



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему Анализ мониторинга радиационной обстановки города Курск

Исполнитель

Касьянов Денис Александрович

Руководитель

кандидат биологических наук, доцент
Рижия Елена Яновна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат биологических наук, доцент
Мухин Иван Андреевич

«28» июля 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление

Введение.....	3
1. Мониторинг радиационной обстановки.....	7
1.1 История открытия и современное состояние радиационно-опасных объектов.....	7
1.2 Цели и задачи контроля радиационной обстановки.....	10
2. Системы обеспечения безопасности объектов атомной энергетики.....	14
2.1 Международные организации обеспечения ядерной безопасности.....	14
2.2 Системы мониторинга, используемые за рубежом.....	19
2.3 Отечественные системы мониторинга радиационного контроля.....	23
3. Методы измерения радиации на территории Курска.....	27
3.1 Методы обнаружения и измерения радиоактивных излучений.....	27
3.2 Измерение радиации с помощью дозиметра.....	27
4. Радиационная обстановка в Курской области.....	30
4.1 Динамика радиационного фона.....	30
Заключение.....	42
Список литературы.....	44
Приложения.....	47

Введение

Перед всем мировым сообществом в 21 веке остро стоит вопрос разрешения двух противоположных задач. С одной стороны - возрастающая потребность во всем мире генерации электроэнергии, с другой - решение вопросов экологии в глобальном масштабе.

Сейчас мы используем технологии, которые добывают энергию, сжигая топливо, такое как каменный уголь и нефть. Но это плохо влияет на окружающую среду, и последствия могут быть очень серьезными. Поэтому нам нужно искать другие способы получения энергии.

Один из лучших способов — это атомная энергетика. Она позволяет получать много энергии, но при этом не выбрасывает в воздух вредный углекислый газ. Это важно, потому что углекислый газ вредит нашей планете. Атомная энергетика может стать заменой сжиганию угля и нефти, если мы будем делать ее безопасной и экономически выгодной.

Атомная энергетика отлично помогает смягчать последствия изменения климата, при этом не выявлено никаких научно-обоснованных доказательств, что она наносит больший ущерб здоровью людей или окружающей среде, чем другие виды электрогенерации, в том числе и так называемой «зеленой электрогенерации». При нормальной работе атомные электростанции выделяют меньше радиоактивных веществ, чем угольные электростанции, летучая зола которых содержит значительное количество тория, урана и их дочерних нуклидов. Также, кроме высоких темпов развития ядерной энергетики России, практически в любой отрасли во все более возрастающих масштабах используются радиоактивные вещества и источники ионизирующих излучений.

Следует признать тот факт, что большинство людей не доверяют атомной энергетике, особенно после аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима».

Согласно опросам, атомная энергия — одна из наименее популярных в мире. Данный вид энергетики выбирают не больше четверти опрошенных респондентов. Больше всего доверия у людей вызывают солнечная (85%) и ветровая энергия (78%) [3]. Страх перед атомной энергетикой связан с тремя аспектами: возможностью утечки радиации, сложностью и длительностью захоронения радиоактивных отходов, а также ассоциацией с ядерным оружием (вопрос безопасности). Таким образом, радиационный мониторинг относится к числу важнейшей составляющей обеспечения безопасности любой страны.

Российская Федерация активно участвует в строительстве атомных электростанций (АЭС) по всему миру, при том, что доля атомной генерации электроэнергии в стране составляет 19% [24]. На данный момент на ее территории действует 10 АЭС плюс ещё 1 плавучая АЭС нового проекта.

Курская атомная электростанция (Курская АЭС) - одна из самых мощных атомных электростанций в России, обеспечивающая около 80% электроэнергии для 19 регионов России через энергосистему «Центр» [9]. Вид Курской атомной электростанции представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Вид Курской АЭС.

Состоит из четырёх энергоблоков с канальными реакторами РБМК-1000 общей мощностью 4 ГВт. Вид реактора РБМК-1000 представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Ураново-графитовый реактор РБМК-1000

В настоящее время, рядом со старой станцией, реализуется проект строительства станции замещения - Курской АЭС-2. Всего будет создано 4 энергоблока нового поколения ВВЭР-ТОИ повышенной безопасности и улучшенных технико-экономических характеристик. Их пуск планируется осуществлять по мере строительства и вывода из эксплуатации старых энергоблоков [24].

Для обеспечения радиационной безопасности людей и экологии требуется постоянный экологический мониторинг АЭС, который позволяет контролировать комплекс параметров, характеризующих радиационную обстановку на объекте и в окружающей среде при всех возможных режимах эксплуатации АЭС. Курская

АЭС, как и другие промышленные объекты, является источником техногенного загрязнения окружающей среды. Система контроля над состоянием окружающей природной среды в районе расположения атомной станции остается актуальной задачей, и должна обеспечивать сохранение экологически допустимых уровней загрязнения, гарантирующих безопасность персонала, населения и окружающей среды. Поэтому представленная выпускная квалификационная работа относится к числу актуальнейших.

Цель работы: анализ системы мониторинга радиационной обстановки и характеристика общей радиоз экологической ситуации в Курской области.

Задачи работы:

1. Изучить систему мониторинга и методы, используемые при контроле радиационной обстановки в мире и в России.
2. Исследовать динамику показателей радиационного фона Курской области за 2022 - 2023 годы.
3. Проанализировать результаты состояния окружающей среды по радиационному фону территории Курской области.
4. Дать оценку воздействия Курской АЭС на состояние окружающей среды Курской области по радиационному фактору.

1. Мониторинг радиационной обстановки

1.1 История открытия и современное состояние радиационно-опасных объектов

В конце 1895 г. профессор Вильгельм Конрад Рентген открыл X-лучи, которые проходят через дерево, бумагу, картон и другие предметы. Это стало главным открытием Рентгена, вошедшее в историю науки и общества под названием «рентгеновские лучи».

Явление радиоактивности было открыто в 1896 г. ученым из Франции Анри Беккерелем. На совещании в Академии наук он сообщил, что лучи, которые он изучал, излучаются некоторыми веществами. Таким образом, было выявлено, что новые лучи излучаются теми веществами, у которых в составе присутствует уран. Анри Беккерель назвал эти лучи урановыми лучами.

Последующая история открытия новых лучей тесным образом связана с именами польского и французского учёного-экспериментатора Марии Склодовской и её мужа – французского учёного физика Пьера Кюри. Они подробнейшим образом рассмотрели эти открытия и назвали их радиоактивностью [13].

Интересный факт – это современный человек знает, как опасна радиация, смертельность лучевой болезни от избыточной дозы радиоактивного облучения. Открытие радиоактивности и элементов, обладающих этим свойством в начале 20 века, стало настоящим прорывом в науке и вызвало небывалый ажиотаж в обществе. В 1910-е годы в США популярностью пользовался препарат «Радитор», который, как сообщал его производитель, лечит целый букет недугов — рак желудка, артрит, ревматизм, психические расстройства и импотенцию. «Лекарство» содержалось в склянках и представляло собой дистиллированную воду с изотопами радия. Радий добавляли в шоколад, зубную пасту, постельное

бельё, шерстяные изделия для детей. Выпускались и широко рекламировались радиоактивные духи, помада, кремы для лица.

Поскольку явный вред здоровью от радиоактивного излучения проявляется лишь при накоплении достаточной дозы, убедительные свидетельства опасности всех этих средств стали появляться лишь к концу 1920-х годов. Собственно, и сама Склодовская-Кюри в итоге расплатилась за интерес к радиоактивности своей жизнью, став жертвой лучевой болезни в 1934 году [13].

Важно понимать, что нас окружает естественный радиационный фон - обусловленный излучением как земного, так и космического происхождения. Первое создаётся в основном β - и γ -излучением радионуклидов уранового и ториевого радиоактивных рядов, содержащихся в почве, строительных материалах и других естественных материалах. Нормативный показатель естественного радиационного фона составляет от 0,05 до 0,2 мкЗв/ч. Если постоянный фоновый уровень превышает 1,2 мкЗв/ч, он представляет серьёзную угрозу для здоровья человека. Для измерения радиационного фона используют специальные приборы — дозиметры и радиометры [21].

Техногенный радиационный фон обусловлен главным образом добычей и переработкой различных полезных ископаемых (например, сжиганием каменного угля, использованием фосфатных удобрений), в результате чего происходят перераспределение и концентрирование естественных радионуклидов. Вклад в техногенный радиационный фон дают также испытания ядерного оружия, аварии на ядерных установках.

Естественный радиационный фон важен для нормального функционирования всех живых организмов, небольшие дозы радиации позволяют мутировать различным организмам, помогают эволюционировать многим видам живых существ, развиваться в течении нескольких сотен лет и приобретать новые адаптации, особенности и формы. Также радиация используется человеком в медицине, для разных видов диагностик. На фоне благополучия есть и отрицательные моменты. Превышение природного

радиационного фона приводит к угнетению иммунитета человека и повышению вероятности образования злокачественных опухолей.

В настоящее время ученые во многих странах мира занимаются изучением этого вопроса с целью выявления влияния радиации на здоровье человека. Влияние радиации на среду обитания и жизнь человека по-прежнему сохраняет свою актуальность, в связи с событиями в Чернобыле и Фукусиме. Поэтому изучать радиационный фон необходимо, так как радиация оказывает очень сильное воздействие на все живые организмы [25]. Для того чтобы внедрение атомной энергетики и использование радиоактивности не принесло ущерба осуществляют процедуры радиационной безопасности [16].

Виды РОО приведены на рисунке 3.



