+9,07·10 ⁶
	АО «ГНЦ НИИАР»	7,69·10 ¹¹	7,42·10 ⁸	1,05·10 ⁹	+3,08·10 ⁸
	АО «ОДЦ УТР»	5,70·10 ¹⁰	1,06·10 ⁸	4,63·10 ⁷	+5,97·10 ⁷
	АО «Радиовый институт имени В.Г. Хлопина»	1,96·10 ⁸	3,36·10 ⁵	1,50·10 ⁵	-1,86·10 ⁵
	Ленинградское отделение филиала СЗТО ФГУП «РосРАО»	2,59·10 ⁹	1,82·10 ⁷	5,35·10 ⁶	-1,29·10 ⁷
	Филиал «Железногорский» ФГУП «НО РАО»	6,71·10 ⁸	3,11·10 ⁵	8,69·10 ⁴	-2,24·10 ⁵
	Филиал «Северский» ФГУП «НО РАО»	1,97·10 ⁸	1,29·10 ⁵	1,15·10 ⁵	-1,40·10 ⁴
	ФГУП «ГХК»	4,56·10 ¹²	5,89·10 ⁷	2,53·10 ⁷	-3,36·10 ⁷
	ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»	2,84·10 ¹⁰	4,12·10 ⁵	4,56·10 ⁵	+4,40·10 ⁴
	ФГУП «ПО «Маяк»	6,83·10 ¹⁰	1,46·10 ⁹	1,42·10 ⁹	-4,0·10 ⁷
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	4,09·10 ⁷	9,45·10 ⁶	4,02·10 ⁶	-5,43·10 ⁶
	ФГУП «Атомфлот»	2,06·10 ¹¹	8,26·10 ⁸	2,80·10 ⁷	-7,98·10 ⁸
ЦЕЗИЙ-138			3,87·10 ¹⁰	2,59·10 ¹⁰	-1,28·10 ¹⁰
	АО «ГНЦ НИИАР»	1,13·10 ¹³	3,87·10 ¹⁰	2,59·10 ¹⁰	-1,28·10 ¹⁰
ЦЕРИЙ-141			1,56·10 ⁷	2,59·10 ¹⁰	+2,59·10 ¹⁰
	АО «ГНЦ НИИАР»	1,13·10 ¹³	1,55·10 ⁷	2,59·10 ¹⁰	+2,59·10 ¹⁰
	Филиал «Северский» ФГУП «НО РАО»	2,89·10 ⁸	1,29·10 ⁵	1,28·10 ⁵	-1,0·10 ³
ЦЕРИЙ-144			1,69·10 ⁸	2,40·10 ⁸	-7,10·10 ⁸
	АО «ГНЦ НИИАР»	6,33·10 ⁹	4,24·10 ⁷	6,55·10 ⁷	+2,31·10 ⁷
	Филиал «Северский» ФГУП «НО РАО»	1,08·10 ⁹	7,98·10 ⁵	5,44·10 ⁵	-2,54·10 ⁵
	ФГУП «ПО «Маяк»	1,36·10 ¹⁰	1,26·10 ⁸	1,74·10 ⁸	+4,80·10 ⁷
ЦИНК-65			8,09·10 ⁷	7,44·10 ⁷	-6,50·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	7,78·10 ¹⁰	1,91·10 ⁶	-	-1,91·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	3,62·10 ¹¹	4,45·10 ⁵	1,62·10 ⁷	+1,58·10 ⁷
	АО «ГНЦ НИИАР»	2,34·10 ¹¹	7,82·10 ⁷	5,82·10 ⁷	-2,0·10 ⁷
	АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»	2,51·10 ⁸	3,87·10 ⁵	-	-3,87·10 ⁵
ЦИРКОНИЙ-95			2,48·10 ⁷	3,19·10 ⁷	+7,10·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	3,83·10 ¹¹	9,20·10 ⁶	1,30·10 ⁶	-7,90·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	1,82·10 ¹¹	9,59·10 ⁴	9,48·10 ⁴	-1,10·10 ³
	АО «ГНЦ НИИАР»	1,28·10 ¹⁰	1,17·10 ⁷	2,51·10 ⁷	+1,34·10 ⁷
	ФГУП «ПО «Маяк»	1,09·10 ⁹	3,50·10 ⁶	5,30·10 ⁶	+1,80·10 ⁶
	Филиал «Северский» ФГУП «НО РАО»	2,0·10 ⁸	2,58·10 ⁵	1,03·10 ⁵	-1,55·10 ⁵

Таблица С.2

Сбросы радионуклидов со сточными водами в открытую гидрографическую сеть в 2021 г., Бк

Наименование радионуклида	Наименование предприятия	Разрешённый сброс, Бк/год	Фактический сброс, Бк		Увел.(+), сниж.(-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
			2020 г.	2021 г.	
ЖЕЛЕЗО-59					
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	3,90·10 ¹⁰	8,84·10 ⁷	3,12·10 ⁷	-5,72·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	5,89·10 ¹⁰	5,58·10 ⁵	6,11·10 ⁵	+5,30·10 ⁴
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	2,38·10 ¹⁰	8,75·10 ⁷	3,12·10 ⁷	-5,63·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	2,38·10 ¹⁰	2,50·10 ⁵	-	-2,50·10 ⁵
ЙОД-131					
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	1,82·10 ¹²	6,88·10 ⁷	3,21·10 ⁷	-3,67·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	1,82·10 ¹²	6,88·10 ⁷	3,21·10 ⁷	-3,67·10 ⁷
КОБАЛЬТ-58					
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	2,53·10 ¹¹	9,30·10 ⁷	4,26·10 ⁷	-5,04·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	2,53·10 ¹¹	1,38·10 ⁷	7,68·10 ⁶	+6,12·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	1,60·10 ⁹	4,20·10 ⁶	1,58·10 ⁶	-2,62·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	7,09·10 ¹¹	7,50·10 ⁷	3,34·10 ⁷	-4,16·10 ⁷
КОБАЛЬТ-60					
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	1,07·10 ⁹	7,51·10 ⁸	3,88·10 ⁸	-3,63·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	1,07·10 ⁹	2,88·10 ⁶	2,80·10 ⁶	-8,0·10 ⁴
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	1,67·10 ¹⁰	1,53·10 ⁸	1,47·10 ⁸	-6,0·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	6,00·10 ⁹	1,47·10 ⁷	8,43·10 ⁶	-6,27·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Кольская АЭС»	6,39·10 ¹⁰	5,37·10 ⁶	1,24·10 ⁷	+7,03·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	1,86·10 ⁸	5,37·10 ⁶	1,77·10 ⁶	-3,60·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	8,54·10 ¹⁰	6,37·10 ⁷	3,11·10 ⁷	-3,26·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	4,38·10 ⁰⁹	9,01·10 ⁷	1,10·10 ⁸	+1,99·10 ⁷
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	6,36·10 ⁷	-	8,59·10 ⁵	+8,59·10 ⁵
	ФГУП «Атомфлот»	1,39·10 ⁶	8,56·10 ⁶	7,12·10 ⁵	-7,85·10 ⁶
	ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»	7,22·10 ¹⁰	1,51·10 ⁵	4,96·10 ⁴	-1,01·10 ⁵
	ФГУП «ГХК»	1,85·10 ¹²	4,07·10 ⁸	7,25·10 ⁷	-3,35·10 ⁸
МАРГАНЕЦ-54					
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	7,06·10 ¹⁰	1,72·10 ⁸	9,19·10 ⁷	-8,01·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	7,06·10 ¹⁰	3,07·10 ⁶	1,34·10 ⁷	+1,03·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	2,90·10 ⁹	3,62·10 ⁷	1,82·10 ⁷	-1,80·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	2,34·10 ¹⁰	1,50·10 ⁷	8,44·10 ⁶	-6,56·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	5,25·10 ⁸	5,17·10 ⁶	1,71·10 ⁶	-3,46·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	1,16·10 ¹¹	8,70·10 ⁷	3,63·10 ⁷	-5,07·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	6,34·10 ⁹	1,08·10 ⁷	1,38·10 ⁷	+3,0·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	1,69·10 ¹⁰	2,87·10 ⁵	8,61·10 ⁴	-2,0·10 ⁵
ПЛУТОНИЙ-238					
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	3,29·10 ⁷	2,00·10 ⁸	1,59·10 ¹⁰	+1,57·10 ¹⁰
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени Е.И. Забабахина»	1,40·10 ⁷	-	7,35·10 ⁵	+7,35·10 ⁵
	ФГУП «ГХК»	4,11·10 ¹⁰	5,97·10 ⁴	9,67·10 ⁴	+3,7·10 ⁴
	ФГУП «ГХК»	4,11·10 ¹⁰	2,00·10 ⁸	1,59·10 ¹⁰	+1,57·10 ¹⁰