Рисунок 3 - Виды радиационно-опасных объектов [16]

1.2 Цели и задачи контроля радиационной обстановки

Основная цель радиационного контроля на объектах РОО — обеспечить безопасное выполнение технологических процессов и научных исследований. В ситуации, когда происходит радиационная авария и источник излучения выходит из-под контроля, необходимо оперативно принять меры для ограничения зоны аварии, оценить её масштаб, спрогнозировать развитие радиационной ситуации и предоставить экспертные советы по ликвидации последствий аварии [7]. Основные виды радиационного контроля объектов РОО приведены в таблице 1.

Мониторинг радиационной ситуации осуществляется в рабочих зонах радиационного объекта, на его территории, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения. Это делается в соответствии с категорией объекта по уровню потенциальной радиационной опасности (рисунок 4).

Цели контроля:

- соблюдение всех норм и правил радиационной безопасности,
- фиксация в документах значений контролируемых параметров радиации в обычных условиях работы,
- обнаружение признаков возможной аварии, оценка влияния радиации на сотрудников, жителей и окружающую среду.
-

Таблица 1. Ключевые задачи по измерению, которые выполняются на объектах, где существует радиационная опасность [7]

Измерительные задачи	Тип объекта			
	Горно-рудные	Ядерно-химические	Изготовление ядерного топлива	АЭС
Мощность дозы γ -излучения	+	+	+	+
Плотность потока нейтронов	+	+	+	+
Аэрозоли и пары йода-131	-	+	-	+
Радиоактивные инертные газы	-	+	-	+
Тритий	+	+	-	-
Радиоактивные жидкости	+	+	+	+

Радон и продукты распада	+	+	-	-
Несанкционированное перемещение радиоактивных веществ	+	+	+	+
Идентификация радионуклидного состава контролируемой среды	+	+	+	+

Цели контроля радиационной обстановки определяются сложившейся обстановкой в зоне контроля и/или динамикой её изменения:

А) В ситуации, когда изменения в контролируемых показателях радиации находятся в пределах допустимых значений

Б) В случае резкого изменения радиационной обстановки или возникновения аварийной ситуации, связанной с радиацией

В) После того, как были приняты меры по улучшению и стабилизации радиационной ситуации.

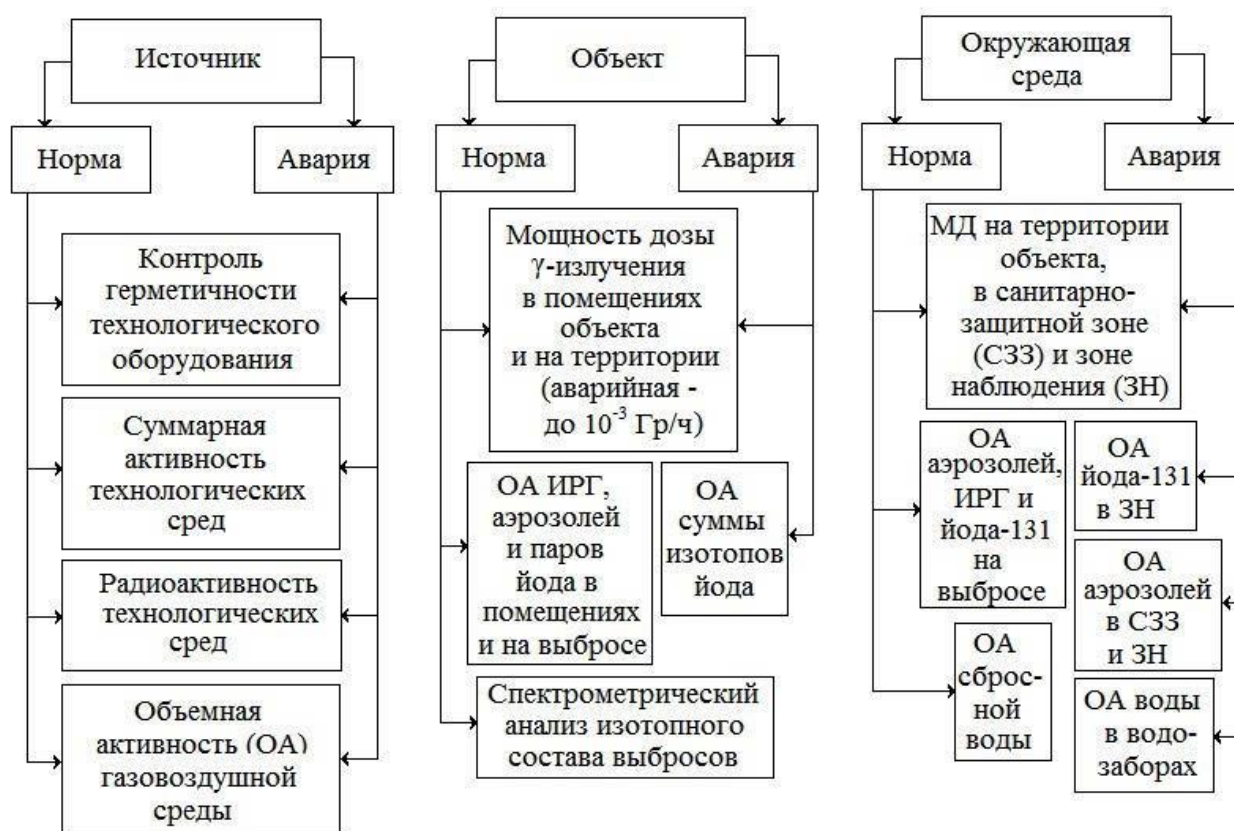


Рисунок 4. Измерительные задачи радиационного контроля АЭС [21].

Для контроля радиационной обстановки используются дозиметрические, радиометрические и спектрометрические приборы и автоматизированные системы контроля радиационной обстановки. Устройства помогают точно измерить уровень радиации на атомной электростанции и вокруг неё. Это позволяет принимать меры для безопасной работы АЭС и уменьшения её влияния на природу. Сейчас большая часть информации о радиации на станции и её воздействии на окружающую среду собирается и обрабатывается специальными автоматическими системами (АСКРО). Эти устройства предназначены для постоянного контроля уровня радиации и погодных условий в районах, расположенных рядом с атомными объектами. Они собирают, обрабатывают, сохраняют и передают информацию о радиационной обстановке. Также они предоставляют населению данные о текущем уровне радиации.

Основные нормативные документы радиационного контроля в России: нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009), ОСПОРБ-99/2010, СПОРО-2000 [21].

2. Системы обеспечения безопасности объектов атомной энергетики

2.1 Международные организации обеспечения ядерной безопасности

Ключевые международные организации, созданные мировым сообществом для контроля и регулирования мер в сфере радиационной безопасности:

- Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ);
- Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ).

МАГАТЭ — это организация, которая помогает странам работать вместе в области ядерной энергетики. Она была создана в 1957 году и является частью ООН, но при этом действует самостоятельно. Главная штаб-квартира МАГАТЭ находится в Вене, где расположены другие важные организации ООН [15]. В таблице 2 представлены страны лидеры в области атомной энергетики.

Основные функции МАГАТЭ:

1. Основные задачи Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ):

Помогать странам-участницам в развитии технологий, связанных с мирным использованием атомной энергии. Это включает ядерную энергетику, медицину, защиту окружающей среды, сельское хозяйство, науку и образование.

Обеспечивать безопасность в области ядерной энергетики. Например, создавать системы быстрого оповещения и реагирования на ядерные аварии, решать проблемы безопасного хранения отработанного ядерного топлива и отходов, а также бороться с ядерным и радиационным терроризмом.

Следить за тем, чтобы атомная энергия использовалась только в мирных целях, а ядерные материалы не направлялись на военные нужды. Для этого Агентство разрабатывает и применяет систему гарантий, которая контролирует ядерную деятельность стран-участниц.

В настоящее время тридцать одна страна мира получает энергию с помощью 192-х атомных электростанций. На этих станциях эксплуатируется 438

энергоблоков. В России десять действующих АЭС, на которых функционируют 33 энергоблока [24].

Таблица 2. Страны (члены МАГАТЭ) лидеры в области атомной энергетики.

Страна	Число действующих реакторов (в процессе строительства)	Установленная мощность в 2024 году (в МВт)	Доля атомной энергии в общем объеме производства электроэнергии (на 2024 год)
США	94 (0)	96952	20 %
Китай	56 (28)	54152	5 %
Франция	56 (1)	61370	69 %
Россия	33 (10)	26802	20 %
Южная Корея	26 (2)	25825	28 %
Индия	20 (7)	6920	3 %
Канада	19 (0)	13699	14 %
Украина	15 (2)	13107	54 %*
Япония	12 (2)	11046	7 %
Великобритания	9 (2)	5883	15 %
Испания	7 (0)	7123	20 %
Швеция	6 (0)	6944	31 %
Пакистан	6 (0)	3262	11 %
Остальные страны	79	58793	-
Всего	438	391 878	9 %

* сведения до начала специальной военной операции России против Украины, на данный момент (апрель 2025 г.) на Украине полностью работают только 2 реактора из 15 реакторов 4 АЭС (при этом Запорожская АЭС с 6 реакторами контролируется Россией) [12];

Больше всего новых энергоблоков строится в Китае — 28 шт, в России — 10, в Индии — 6, в США — 5, в Южной Корее — 5, в Японии — 2, в ОАЭ — 2, в Пакистане — 2, в Словакии — 2, в Тайване — 2, в Франции — 1, в Финляндии — 1, в Бразилии — 1, в Белоруссии — 1, и в Аргентине строится 1 новый энергоблок [24].