Продолжение таблицы С.2

Наименование радионуклида	Наименование предприятия	Разрешённый сброс, Бк/год	Фактический сброс, Бк		Увел.(+), сниж.(-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
			2020 г.	2021 г.	
ПЛУТОНИЙ-239			8,00·10 ⁴	1,76·10 ⁶	+1,68·10 ⁶
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	2,51·10 ⁷	-	1,48·10 ⁶	+1,48·10 ⁶
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени Е.И. Забабахина»	1,30·10 ⁷	8,00·10 ⁴	2,82·10 ⁵	+2,02·10 ⁵
РУТЕНИЙ-106			4,01·10 ⁸	2,52·10 ⁸	-1,49·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	1,40·10 ¹⁰	1,24·10 ⁶	1,09·10 ⁶	-1,50·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	1,75·10 ¹⁰	1,27·10 ⁸	7,21·10 ⁷	-5,49·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	1,90·10 ⁹	4,25·10 ⁷	1,61·10 ⁷	-2,64·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	9,42·10 ¹⁰	2,19·10 ⁸	4,83·10 ⁷	-1,71·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	2,28·10 ¹⁰	1,07·10 ⁷	1,15·10 ⁸	+1,04·10 ⁸
СТРОНЦИЙ-89			1,23·10 ⁹	1,43·10 ⁹	+2,0·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	1,11·10 ¹³	1,23·10 ⁹	1,43·10 ⁹	+2,0·10 ⁸
СТРОНЦИЙ-90			2,54·10 ¹⁰	2,18·10 ¹⁰	-3,60·10 ⁹
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	5,37·10 ⁹	1,22·10 ⁸	4,90·10 ⁷	-7,30·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	4,29·10 ⁹	3,48·10 ⁶	1,98·10 ⁶	-1,50·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	1,67·10 ¹²	5,54·10 ⁸	7,14·10 ⁸	+1,60·10 ⁸
	ФГУП «Атомфлот»	1,22·10 ⁹	5,38·10 ⁶	2,37·10 ⁷	+1,83·10 ⁷
	ФГУП «ГХК»	3,40·10 ¹¹	7,17·10 ⁸	5,62·10 ⁸	-1,55·10 ⁸
	ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»	1,59·10 ¹²	2,69·10 ⁵	3,14·10 ⁵	+4,50·10 ⁴
	ФГУП «ПО «Маяк»	1,95·10 ¹²	2,40·10 ¹⁰	2,04·10 ¹⁰	-3,60·10 ⁹
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	6,74·10 ⁹	3,20·10 ⁷	4,03·10 ⁷	+8,30·10 ⁶
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени Е.И. Забабахина»	4,00·10 ⁷	8,28·10 ⁵	1,45·10 ⁶	+6,22·10 ⁵
ТРИТИЙ			4,36·10 ¹³	5,51·10 ¹³	+1,15·10 ¹³
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	6,27·10 ¹²	2,22·10 ¹¹	3,24·10 ¹¹	+1,02·10 ¹¹
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	1,35·10 ¹³	1,12·10 ¹¹	1,35·10 ¹³	+1,34·10 ¹³
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	8,76·10 ¹²	2,50·10 ⁹	3,21·10 ⁹	+7,10·10 ⁸
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Кольская АЭС»	5,61·10 ¹³	1,36·10 ¹³	1,25·10 ¹³	-1,10·10 ¹²
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	1,02·10 ¹⁴	6,11·10 ¹⁰	6,23·10 ¹⁰	+1,20·10 ⁹
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	2,13·10 ¹⁴	1,39·10 ¹³	1,95·10 ¹³	+5,60·10 ¹²
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	1,18·10 ¹⁵	1,55·10 ¹³	9,04·10 ¹²	-6,46·10 ¹²
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	3,13·10 ¹²	1,25·10 ¹¹	7,91·10 ¹⁰	-4,59·10 ¹⁰
	ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»	3,25·10 ¹⁵	1,72·10 ¹⁰	5,38·10 ⁹	-1,18·10 ¹⁰
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	1,22·10 ¹³	3,00·10 ¹⁰	8,67·10 ¹⁰	+5,67·10 ¹⁰
	ФГУП «Атомфлот»	8,56·10 ¹⁰	-	1,14·10 ¹⁰	+1,14·10 ¹⁰
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени Е.И. Забабахина»	2,00·10 ¹¹	1,50·10 ⁹	2,10·10 ⁹	+6,0·10 ⁸
СУММА НУКЛИДОВ УРАНА			1,33·10 ¹⁰	1,70·10 ¹⁰	+3,70·10 ⁹
	ПАО «ППГХО»	1,86·10 ¹⁰	1,17·10 ¹⁰	1,51·10 ¹⁰	+3,40·10 ⁹
	ПАО «МСЗ»	1,27·10 ¹⁰	1,22·10 ⁹	1,60·10 ⁹	+3,80·10 ⁸