Особую актуальность, историческим событием и важным прецедентом, после начала специальной военной операции России против Украины, приобрела миссия МАГАТЭ по обеспечению безопасности АЭС во время военных действий. Особенно на территории Запорожской АЭС, самой большой в Европе. За всю историю своего существования МАГАТЭ всего лишь 2 раза столкнулось

с похожим случаем. В 1981 г. Израиль уничтожил ядерный реактор «Осирак» на территории Ирака и в апреле 1984 г. в ходе Ирано-иракской войны, происходили атаки на Бушерскую АЭС. Однако роль МАГАТЭ в них оставалась минимальной, ядерные материалы отсутствовали в обоих случаях и вопрос об организации миссии не поднимался, а угроза физической безопасности ядерного материала отсутствовала [12].

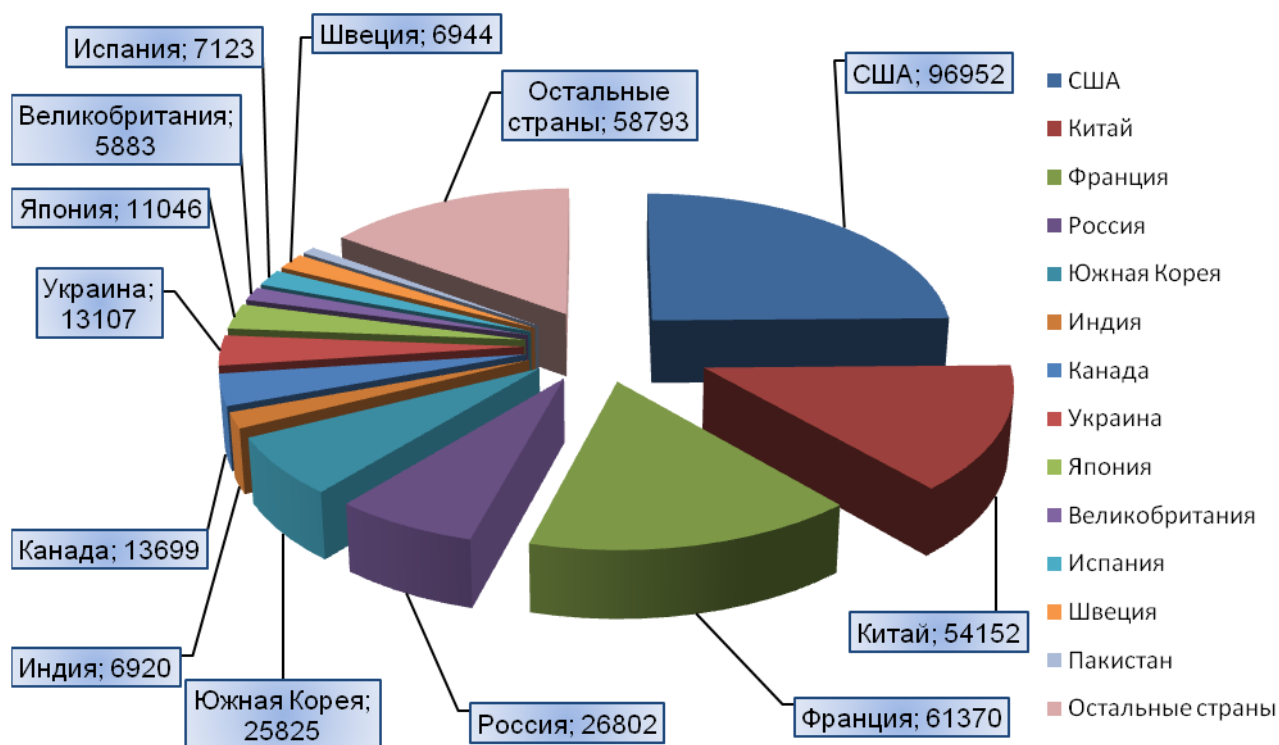


Рисунок 5. Диаграмма производства в мире электроэнергии на атомных станциях в 2024 г., мегаватт [24].

Безопасность ядерных объектов на территории Украины привлекает особое внимание МАГАТЭ, генеральный директор Р. Гросси неоднократно был в России и Украине для переговоров о предоставлении технической помощи и организации миссии сотрудников агентства на территории АЭС. Миссия, организованная МАГАТЭ, выполняет три основные задачи: помогает улучшить безопасность на атомных электростанциях, проводит исследования радиации и проверяет, чтобы страны соблюдали правила, установленные МАГАТЭ. Под

безопасностью на атомных электростанциях подразумевается защита ядерного материала: его контроль, учет и использование мер предосторожности.

Миссия МАГАТЭ на Запорожской АЭС стала первым визитом агентства на ядерный объект, который находится в зоне боевых действий и подвергается опасности.

Ранее МАГАТЭ в первую очередь заботилось о безопасности своего персонала и не могло позволить себе посетить объект, находящийся в зоне боевых действий. Однако в случае с Запорожской АЭС из-за постоянных обстрелов и угрозы ядерной безопасности для агентства стало более важным обеспечить присутствие на объекте, даже если сотрудники будут подвергаться опасности.

Вполне вероятно, что присутствие экспертов МАГАТЭ на Запорожской АЭС может значительно снизить уровень обстрелов по объекту. Возможно, продолжающееся присутствие экспертов МАГАТЭ на территории ЗАЭС станет сдерживающим фактором, который если не обеспечит полную безопасность ядерного объекта, то значительно снизит возможные риски [12].

МАГАТЭ занимается не только исследованиями и контролем использования ядерной энергии. Они также разрабатывают правила для защиты от радиации, безопасной перевозки и утилизации ядерных отходов и следит за уровнем радиации в космосе и создает стандарты для использования радиации в промышленности и медицине, например, в лечении рака.

Агентство изучает, как атомную энергию можно использовать в разных областях, таких как сельское хозяйство и управление водой. Например, в 2016 году МАГАТЭ отправило в Бразилию устройство, которое использует радиацию для стерилизации комаров, переносящих вирус Зика. Это помогло бороться с распространением вируса [13].

Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) – независимая, международная, неправительственная организация. Основана в 1928 году на втором Международном Конгрессе по радиологии в Стокгольме. Состоит из Главной Комиссии и четырёх Комитетов:

- Комитет «Воздействие радиации». Рассматривает последствия воздействия радиации от субклеточного до популяционного и экосистемного уровней, оценивает последствия для защиты людей и окружающей среды;

- Комитет «Дозы от радиационного облучения». Разрабатывает дозиметрическую методологию для оценки внутреннего и внешнего радиационного облучения;

- Комитет «Радиологическая защита в медицине». Рассматривает вопросы защиты людей и не рождённых детей при использовании ионизирующего излучения в медицинской диагностике, терапии и биомедицинских исследованиях, а также защиты в ветеринарии;

- Комитет «Применение рекомендаций Комиссии». Предоставляет рекомендации по комплексному применению рекомендаций Комиссии по защите людей и окружающей среды для всех ситуаций воздействия.

МКРЗ предлагает свои рекомендации организациям по нормированию и научному сопровождению в качестве помощи в руководстве и реализации мер радиационной защиты [17].

В основе действующих концепций нормирования радиационного воздействия, разработанных Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ), лежит принцип антропоцентризма, который предполагает ограничение дозы излучения для защиты человека в той степени, которая считается желательной в настоящее время. Это обеспечивает безопасность и других биологических видов, хотя некоторым особям может быть нанесён вред, но не в такой степени, чтобы представлять опасность для всего вида или нарушать баланс между видами.

Обоснованием такого подхода служит то, что человек как вид *Homo sapiens* является наиболее радиочувствительным объектом в биосфере и с эгоистической точки зрения представляет собой наиболее ценный объект на Земле. Поэтому защита его здоровья является первостепенной задачей.

2.2 Обзор зарубежных систем мониторинга РО.

В разных государствах мира активно работают над разработкой эффективных систем мониторинга и предупреждения как в непосредственной близости от атомных электростанций, так и по всей территории. В последнее время международное взаимодействие в сфере оповещения о чрезвычайных ситуациях на АЭС стало более тесным.

В других странах система контроля радиации обычно не является частью автоматической системы управления атомной электростанцией. Это отдельное оборудование для диагностики, которое не входит в основной набор автоматики для работы электростанции.

В России же это ключевой элемент системы управления атомными электростанциями. То есть, к этой системе предъявляются такие же строгие требования, как и к другим системам безопасности на электростанции. Это делает нашу систему более надежной и конкурентоспособной [3].

В зарубежных атомных электростанциях большое внимание уделяется системам радиационного контроля. Они отслеживают мощность дозы в окружающей среде, радиоактивность выделяемых паров, газов и отработанной воды.

Информация, собранная датчиками, установленными в определённых точках АЭС, и данные анализов проб отображаются на пульте управления станции с помощью специальных индикаторов.

Для снижения порога обнаружения радиоактивности и повышения чувствительности приборов обнаружения используется система измерения ионизирующего излучения типа SINUHTRM [3]. SINUHTRM — это высокотехнологичная система, состоящая из микропроцессоров и программного обеспечения, предназначенная для контроля уровня ионизирующего излучения.

Основные характеристики системы:

Датчики расположены в определённых местах на атомной электростанции и активируются при достижении заданного уровня излучения.

Ключевые компоненты датчиков — детекторы, которые включают в себя ионизационную камеру, сцинтилляционный счётчик и измеритель-преобразователь.

В Соединённых Штатах Америки существует система мониторинга окружающей среды ERAMS. Станции берут пробы воздуха, осадков и питьевой воды. Сеть RadNet, которая похожа на АСКРО, позволяет отслеживать выбросы в окружающую среду в режиме реального времени в случае ядерных аварий. Также она предоставляет базовые данные об окружающей среде в обычных условиях [7].