Продолжение таблицы С.2

Наименование радионуклида	Наименование предприятия	Разрешённый сброс, Бк/год	Фактический сброс, Бк		Увел.(+), сниж.(-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
			2020 г.	2021 г.	
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени Е.И. Забабахина»	$6,00 \cdot 10^7$	$8,58 \cdot 10^5$	$1,26 \cdot 10^6$	$+4,02 \cdot 10^5$
	ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ»	$3,16 \cdot 10^8$	$3,16 \cdot 10^8$	$3,16 \cdot 10^8$	0,0
ХРОМ-51			$2,43 \cdot 10^8$	$5,62 \cdot 10^7$	$-1,87 \cdot 10^8$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	$5,55 \cdot 10^{13}$	$2,43 \cdot 10^8$	$5,62 \cdot 10^7$	$-1,87 \cdot 10^8$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	$1,13 \cdot 10^{12}$	$3,62 \cdot 10^5$	-	$-3,62 \cdot 10^5$
ЦЕЗИЙ-134			$1,16 \cdot 10^8$	$1,05 \cdot 10^8$	$-1,10 \cdot 10^7$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	$1,73 \cdot 10^9$	$1,86 \cdot 10^6$	$1,64 \cdot 10^6$	$-2,20 \cdot 10^5$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	$6,47 \cdot 10^9$	$7,78 \cdot 10^3$	$6,06 \cdot 10^3$	$-1,72 \cdot 10^3$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	$6,31 \cdot 10^9$	$1,63 \cdot 10^7$	$9,17 \cdot 10^6$	$-7,13 \cdot 10^6$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Кольская АЭС»	$1,18 \cdot 10^{10}$	$3,30 \cdot 10^6$	$8,40 \cdot 10^6$	$+5,10 \cdot 10^6$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	$1,73 \cdot 10^8$	$5,00 \cdot 10^6$	$1,83 \cdot 10^6$	$-3,17 \cdot 10^6$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	$3,74 \cdot 10^{10}$	$4,04 \cdot 10^7$	$2,74 \cdot 10^7$	$-1,30 \cdot 10^7$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	$3,51 \cdot 10^9$	$4,79 \cdot 10^7$	$5,65 \cdot 10^7$	$+8,60 \cdot 10^6$
	ФГУП «Атомфлот»	$5,45 \cdot 10^7$	$1,19 \cdot 10^6$	$2,83 \cdot 10^5$	$-9,07 \cdot 10^5$
ЦЕЗИЙ-137			$9,08 \cdot 10^9$	$2,76 \cdot 10^9$	$-6,32 \cdot 10^9$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	$1,60 \cdot 10^9$	$7,61 \cdot 10^7$	$5,16 \cdot 10^7$	$-2,45 \cdot 10^7$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	$9,92 \cdot 10^9$	$1,20 \cdot 10^4$	$9,37 \cdot 10^3$	$-2,63 \cdot 10^3$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	$9,64 \cdot 10^9$	$2,21 \cdot 10^7$	$9,18 \cdot 10^6$	$-1,29 \cdot 10^7$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Кольская АЭС»	$1,27 \cdot 10^{10}$	$4,71 \cdot 10^6$	$1,02 \cdot 10^7$	$+5,49 \cdot 10^6$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	$2,93 \cdot 10^8$	$7,25 \cdot 10^6$	$2,60 \cdot 10^6$	$-4,65 \cdot 10^6$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал Ленинградская АЭС	$5,93 \cdot 10^{10}$	$4,04 \cdot 10^7$	$4,47 \cdot 10^7$	$+4,30 \cdot 10^6$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Нововоронежская АЭС»	$5,99 \cdot 10^9$	$6,20 \cdot 10^7$	$6,55 \cdot 10^7$	$+3,50 \cdot 10^6$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	$2,99 \cdot 10^9$	$2,46 \cdot 10^6$	$2,71 \cdot 10^6$	$+2,50 \cdot 10^5$
	НПК-Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»	$1,99 \cdot 10^8$	$7,91 \cdot 10^6$	$1,45 \cdot 10^7$	$+6,59 \cdot 10^6$
	ФГУП «Атомфлот»	$5,71 \cdot 10^7$	$7,51 \cdot 10^6$	$1,01 \cdot 10^7$	$+2,59 \cdot 10^6$
	ФГУП «ГХК»	$7,54 \cdot 10^{11}$	$8,85 \cdot 10^9$	$2,54 \cdot 10^9$	$-6,31 \cdot 10^9$
	ФГУП «НИТИ имени А.П. Александрова»	$2,72 \cdot 10^{12}$	$8,79 \cdot 10^5$	$3,47 \cdot 10^6$	$+2,59 \cdot 10^6$
	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени Е.И. Забабахина»	$9,00 \cdot 10^7$	$1,14 \cdot 10^6$	$1,45 \cdot 10^6$	$+3,10 \cdot 10^5$
ЦЕРИЙ-144			$3,90 \cdot 10^8$	$1,27 \cdot 10^8$	$-2,63 \cdot 10^8$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	$1,22 \cdot 10^{10}$	$5,09 \cdot 10^6$	$3,36 \cdot 10^6$	$-1,73 \cdot 10^6$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	$9,81 \cdot 10^{10}$	$1,11 \cdot 10^5$	$8,67 \cdot 10^4$	$-2,43 \cdot 10^4$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	$2,28 \cdot 10^{10}$	$1,09 \cdot 10^8$	$6,19 \cdot 10^7$	$-4,71 \cdot 10^7$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	$1,48 \cdot 10^{10}$	$2,51 \cdot 10^7$	$9,38 \cdot 10^6$	$-1,57 \cdot 10^7$
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	$1,49 \cdot 10^{11}$	$2,51 \cdot 10^8$	$5,27 \cdot 10^7$	$-1,98 \cdot 10^8$
	ФГУП «НИТИ имени А.П. Александрова»	$5,49 \cdot 10^{12}$	-	$7,32 \cdot 10^6$	$+7,32 \cdot 10^6$

Окончание таблицы С.2

Наименование радионуклида	Наименование предприятия	Разрешённый сброс, Бк/год	Фактический сброс, Бк		Увел.(+), сниж.(-) сбросов в 2021 г. по сравнению с 2020 г.
			2020 г.	2021 г.	
ЦИНК-65			1,47·10 ⁸	7,44·10 ⁷	-7,26·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская АЭС»	1,91·10 ¹⁰	4,33·10 ⁶	3,84·10 ⁶	-4,90·10 ⁵
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Билибинская АЭС»	2,37·10 ¹⁰	1,74·10 ⁴	1,36·10 ⁴	-3,80·10 ³
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Калининская АЭС»	1,52·10 ¹⁰	3,20·10 ⁷	1,81·10 ⁷	-1,39·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Кольская АЭС»	6,70·10 ¹⁰	8,72·10 ⁶	1,56·10 ⁷	+6,88·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Курская АЭС»	7,68·10 ⁸	9,24·10 ⁶	3,39·10 ⁶	-5,85·10 ⁶
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	1,29·10 ¹¹	9,28·10 ⁷	3,34·10 ⁷	-5,94·10 ⁷
ЦИРКОНИЙ-95			7,52·10 ⁷	3,39·10 ⁷	-4,13·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Ленинградская АЭС»	2,20·10 ¹¹	7,50·10 ⁷	3,39·10 ⁷	-4,13·10 ⁷
	АО «Концерн Росэнергоатом» филиал «Смоленская АЭС»	1,96·10 ¹¹	2,48·10 ⁵	-	-2,48·10 ⁵

Приложение D

Таблица 1

Среднемесячные объёмные активности радионуклидов в приземном слое атмосферы на территории Беларуси в 2021 г., 10^{-5} Бк/м³

Месяц	Браслав		Гомель		Минск		Могилёв		Мозырь		Мстиславль		Пинск	
	$\Sigma\beta$	¹³⁷ Cs	$\Sigma\beta$	¹³⁷ Cs	$\Sigma\beta$	¹³⁷ Cs	$\Sigma\beta$	¹³⁷ Cs	$\Sigma\beta$	¹³⁷ Cs	$\Sigma\beta$	¹³⁷ Cs	$\Sigma\beta$	¹³⁷ Cs
Январь	11	-	27,6	-	12	-	36,7	-	23,4	-	31,5	-	24,5	-
Февраль	8	-	23,3	-	18,3	-	19,2	-	17,9	-	14,7	-	16,6	-
Март	4	-	20,1	-	18,3	-	11,7	-	17,7	-	18,5	-	12	-
Апрель	6,2	-	16,7	-	10,8	-	11,5	-	12	-	17	-	11,9	-
Май	6,2	-	19,6	-	14,2	-	22,2	-	11,7	-	11,3	-	12,5	-
Июнь	7,4	-	18,7	-	13,7	-	23,9	-	16,5	-	18,2	-	14,9	-
Июль	7,3	-	30,2	-	12,9	-	23,7	-	14	-	22	-	12,9	-
Август	5,2	-	24,3	-	11	-	17,7	-	11,8	-	17,5	-	9,8	-
Сентябрь	7,1	-	23	-	12,1	-	12	-	12	-	19,8	-	12	-
Октябрь	8,5	-	21,7	-	13,4	-	26	-	14,3	-	22,6	-	22,9	-
Ноябрь	8,1	-	24	-	8	-	25,5	-	12,1	-	27	-	16,8	-
Декабрь	8	-	22,4	-	16,9	-	14,2	-	11,5	-	28,3	-	10,8	-
Среднее														
2021 г.	7,2	0,13	22,6	0,73	13,5	0,19	20,4	0,75	14,6	1,28	20,7	0,24	14,8	0,97
2020 г.	6,7	0,13	18,8	1,0	13,3	0,15	21,7	0,75	15,9	1,36	16,1	0,36	15,1	0,94
2019 г.	11,4	0,2	19	0,8	18,4	0,3	17,5	0,64	15,7	1,26	12,6	0,35	15,8	1,1
2018 г.	8,8	0,16	30	1,4	24	0,35	24	1,1	20,4	1,1	12	0,5	16	1,1
2017 г.	5,9	0,11	19,9	1,33	15,2	0,36	17,4	0,99	16,1	1,44	10,4	0,35	12,4	0,84
2016 г.	6,8	0,10	21,3	1,46	21	0,25	19,6	1,05	25	2,69	12,7	0,32	13,3	1,03
2015 г.	7,8	0,19	22	2,36	24,2	1,65	19,4	0,97	25,8	4,06	10,2	0,49	13,6	1,35
2014 г.	10,6	0,2	27,2	1,9	27	1,7	22,6	0,7	22,2	2,8	15,3	0,6	16	1,5
2013 г.	10,7	0,35	12,8	1,04	21,2	1,47	19,8	0,48	18,9	1,97	13,8	0,39	13,2	0,91
2012 г.	12,1	0,08	17,6	1,52	21,7	1,62	21,3	0,55	19,2	1,81	14,8	0,49	12,7	1,02
2011 г.	15,3	0,91	14,5	1,56	19,8	4,18	25,0	1,37	15,3	1,80	17,6	1,03	13,7	1,50

Таблица 2

Средняя, максимальная и минимальная суточная $\Sigma\beta$ атмосферных выпадений в Армении на станции «Аэрологическая», г. Ереван в 2021 году, Бк/м²·сут

Месяц	Макс.	Мин.	Сред.	Сумма
Январь	6,12	0,02	0,56	17,61
Февраль	3,82	0,02	0,5	14,13
Март	2,54	0,02	0,56	17,42
Апрель	2,66	0,03	0,5	15,07
Май	4,98	0,05	0,85	26,52
Июнь	5,09	0,05	0,82	24,64
Июль	2,57	0,03	0,39	12,28
Август	2,04	0,05	0,33	10,42
Сентябрь	1,52	0,03	0,4	12,29
Октябрь	3,11	0,05	0,56	17,65
Ноябрь	1,92	0,05	0,25	7,67
Декабрь	2,15	0,03	0,48	14,62
Среднее			0,52	15,86
Год				190,32
макс.	6,12		0,85	26,52
мин.		0,02	0,25	7,67

Приложение Е

Объёмные активности $\Sigma\beta$, ^{137}Cs , ^{90}Sr в приземном слое атмосферы субъектов РФ в 2021 г.