Вокруг каждой атомной электростанции (АЭС) установлены 16 специальных приборов для измерения радиации. Эти приборы называются «Сентри RCE-1012». Они расположены примерно в 4 километрах от самой электростанции, по одному в каждом направлении. Приборы могут улавливать уровень радиации в пределах от очень слабого (1 микрорентген в час) до довольно сильного (10 рентген в час). Информация с этих приборов каждые восемь минут передается в компьютерную систему, которая следит за радиацией. Если вдруг уровень радиации становится опасным, система сразу же сообщает об этом. Для надежности у системы есть резервная копия, так что, если основной компьютер сломается, мониторинг радиации все равно продолжится. Центр оценки радиационной опасности штата является командным пунктом управления ядерной безопасности. Центры имеют карты 16- и 80-км зон чрезвычайного планирования для каждой АЭС, пульт для радиосвязи с аварийными командами и др. Между центральной ЭВМ управления и ЭВМ диспетчерских каждой АЭС установлены линии связи.

Облачная ГИС RadResponder Разработана Национальным управлением ядерной безопасности (NNSA) США. Система предназначена для оперативного мониторинга радиационной обстановки, обеспечивает взаимодействие разноуровневых организаций при ликвидации инцидентов, связанных с опасностью радиационного заражения.

Правительство Китая ускоренными темпами развивает атомную энергетику нового поколения, отличающуюся повышенной безопасностью, и стремится к ее освоению собственными силами. В соответствии с планами китайского руководства, в предстоящий до 2030 года период планируется вводить в строй не менее 1,8 ГВт ядерных генерирующих мощностей ежегодно, то есть за следующие 15 лет Китай предполагает увеличить долю ядерной энергии в своей генерации почти в 4 раза. В результате в Китае безопасности эксплуатации АЭС уделяется большое внимание. Все большее количество средств выделяется на мониторинг и контроль радиационной обстановки. Ведомства, отвечающие за это в Китае Государственное управление по охране окружающей среды (SEPA) и Национальное агентство по ядерной безопасности (NNSA) [7].

Политика Китая по вопросам мониторинг и контроль радиационной обстановки выглядит следующим образом:

- государство должно контролировать и управлять всеми процессами по обеспечению безопасности АЭС;
- обращение с радиоактивными отходами должно осуществляться таким образом, чтобы защитить здоровье человека и окружающую среду, обезопасить будущие поколения, а не возлагать на них чрезмерного бремени;
- обезвреживание, переработка, безопасность транспортирования, улучшенный мониторинг.

МАГАТЭ высоко оценило деятельность Китая в сфере регулирования ядерной и радиационной безопасности. В частности, организация отметила эффективность работы Национального агентства по ядерной безопасности Китая (NNSA), а также подписало соглашение о сотрудничестве с Китайским центром ядерной и радиационной безопасности (ЦЯБ) при Министерстве экологии и окружающей среды Китая (МЭЕ). ЦЯБ был признан первым в мире Центром сотрудничества МАГАТЭ по ядерной и радиационной безопасности. Это свидетельствует о приверженности Китая ядерной безопасности и потенциале для укрепления двусторонних отношений. В Китае уже созданы два хранилища для радиоактивных отходов поверхностного типа.

Комиссия по атомной энергии Франции создало устройство, которое может летать на вертолете и измерять уровень радиации на земле. Оно помогает найти источники радиации или определить, где есть радиоактивное загрязнение. Устройство ставят на легкий вертолет, и за несколько часов оно собирает данные, чтобы можно было нарисовать карту радиации на площади в несколько квадратных километров. Внутри устройства есть большой прибор, который улавливает рентгеновские лучи, а также радиолокатор, высотомер и компьютер. С помощью специального анализа можно определить, какие радиоактивные элементы есть в загрязненной зоне. Также есть система, которая превращает данные в цветные карты, показывающие уровень радиации. Это устройство работает так же хорошо, как и другие, которые используют на земле.

В Соединённом Королевстве существует национальный план действий на случай утечки радиоактивных материалов - RIMNET — общенациональная система радиационного мониторинга; сеть мониторинга гамма-излучения, основанная на данных метеорологических станций, расположенных по всей стране. Данные собираются и обрабатываются автоматически.

В Японии создали компьютерную систему, которая автоматически определяет дозы радиации и предсказывает, как будет меняться радиационная обстановка. Эта система также следит за погодой в местах, где есть опасные радиационные объекты, и показывает данные в виде графиков. Система охватывает 19 областей и состоит из 217 станций. На сайте <http://www.bousai.ne.jp/eng/index.html> можно узнать информацию о радиации (дата, время, доза, направление и скорость ветра, количество осадков) по каждой станции за последние 6 месяцев, каждые 10 минут. Также разработана технология с использованием дронов. Её создала МАГАТЭ для властей префектуры Фукусима (Япония). Дроны оснащены датчиками радиации, камерами и GPS-навигаторами. Когда дрон начинает летать, данные о радиации и его точное местоположение синхронизируются и передаются оператору на земле в реальном времени, а также сохраняются на борту дрона.

Исследование практики разработки и эксплуатации автоматизированных систем радиационного мониторинга в различных странах мира демонстрирует, что на данный момент уровень безопасности, осведомлённости и доступности информации находится на высоком уровне. Анализ опыта применения систем в разных странах позволяет определить преимущества и недостатки каждой системы, а также усовершенствовать уже существующие.

2.3 Отечественные системы мониторинга радиационного контроля

Единая государственная система мониторинга радиационной обстановки содержит информацию о радиационной обстановке на территории РФ.

Функции по сбору, обработке, хранению, предоставлению и распространению информации лежат на плечах Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) и Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом».

ЕГАСМРО выполняет следующие задачи:

Сбор и постоянный анализ данных о радиационной обстановке на территории Российской Федерации, включая воздух, поверхностные воды и почву.

Оперативное обнаружение ухудшения радиационной обстановки.

Отслеживание изменений в радиационной обстановке.

Определение источников ухудшения радиационной обстановки и их характеристик.

Анализ и прогнозирование радиационной обстановки на территории Российской Федерации в случае возникновения или угрозы возникновения радиационной аварии.

Разработка рекомендаций по снижению воздействия радиоактивного загрязнения на территории Российской Федерации и устранению последствий ядерных и радиационных аварий.

Предоставление оперативной информации о радиационной обстановке на территории Российской Федерации.

Предоставление информации и обмен данными о радиационной обстановке в рамках международных обязательств Российской Федерации.

Участники информационного взаимодействия представлены главным информационно-аналитическим центром (далее - ГИАЦ) ЕГАСМРО, региональными информационно-аналитическими центрами (далее - РИАЦ) ЕГАСМРО и информационно-аналитическими центрами ведомственных подсистем мониторинга радиационной обстановки федеральных органов исполнительной власти и Госкорпорации "Росатом" (далее - ВИАЦ) ЕГАСМРО.

РИАЦ ЕГАСМРО создаются на базе территориальных органов и подведомственных организаций Росгидромета.

ВИАЦ ЕГАСМРО организуются федеральными органами исполнительной власти и Госкорпорацией "Росатом", осуществляющими государственное управление использованием атомной энергии, и функционируют в составе ведомственных подсистем ЕГАСМРО.

Процедура сбора информации в ЕГАСМРО должна обеспечивать необходимый уровень оперативности, полноты и достоверности данных о радиационной обстановке на территории Российской Федерации для своевременного предупреждения возможных негативных последствий радиационного воздействия для населения и окружающей среды.

Основными видами данных и информации, подлежащих сбору в ЕГАСМРО, являются:

- данные, поступающие с автоматизированных постов контроля радиационной обстановки;
- результаты измерений радиоактивного загрязнения компонентов окружающей среды;
- данные о возможных или реальных источниках поступления радиоактивных веществ в окружающую среду, включающие имеющиеся данные о характере, видах и объеме таких поступлений;

- обобщенные данные о радиационной обстановке на территории Российской Федерации;
- отчеты по оценке изменения состояния окружающей среды, вызванных воздействием источниками ионизирующего излучения [3].

Схема структуры предоставления данных о радиационном мониторинге представлена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Структура единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки

Российская автоматизированная система радиационного контроля (АСРК) создана для отслеживания уровня радиации на разных объектах. Она собирает и обрабатывает данные о радиации на атомных станциях, заводах по переработке ядерного топлива, складах радиоактивных отходов и в научных центрах с реакторами.

Система состоит из двух частей: нижняя часть измеряет уровень радиации и передает данные наверх. Верхняя часть — это компьютеры и рабочие места операторов, которые анализируют информацию. На одном энергоблоке атомной

станции может быть более 500 устройств, которые постоянно следят за радиацией: измеряют уровень гамма-излучения, проверяют радиоактивность жидкостей, газов и мелких частиц. На современном этапе развития российской системы АСРК остро стал вопрос замены импортных компонентов на отечественные аналоги. Согласно стратегии развития планируется до 2030 года это осуществить. Активно проводятся мероприятия по развитию отечественной электронной компонентной базы. Проводятся исследования и опытно-конструкторские работы по созданию новой линейки АСРК и систем радиационного контроля для атомных ледоколов, АЭС малой мощности, береговой инфраструктуры Северного морского пути и т.д. [21].

3. Методы измерения радиации

3.1 Методы обнаружения и измерения радиоактивных излучений

Радиоактивные вещества и их излучения не имеют ни запаха, ни цвета, но обладают очень сильными поражающими свойствами. Обнаружение радиоактивного вещества базируется на способности его излучения ионизировать вещество среды, в которой это излучение распространяется [11].

Для обнаружения и измерения радиоактивного излучения применяют такие методы как: фотографический, ионизационный, химический, сцинтилляционный [22].

Фотографический метод основан на определении уровня потемнения фотоэмульсии под влиянием радиационного излучения [23].

В основе химического метода лежит изменение окраски некоторых веществ под воздействием радиации [1]. Если сравнить окраску раствора с эталоном, можно определить дозу облучения, которое воздействовало на раствор [2].