Код	Субъект РФ	^{137}Cs , 10^{-6} Бк/м ³ среднее/макс.	^{90}Sr , 10^{-6} Бк/м ³ среднее/макс.	$\Sigma\beta$, 10^{-6} Бк/м ³ среднее/макс.
01	Республика Адыгея	0,4**	0,11**	85**
02	Республика Алтай	0,2**	0,10**	171**
03	Республика Башкортостан	0,2**	0,10**	171**
04	Республика Бурятия	0,1**	0,10**	287**
05	Республика Дагестан	0,4**	0,11**	85**
06	Республика Ингушетия	0,4**	0,11**	85**
07	Кабардино-Балкарская Республика	0,4**	0,11**	85**
08	Республика Калмыкия	0,4**	0,11**	85**
09	Карачаево-Черкесская Республика	0,4**	0,11**	85**
10	Республика Карелия (Петрозаводск)	0,3/0,6*	0,12*	198/621*
11	Республика Коми (Сыктывкар)	0,1/0,2*	0,04*	22/179*
12	Республика Марий Эл	0,4**	0,05**	214**
13	Республика Мордовия	0,4**	0,05**	214**
14	Республика Саха (Якутия, Якутск)	<0,1/0,1*	0,18*	307/1147*
15	Республика Северная Осетия	0,4**	0,11**	85**
16	Республика Татарстан (Казань)	<0,1/0,1*	0,02*	283/843*
17	Республика Тыва (Кызыл)	<0,1/0,1*	0,08*	26/148*
18	Удмуртская Республика	0,4**	0,05**	214**
19	Республика Хакасия	0,2**	0,10**	171**
20	Чеченская Республика	0,4**	0,11**	85**
21	Чувашская Республика	0,4**	0,05**	214**
22	Алтайский край (Барнаул)	<0,1/0,1*	0,06*	102/713*
23	Камчатский край	<0,1**	0,13**	212**
24	Краснодарский край	0,4**	0,11**	85**
25	Красноярский край (Красноярск) ГХК 100-км зона (по трём п. наблюдения) (Сухобузимское)	<0,1/0,1* <0,1/0,2*	0,05* /0,42*	98/453* /2996*
26	Приморский край (Владивосток)	<0,1/0,1*	0,08*	394/1070*
27	Ставропольский край	0,4**	0,11**	85**
28	Хабаровский край (Хабаровск)	<0,1/0,1*	0,08*	451/1165*
29	Амурская область (Благовещенск)	<0,1/0,1*	0,20*	453/1262*
30	Архангельская область (Архангельск, Северодвинск)	<0,1/0,2* 0,2/0,3*	0,04* 0,11*	31/154* 52/285*
31	Астраханская область (Астрахань)	0,8/1,0*	0,14*	147/390*
32	Белгородская область	0,4**	0,05**	214**
33	Брянская область (Брянск)	0,4/1,2*	0,07*	57/109*
34	Владимирская область	0,4**	0,05**	214**
35	Волгоградская область (Волгоград)	0,2/0,2*	0,12*	68/384*
36	Вологодская область (Вологда)	<0,1/0,3*	0,06*	45/378*
37	Воронежская область Нововоронеж	0,4** 0,6/0,9*	0,05** 0,11	214**
38	Ивановская область	0,4**	0,05**	214**
39	Иркутская область (Иркутск) (Ангарск)	0,1/0,2* <0,1/0,1*	0,33* 0,22*	365/1302* 245/929*
40	Калининградская область	0,2**	0,05**	84**
41	Калужская область (Обнинск)	0,4** 0,5/1,2*	0,05** 0,05	214**
42	Кемеровская область	0,2**	0,10**	171**
43	Кировская область (Киров)	0,2/0,3*	0,06*	209/1215*
44	Костромская область	0,4**	0,05**	214**
45	Курганская область	0,2**	0,10**	171**
46	Курская область (Курск)	0,7/1,3*	0,10*	194/851*
47	Ленинградская область	0,2**	0,05**	84**
48	Санкт-Петербург	0,3/0,6*	0,06*	107/264*
49	Липецкая область	0,4**	0,05**	214**
50	Магаданская область (Магадан)	<0,1/0,1*	0,05*	75/220*
51	Московская область (Подмосковная)	0,3/0,4*	0,04*	153/1399*
52	Москва	0,4**	0,05**	214**
53	Мурманская область (Мурманск) (Зашеек) (Кандалакша)	0,1/0,1* 0,1/0,1* 0,1/0,2*	0,02* 0,01* 0,02*	75/204* 69/296* 69/369*
54	Нижегородская область (Нижний Новгород)	0,3/0,4*	0,06*	291/1865*