Сцинтилляционный метод базируется на том, что под влиянием радиоактивных излучений определённые вещества распространяют фотоны видимого света. При этом возникают вспышки света (сцинтилляции) которые могут быть зарегистрированы [3].

Метод ионизации основан на том, что под воздействием радиоактивных излучений в замкнутом пространстве происходит ионизация газов [23, 4].

3.2 Измерение радиации с помощью дозиметра

Уровень радиации измеряется специальным прибором, называемым дозиметром (рис.7). Он фиксирует количество дозы ионизирующего излучения в том месте, где располагается. Бытовой дозиметр измеряет мощность дозы в том месте, где находится, то есть в руках человека, или на поверхности [14, 4].

Бытовой дозиметр будет полезен, только при очень сильных радиоактивных загрязнениях, так как не сильные, но от этого не менее безопасные загрязнения им обнаружить практически невозможно. Им сложно обследовать всё помещение и быть уверенным в том, что локальный радиоактивный источник не пропущен [15].



Рисунок 7 – Дозиметр ДКГ-02У предназначенный для оперативной оценки радиационного фона, измерения интенсивности гамма - и рентгеновского излучения.

Радиоактивность пищевых продуктов, или строительных материалов практически бесполезно измерять при помощи бытового дозиметра. Дозиметром необходимо пользоваться, строго следуя рекомендациям, в прилагаемой к нему инструкции.

В продаже имеются как бытовые дозиметры, так и профессиональные. Профессиональные имеют много преимуществ, но им присуща высокая себестоимость. Они дороже более, чем в 10 раз. А ситуации, когда эти преимущества могут быть реализованы бывают очень редко в быту. Поэтому имеет смысл для бытового использования приобретать именно бытовой дозиметр [15].

Многие дозиметры показывают результат сразу после измерения. Но есть и такие, которые не показывают результат сразу. Они маленькие, без батареек и индикатора, и могут быть похожи на брелок. Такие дозиметры используют для проверки радиации на опасных объектах или в медицине. Их показания можно узнать только с помощью специального оборудования, поэтому их нельзя использовать для быстрого принятия решений.

Дозиметры бывают двух типов: с порогом и без порога. Дозиметры с порогом показывают, есть ли превышение допустимого уровня радиации. Они простые в использовании, надежные и стоят дешевле. [26].

Действия, если показатели дозиметра очень высокие:

- проверить, если дозиметр удалить от места, где его показатели «зашкаливают», придут ли показания в норму;
- проверить исправен ли дозиметр (обычно у них есть специальный режим самодиагностики);
- делать такие же измерения, только другим дозиметром, желательно другого типа.

Если вы абсолютно уверены, что нашли источник радиоактивного загрязнения, то нельзя пытаться самостоятельно избавиться от него (закапывать, выбрасывать и прочее). Необходимо обозначить место находки и поставить в известность службы, в обязанности которых входит обнаружение, распознавание и захоронение бесхозных радиоактивных источников [9].

Дозиметрические приборы нужны, чтобы узнать, сколько радиации в воздухе, воде, еде или на вещах. Они также показывают, насколько сильно человек облучился, если находится в радиоактивном месте. Эти приборы бывают разных видов: одни помогают найти радиоактивные места, другие — следить за облучением людей и проверять, насколько сильно заражены вещи [5].

4. Радиационная обстановка в Курской области

4.1 Динамика радиационного фона

Мощность дозы гамма-излучения

Измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения проводились на восьми метеорологических станциях восемь раз в сутки. Для этого использовались дозиметры гамма-излучения ДРГ-01Т, ДКГ-09Д и ДКГ-02У.

Результаты исследований показали, что среднемесячные значения данного показателя варьировали от 0,10 мкЗв/ч (Курчатов) до 0,15 мкЗв/ч (Тим).

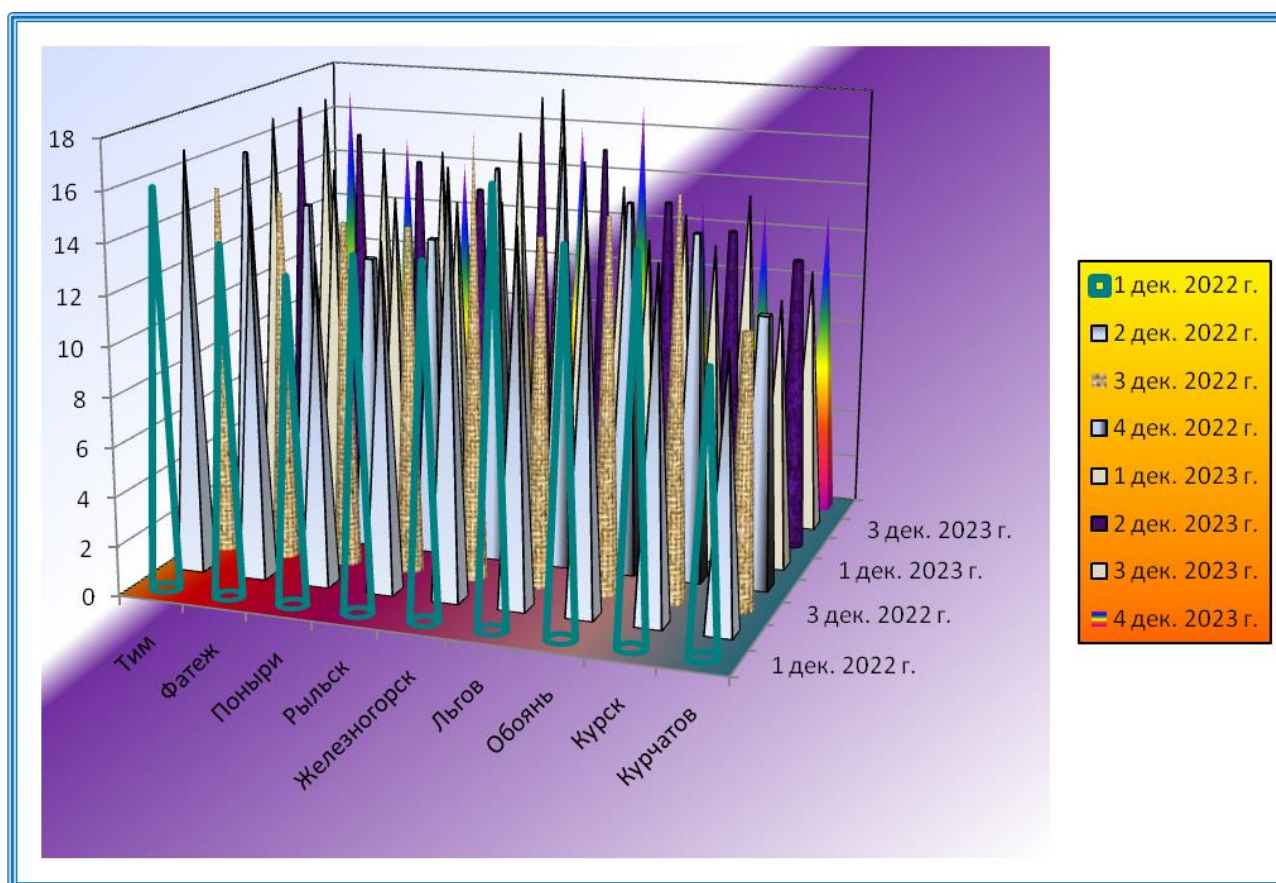


Рисунок 8 - Диаграмма Результаты измерения мощности дозы гамма-излучения в 100-километровой зоне Курской АЭС за 2022-2023 г.г. в мкЗв/ч $\times 10^{-2}$ (средние результаты по декадам года).

Как видно из представленного рисунка, в число объектов вокруг АЭС вошли такие населенные пункты, как Тим, Фатеж, Поныри, Рыльск, Железногорск, Льгов, Обоянь, Курск и Курчатов. По результатам исследования было установлено, что измеренные наивысшие значения в пунктах исследования не превышали среднемесячные, и были более чем на три среднеквадратических отклонения от среднего за месяц. Сравнивая среднегодовые значения за исследуемые годы 2022-2023 в большинстве пунктов оставались на уровне 2021 года и соответствовали естественному фону гамма-излучения. Более подробно данные результаты представлены в таблице (Приложении А).

При ежемесячном маршрутном обследовании 20-километровой зоны Курской АЭС значения МАЭД изменялись в пределах от 0,07 до 0,23 мкЗв/ч, а среднее значение МАЭД по маршруту за год составило 0,11 - 0,12 мкЗв/ч.

Приземная атмосфера

Мониторинг уровня радиоактивного загрязнения воздуха у поверхности земли проводился путём сбора проб атмосферных частиц с помощью установки ВФУ, которая оснащалась фильтрующим материалом ФПП-15-1,5. В городе Курске сбор проб проводился ежедневно с помощью новой установки МР-39, которая была установлена на стационарном посту радиационного контроля (СПРК).

Измерения активности радионуклидов в пробах атмосферных аэрозолей производились на гамма-спектрометре «Гамма-1П» с полупроводниковым детектором GEM40P4-76. Измерения суммарной бета-активности проб производились на альфа-бета радиометрах УМФ-2000, радиометрах РУБ-01П5. Результаты гамма – спектрометрического анализа месячных проб аэрозолей ВФУ Курск представлены в (Приложении В).

Оперативный гамма-спектрометрический анализ суточных проб атмосферных аэрозолей, отобранных в Курске, выполнялся до озонения для регистрации в атмосферных аэрозолях радиоактивных изотопов йода, короткоживущих радионуклидов. В 2023-2022 гг. не было зафиксировано в

атмосферных аэрозолях радиоактивных изотопов йода и других короткоживущих радионуклидов (Приложение Б).

В пробах, взятых в течение года на территории ВФУ в Курске, был обнаружен техногенный радионуклид Cs-137, а также техногенные радиоизотопы Co-60 и Mn-54. В июле 2023 года был зафиксирован единичный случай обнаружения Nb-95 с активностью $0,010 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. В 2022 году среднегодовая активность Cs-137 была в 1,16 раза ниже, чем в 2021 году. Также в несколько раз снизилась среднегодовая активность Co-60 и Mn-54 по сравнению с 2021 годом. В 2023 году среднегодовая активность Cs-137 была в 1,2 раза ниже, чем в 2022 году. Среднегодовая активность Co-60 и Mn-54 в 2023 году была выше, чем в 2022 году, в 4 и 1,8 раза соответственно.

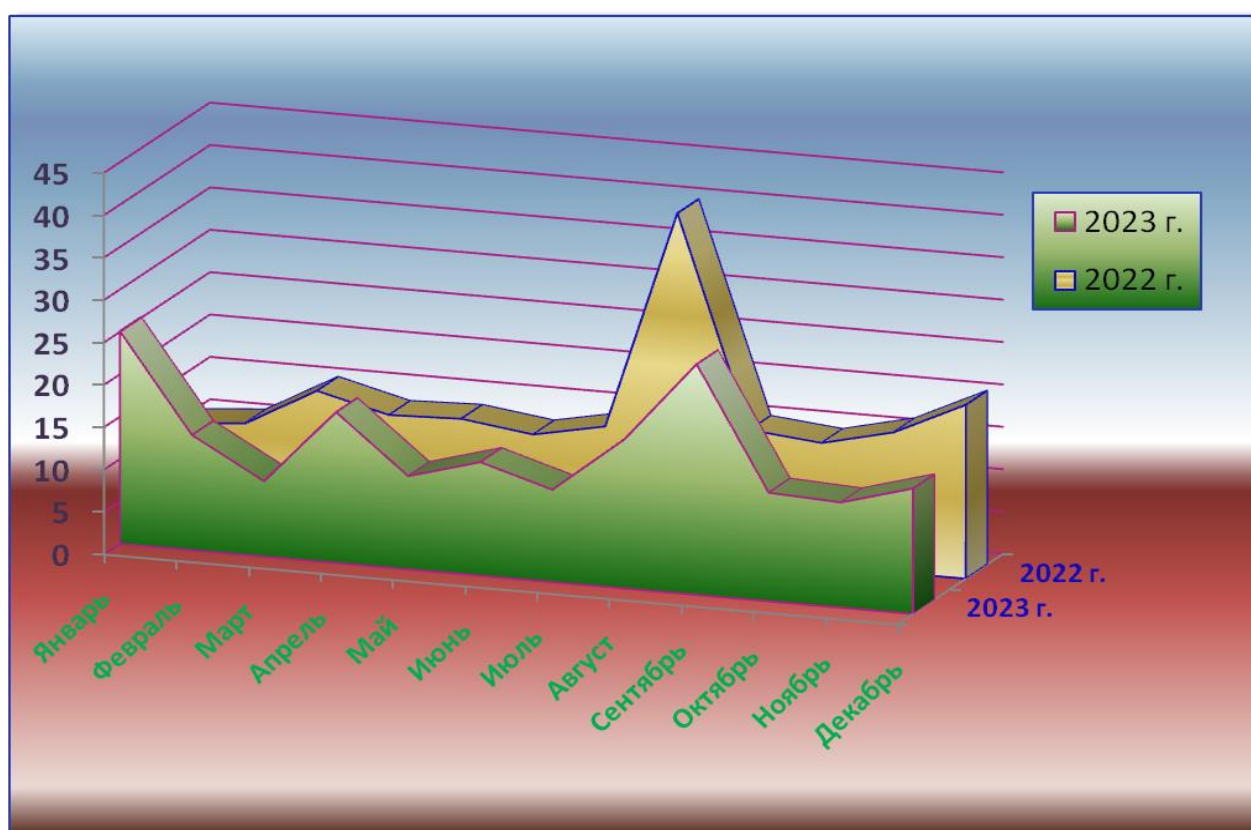


Рисунок 9 - Диаграмма результатов суммарной бета-активности проб атмосферных аэрозолей по ВФУ Курск за 2022-2023 г.г, Бк/м³ x 10⁻⁵.

Природные элементы – Be-7, K-40, Na-22, Pb-210, Th-232, Ra-226 определялись по станции Курск в течении всего года. Среднегодовые объемные

гамма-активности природного элемента Na-22 в 2023 г. году несколько превысили значения по сравнению с 2021 годом, но оставались в пределах фона.

С целью оценки степени опасности зарегистрированных радионуклидов в пункте Курск, по данным гамма-спектрометрического анализа, выполнен расчёт объёмной активности техногенных радионуклидов в атмосферных аэрозолях в долях допустимой объёмной активности для населения (ДОНас, НРБ-99/2009) для среднегодовых и максимальных за год значений. Анализ результатов расчёта показал, что максимальные значения радионуклидов ниже предельно – допустимых на 4-9 порядков, среднегодовые на 5–8, а их суммарное влияние – на 7-8 порядков. Результаты расчёта представлены в (Приложении Г).

По данным ФГБУ «НПО «Тайфун» в центре европейской территории России (ЕТР) средневзвешенная объёмная активность Cs-137 в приземном слое атмосферы в 2023 году составляла $0,036 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Значение увеличилось по сравнению с показателями 2022 г. на 0,023 раза. В 2022 году составила $0,027 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Значение увеличилось по сравнению с показателями 2021 г. на 0,009 раз. Если принять это значение за фоновое, то среднегодовая объёмная активность Cs-137 в Курске в 2022 г. превышала средневзвешенное значение по Центру ЕТР в 1,66 раз, в 2023 г. по Центру ЕТР в 1,85 раз [18].

Среднее значение объёмной активности Cs-137 в приземном слое атмосферы для Курска в 2022 году составило $0,049 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, а в 2023 году $0,051 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Таким образом значение усредненного фона и среднемесячной объёмной гамма-активности Cs-137 в 2022 году превышает фон – в 1,22 раз, в 2023 году – в 1,02 раз. Результаты определения суммарной бета-активности суточных проб ВФУ Курск за 2022-2023 гг. представлены в (Приложении Б).

Атмосферные выпадения

Для сбора образцов радиоактивных осадков из атмосферы использовались горизонтальные планшеты площадью 0,3 м². На них укладывалась медицинская отбелённая марля, которая оставалась на месте в течение суток.

При помощи гамма-спектрометра «Гамма-1П» с полупроводниковым детектором GEM40P4-76 определялась суммарная бета-активность суточных проб измерялась.

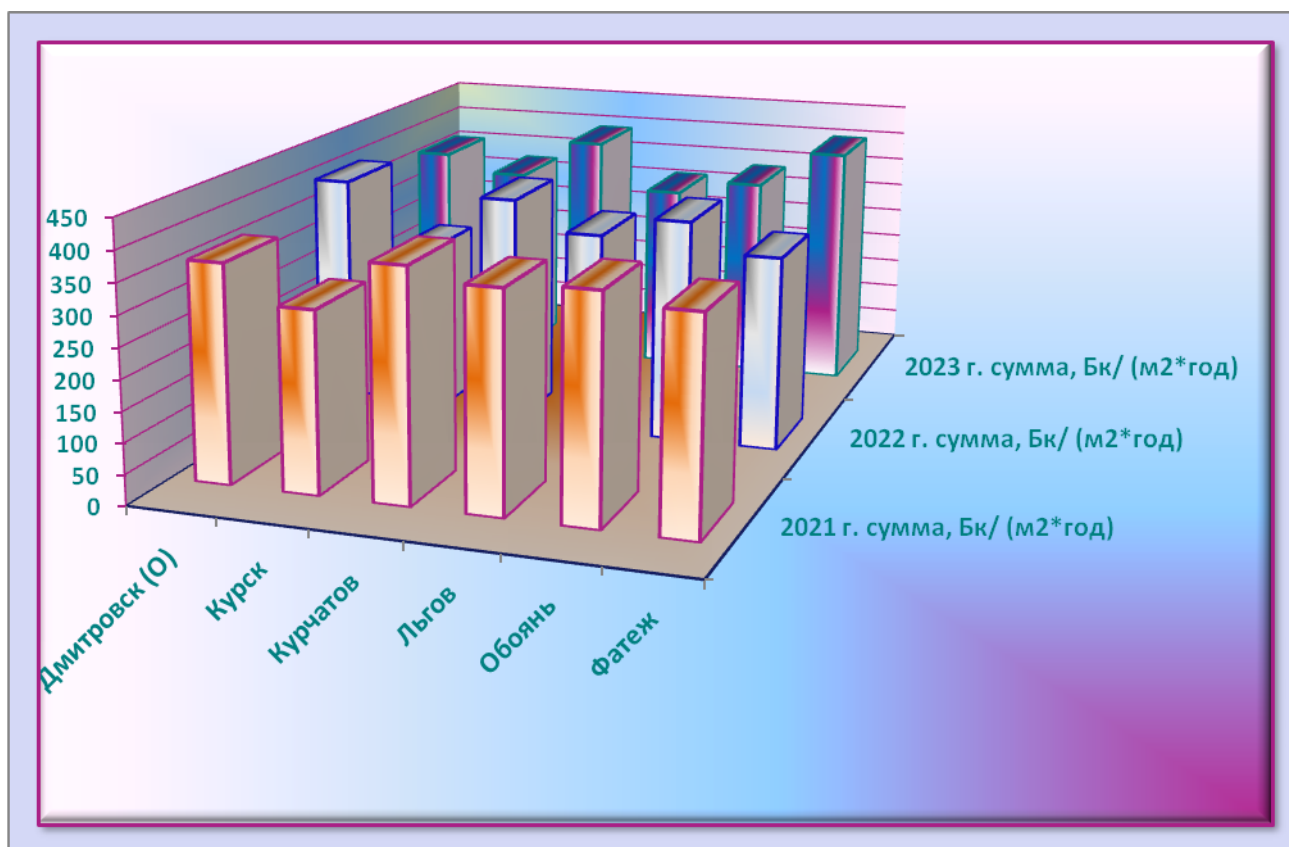


Рисунок 10 - Диаграмма суммарной бета-активности атмосферных выпадений в 100-километровой зоне Курской АЭС за 2022-2023 гг.