Код	Субъект РФ	^{137}Cs , 10^{-6} Бк/м ³ среднее/макс.	^{90}Sr , 10^{-6} Бк/м ³ среднее/макс.	$\Sigma\beta$, 10^{-6} Бк/м ³ среднее/макс.
55	Новгородская область	0,2 **	0,05**	84**
56	Новосибирская область	0,2**	0,10**	171**
57	Омская область (Омск)	<0,1/0,1*	0,28*	199/1004*
58	Оренбургская область	0,4**	0,05**	214**
59	Орловская область	0,4**	0,05**	214**
60	Пензенская область (Пенза)	0,2 /0,3*	0,03*	49/190*
61	Пермский край	0,2**	0,10**	171**
62	Псковская область	0,2 **	0,05**	84**
63	Ростовская область (Ростов-на-Дону) (Цимлянск)	0,2/0,2* 0,3/0,5*	0,07* 0,09*	52/202* 64/289*
64	Рязанская область	0,4**	0,05**	214**
65	Самарская область (Самара)	0,3/0,3*	0,06*	206/1202*
66	Саратовская область	0,4**	0,05**	214**
67	Сахалинская область (Южно-Сахалинск)	<0,1/0,1*	0,08*	144/318*
68	Свердловская область (Верхнее Дуброво)	0,6/0,8*	0,27*	412/1453
69	Смоленская область	0,4**	0,05**	214**
70	Тамбовская область	0,4**	0,05**	214**
71	Тверская область	0,4**	0,05**	214**
72	Томская область (Томск) (Колпашево)	<0,1/0,1* <0,1/0,1*	0,11* 0,02*	67/279* 16/69*
73	Тульская область	0,4**	0,05**	214**
74	Тюменская область	0,2**	0,10**	171**
75	Ульяновская область	0,4**	0,05**	214**
76	Челябинская область ПО «Маяк» 100-км зона (Кыштым) (Аргаяш) (Новогорный)	0,2** 1,2/4,7* 2,5/12,1* 6,7/48,0*	0,10**	171** 249/912* 253/893* 250/955*
77	Забайкальский край (Чита)	<0,1/0,1*	0,06*	66/224*
78	Ярославская область	0,4**	0,05**	214**
79	Еврейский АО	0,1**	0,10**	287**
80	Ненецкий АО (Нарьян-Мар)	<0,1/0,1*	0,01*	20/119*
81	Ханты-Мансийский АО (Ханты-Мансийск)	<0,1/0,1*	0,05*	98/443*
82	Чукотский АО	<0,1**	0,13**	212**
83	Ямало-Ненецкий АО (Салехард)	<0,1/0,1*	0,02*	68/127*

Примечания: среднее/макс. – среднегодовое значение/максимальное значение (месячное или квартальное для ^{137}Cs , суточное – для $\Sigma\beta$);

* – значение, полученное экспериментальным (измеренным) путём, при наличии воздухофильтрующих установок (ВФУ) в данном субъекте РФ. Если на территории субъекта РФ расположено несколько ВФУ, то берётся их среднее значение;

** – значение, полученное расчётным путём, методом усреднения данных (средневзвешенные величины) по географическим районам РФ: Заполярье, Север, Центр, Юг, Западная Сибирь, Север Восточной Сибири, Юг Восточной Сибири (см. Приложение В).