В приложении Д представлены данные о среднемесячных и максимальных показателях поверхностной суммарной бета-активности проб атмосферных осадков, собранных на станциях, расположенных в радиусе 100 км от Курской АЭС. Для сравнения также приведены средние значения для пунктов Центрально-Чернозёмных областей России, за исключением станций, которые попали в зону загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС и не входят в 100-километровые

зоны АЭС. Эти станции находятся в «чистой зоне». В 2022 году в «чистой зоне» было зафиксировано 305,5 Бк/м² в сутки суммарной бета-активности, что превышает показатели 2021 года. В 2023 году этот показатель составил 331,5 Бк/м² в сутки, что также больше, чем в 2022 году.

В 2022 году средняя величина поверхностной суммарной бета-активности атмосферных выпадений в 100-километровой зоне Курской АЭС составила 351,3 Бк/м² за год, что больше, чем в 2021 году. В 2023 году этот показатель составил 357,7 Бк/м² за год, также превысив показатели 2022 года.

Во всех пунктах наблюдений 100-километровой зоны Курской АЭС годовая сумма бета-активности выпадений значительно выше по сравнению с показанием «чистой зоны» и примерно находится в одном числовом диапазоне со средней величиной для 100-км зоны Курской АЭС:

за 2022 г. максимальная сумма – 397,5 Бк/м²*год в Дмитровск-Орловском, минимальная сумма – 290,6 Бк/м²*год в Курске;

за 2023 г. максимальная сумма – 409,8 Бк/м²*год в Фатеже, минимальная сумма – 321,0 Бк/м²*год во Льгове.

Максимальные значения суммарной бета-активности не превышали критерия экстремально-высокого загрязнения - 110 Бк/(м²*сутки), десятикратного превышения среднего за предыдущий месяц для второго измерения.

Гамма-спектрометрический анализ проб атмосферных выпадений выполнялся по объединённым за месяц пробам Зоны 12 (объединённая проба по пунктам из 100-километровой зоны Курской АЭС: Курск, Льгов, Обоянь).

Результаты анализа представлены в (Приложении Е). В месячных пробах радиоактивных атмосферных выпадений в Зоне 12 фиксировались радионуклиды: техногенного характера – Cs-137 и природные радионуклиды – Be-7, K-40, Na-22, Pb-210, Th-232, Ra-226.

Снежный покров

В процессе маршрутного обследования в 20-километровой зоне Курской АЭС в зимний период отбирались пробы снега в восьми точках вокруг станции и в одной точке на аэрологической станции Курск (фоновая проба).

В приложении Ж представлены данные об объёмной и поверхностной суммарной бета-активности проб снега в восьми точках, расположенных в разных направлениях от АЭС, а также фоновой пробы, взятой на аэрологической станции Курск.

Определено, что средние значения поверхностной активности снега по пунктам наблюдения не превышали значения фона, лишь в пункте №8 наблюдалось превышение значений фоновых концентраций. Средние показания поверхностной активности снега в 2022 г. отличаются от средних показаний 2021 г. Выделяются точки №1, №5, №7, №13, где значения в 2022 г. выше значений 2021 г., в 2023 г. отличаются от средних показаний 2022 г.

Средние значения объёмной активности талой воды в 2022 г. по пунктам наблюдения меньше показаний фона. Средние показания объёмной активности воды в 2022 г. отличаются от показаний 2021 г. Выделяются точки №1, №5, №7, №13, где значения в 2022 г. выше значений 2021 г..

В основном, средние значения объёмной активности талой воды в 2023 году в пунктах наблюдения не превышают фоновые значения (пункт 13), за исключением пункта №8, где они превышают фоновые значения. Средние показания объёмной активности воды в 2023 году отличаются от показаний 2022 года.

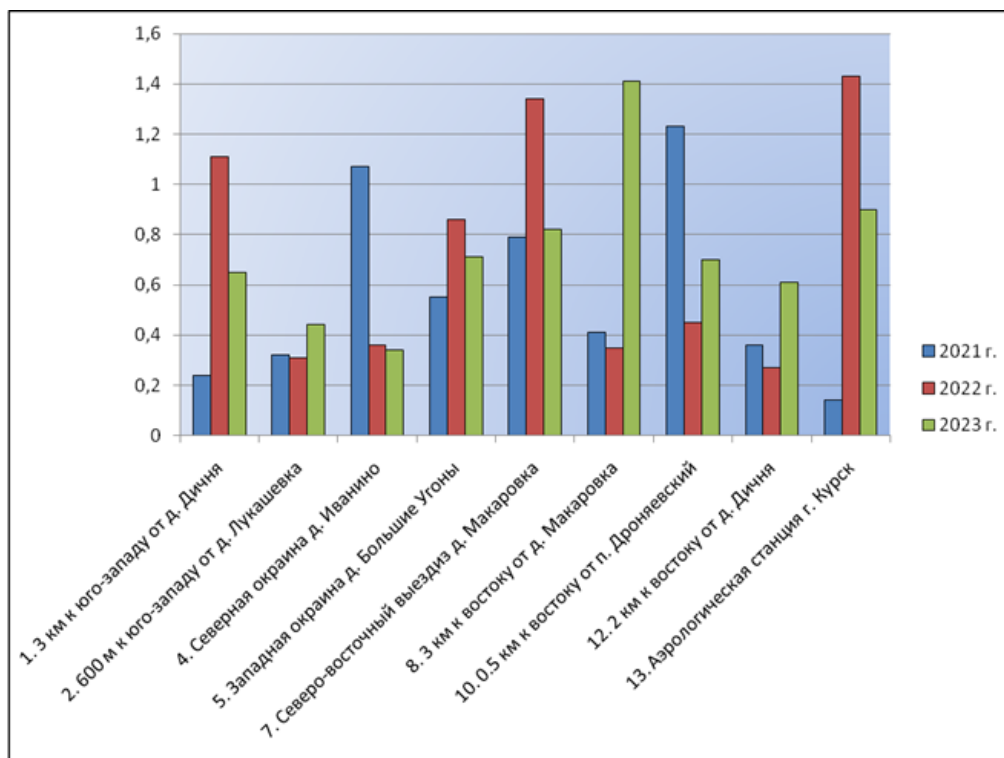


Рисунок 11 - Диаграмма результатов измерений средних значений суммарной бета – активность снега (Бк/м2) в 20-километровой зоне Курской АЭС в 2021-2023 г.г.

Поверхностные воды

В ходе маршрутного обследования 20-километровой зоны Курской атомной электростанции ежемесячно проводился отбор проб воды в пяти точках. В приложении 3 представлены данные об объёмной суммарной бета-активности проб воды, взятых из пруда-охладителя Курской атомной электростанции и реки Сейм.

Результаты исследования показали, что в 2022 году средние значения суммарной бета-активности воды в местах отбора проб были выше, чем в фоновом створе №9 реки, в 1,6 раза больше, чем в фоновом створе.

В 2023 году показатели суммарной бета-активности воды в пунктах отбора проб также были выше, чем в фоновом створе №9 реки Сейм, в среднем в 2,3 раза.

В 2022 году в пункте №5, а в 2023 году в пункте №6 суммарная бета-активность воды достигла максимального значения. Это значение превысило контрольные уровни, установленные в соответствии с НРБ-99-2009 (1,0 Бк/л).

По результатам гамма-спектрометрического анализа активность техногенных радионуклидов в пробах воды, собранных за год по обоим пунктам, была ниже порога чувствительности (0,003–0,006 Бк/л).

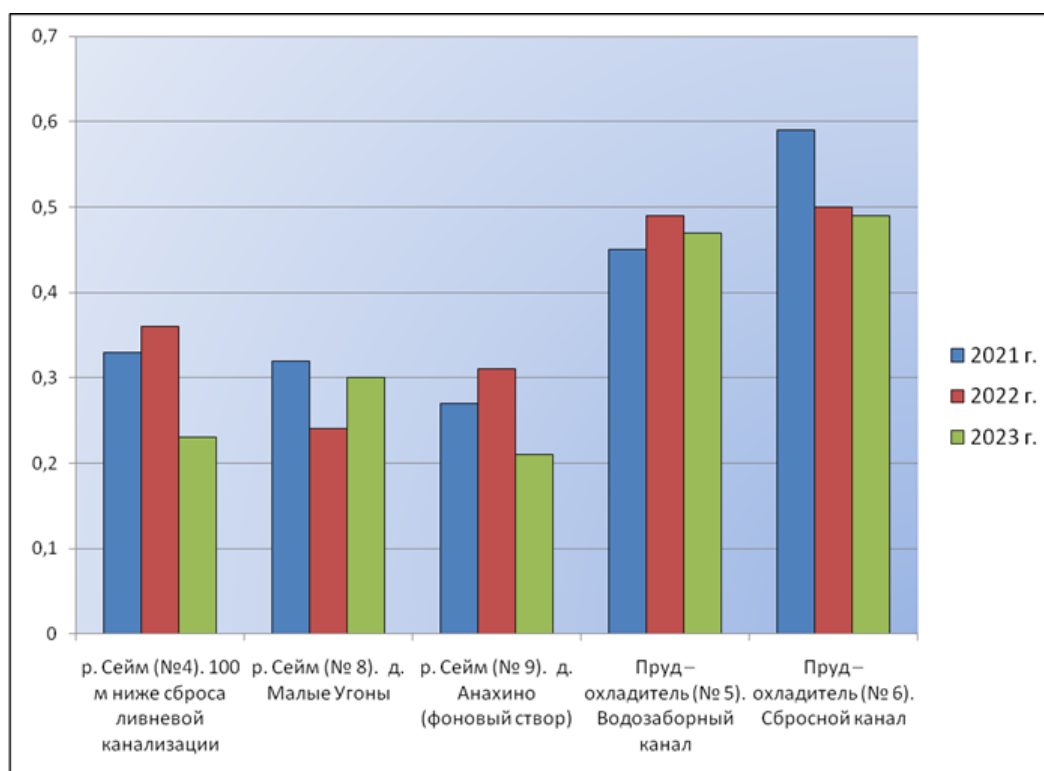


Рисунок 12 - Диаграмма результатов измерений средних значений суммарной бета – активность проб воды рек и водоёмов (Бк/л) в 20-километровой зоне Курской АЭС в 2021-2023 г.г.