Приложение F

СПИСОК УПОМИНАВШИХСЯ РАДИОНУКЛИДОВ И ИХ ПЕРИОДЫ ПОЛУРАСПАДА

³ H	тритий	12,35 (лет)	¹³¹ I	йод-131	8,04 (сут)
⁷ Be	бериллий-7	53,3 (сут)	¹³² I	йод-132	2,30 (час)
¹⁴ C	углерод-14	5,73·10 ³ (лет)	¹³² Te	теллур-132	78,2 (час)
²² Na	натрий-22	2,60 (лет)	¹³³ I	йод-133	20,8 (час)
²⁴ Na	натрий-24	15,0 (час)	¹³⁵ I	йод-135	6,61 (час)
³² P	фосфор-32	14,3 (сут)	¹³³ Xe	ксенон-133	5,245 (сут)
⁴⁰ K	калий-40	1,28·10 ⁹ (лет)	¹³⁵ Xe	ксенон-135	9,083 (час)
⁴¹ Ar	аргон-41	1,83 (час)	^{135m} Xe	ксенон-135m	15,65 (мин)
⁴⁴ Ti	титан-44	47,3 (лет)	¹³⁸ Xe	ксенон-138	14,13 (мин)
⁴⁶ Sc	скандий-46	83,8 (сут)	¹³⁴ Cs	цезий-134	2,062 (лет)
⁵¹ Cr	хром-51	27,7 (сут)	¹³⁷ Cs	цезий-137	30,174 (лет)
⁵⁴ Mn	марганец-54	312,5 (сут)	¹³³ Ba	барий-133	10,5 (лет)
⁵⁶ Mn	марганец-56	2,6 (час)	¹⁴⁰ Ba	барий-140	12,74 (сут)
⁵⁵ Fe	железо-55	2,72 (лет)	¹⁴⁰ La	лантан-140	1,68 (сут)
⁵⁹ Fe	железо-59	45 (сут)	¹³⁹ Ce	церий-139	139,3 (сут)
⁵⁷ Co	кобальт-57	270,9 (сут)	¹⁴¹ Ce	церий-141	32,5 (сут)
⁵⁸ Co	кобальт-58	70,8 (сут)	¹⁴⁴ Ce	церий-144	284,3 (сут)
⁶⁰ Co	кобальт-60	5,27 (лет)	¹⁴⁴ Pu	празеодим-144	17,30 (мин)
⁵⁹ Ni	никель-59	7,50·10 ⁴ (лет)	¹⁴⁵ Sm	самарий-145	340 (сут)
⁶³ Ni	никель-63	100,1 (лет)	¹⁴⁷ Pm	прометий-147	2,62 (лет)
⁶⁴ Cu	медь-64	12,7 (час)	¹⁵² Eu	европий-152	13,33 (лет)
⁶⁵ Zn	цинк-65	243,9 (сут)	¹⁵⁴ Eu	европий-154	8,80 (лет)
⁶⁸ Ge	германий-68	288 (сут)	¹⁵³ Gd	гадолиний-153	241,6 (сут)
⁶⁸ Ga	галлий-68	68,0 (мин)	¹⁶⁹ Yb	иттербий-169	30,7 (сут)
⁷⁵ Se	селен-75	118,45 (сут)	¹⁷⁰ Tm	тулий-170	128,6 (сут)
⁷⁶ As	мышьяк-76	26,32 (час)	¹⁸² Ta	тантал-182	115,0 (сут)
⁸⁵ Kr	криптон-85	10,71 (лет)	¹⁹² Ir	иридий-192	74,02 (сут)
^{85m} Kr	криптон-85m	4,48 (час)	²⁰³ Hg	ртуть-203	46,76 (сут)
⁸⁷ Kr	криптон-87	76,31 (мин)	²⁰⁴ Tl	таллий-204	3,78 (лет)
⁸⁸ Kr	криптон-88	2,84 (час)	²⁰⁹ Po	полоний-209	102 (лет)
⁸⁹ Sr	стронций-89	50,5 (сут)	²¹⁰ Pb	свинец-210	22,3 (лет)
⁹⁰ Sr	стронций-90	29,12 (лет)	²¹⁰ Po	полоний-210	138,4 (сут)
⁸⁸ Y	иттрий-88	107,15 (сут)	²¹² Pb	свинец-212	10,64 (час)
⁹⁰ Y	иттрий-90	2,67 (сут)	²²⁰ Rn(Tn)	торон	55,6 (с)
⁹¹ Y	иттрий-91	58,5 (сут)	²²² Rn(Rn)	радон	3,8235 (сут)
^{91m} Y	иттрий-91m	49,71 (мин)	²²⁶ Ra	радий-226	1,6·10 ³ (лет)
⁹⁵ Zr	цирконий-95	63,98 (сут)	²²⁸ Ra	радий-228	5,75 (лет)
⁹⁵ Nb	ниобий-95	35,15 (сут)	²²⁸ Ac	актиний-228	6,13 (час)
⁹⁹ Mo	молибден-99	2,75 (сут)	²³² Th	торий-232	1,405·10 ¹⁰ (лет)
^{99m} Tc	технеций-99m	6,006 (час)	²³⁴ U	уран-234	2,445·10 ⁵ (лет)
¹⁰³ Ru	рутений-103	39,28 (сут)	²³⁵ U	уран-235	7,04·10 ⁸ (лет)
¹⁰⁶ Ru	рутений-106	368,2 (сут)	²³⁸ U	уран-238	4,47·10 ⁹ (лет)
¹⁰⁶ Rh	родий-106	29,9 (с)	²³⁹ U	уран-239	23,40 (мин)
^{110m} Ag	серебро-110m	250 (сут)	²³⁹ Np	нептуний-239	2,355 (сут)
¹⁰⁹ Cd	кадмий-109	1,27 (лет)	²³⁸ Pu	плутоний-238	87,7 (лет)
¹¹⁵ Cd	кадмий-115	53,46 (час)	²³⁹ Pu	плутоний-239	2,41·10 ⁴ (лет)
¹¹³ Sn	олово-113	115,2 (сут)	²⁴⁰ Pu	плутоний-240	6,54·10 ³ (лет)
^{119m} Sn	олово-119m	250 (сут)	²⁴¹ Pu	плутоний-241	14,4 (лет)
¹²² Sb	сурьма-122	2,714 (сут)	²⁴¹ Am	америций-241	432 (лет)
¹²⁴ Sb	сурьма-124	60,2 (сут)	²⁴³ Am	америций-243	7380 (лет)
¹²⁵ Sb	сурьма-125	2,77 (лет)	²⁵² Cf	калифорний-252	2,638 (лет)

**Радиационная обстановка на территории России
и сопредельных государств в 2021 году**

Ежегодник

Составитель Каткова Маргарита Николаевна

Технический редактор: *Козлова Е.Г.*

Корректор: *Иванова Н.А.*

Художник: *Ромашин Д.В.*

Дизайн обложки: *Игнатенко О.В.*

Компьютерная вёрстка: *Богачева Е.Г., Хомченкова Н.Б.*

Утверждено и подписано к печати __. __. 2022. Формат издания 60×84/8.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 39,76. Тираж 330 экз. Заказ № 37.

**Оригинал-макет подготовлен ФГБУ «НПО «Тайфун»,
249038, г. Обнинск, Калужская область, ул. Победы, 4.**

Отпечатано в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 249035, г. Обнинск, ул. Королёва, 6.