Растительность

В ходе маршрутного обследования в 20-километровой зоне Курской АЭС были отобраны пробы растительности. Сбор образцов проводился в июне и июле в восьми точках вокруг АЭС и в одном пункте на аэрологической станции Курск, который служил фоновым образцом. Анализировались воздушно-сухие измельчённые образцы. В приложении И представлены результаты сравнительного гамма-спектрометрического анализа проб на К-40. В приложении М приведены результаты гамма-спектрометрического анализа проб растительности.

В пробах регулярно определялись техногенные радионуклиды Cs-137 и природные радионуклиды Be-7, K-40, Pb-210 и Th-232. Установлены допустимые

уровни содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs для грубых кормов (сено, солома). В 2022–2023 годах максимальные активности Cs-137 в пробах растительности были значительно ниже допустимых значений на несколько порядков. Удельная активность радионуклидов в пробах растительности соответствовала среднемноголетним значениям [20].

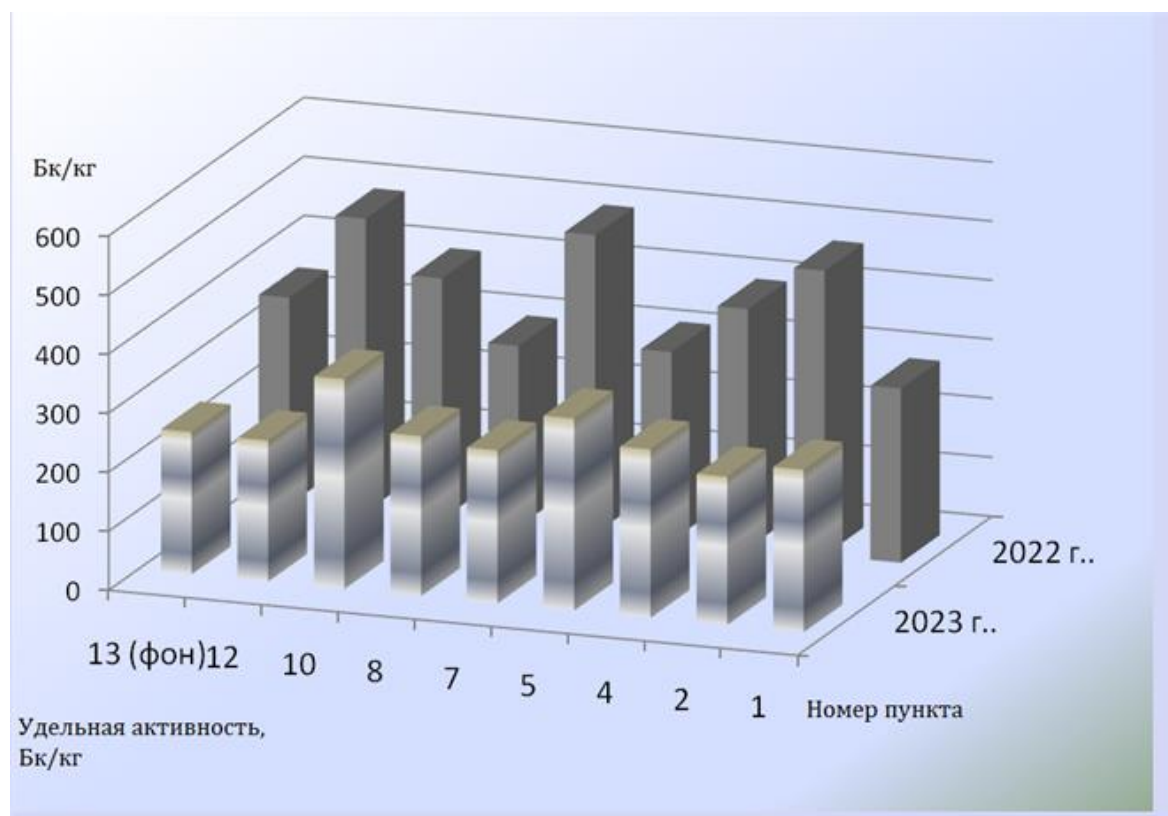


Рисунок 13 - Диаграмма сравнительные результаты гамма - спектрометрического анализа на Калий-40 проб растительности в 20-ти километровой зоне Курской АЭС за 2022-2023 г.г.

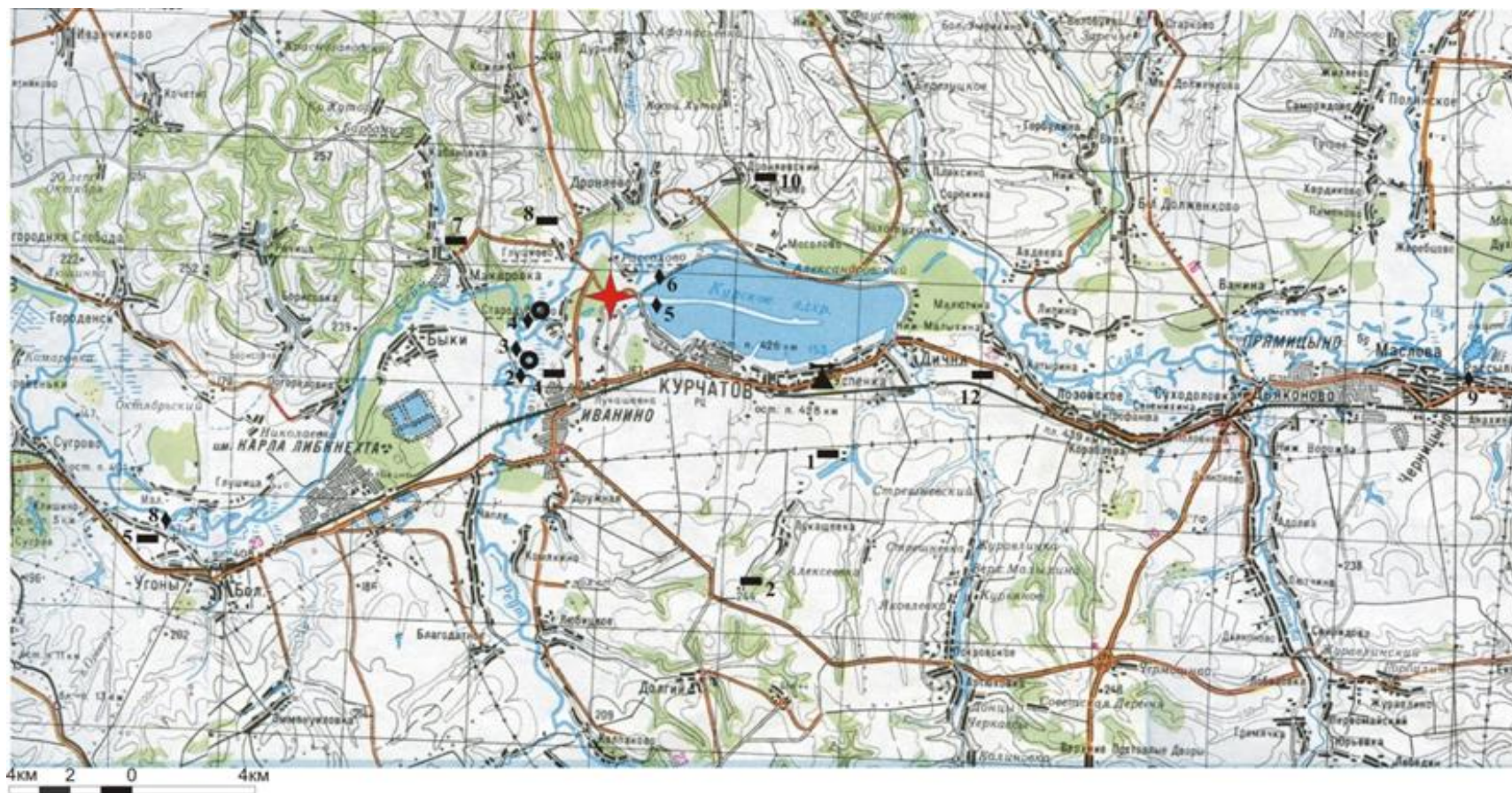


Рис.2 Расположение пунктов радиационного мониторинга в 20-км зоне вокруг Курской АЭС



Рисунок 14 - Схема расположения пунктов радиационного мониторинга
в 20 – километровой зоне Курской АЭС.

Станции и посты основной сети радиационного мониторинга Центрально-Черноземного УГМС

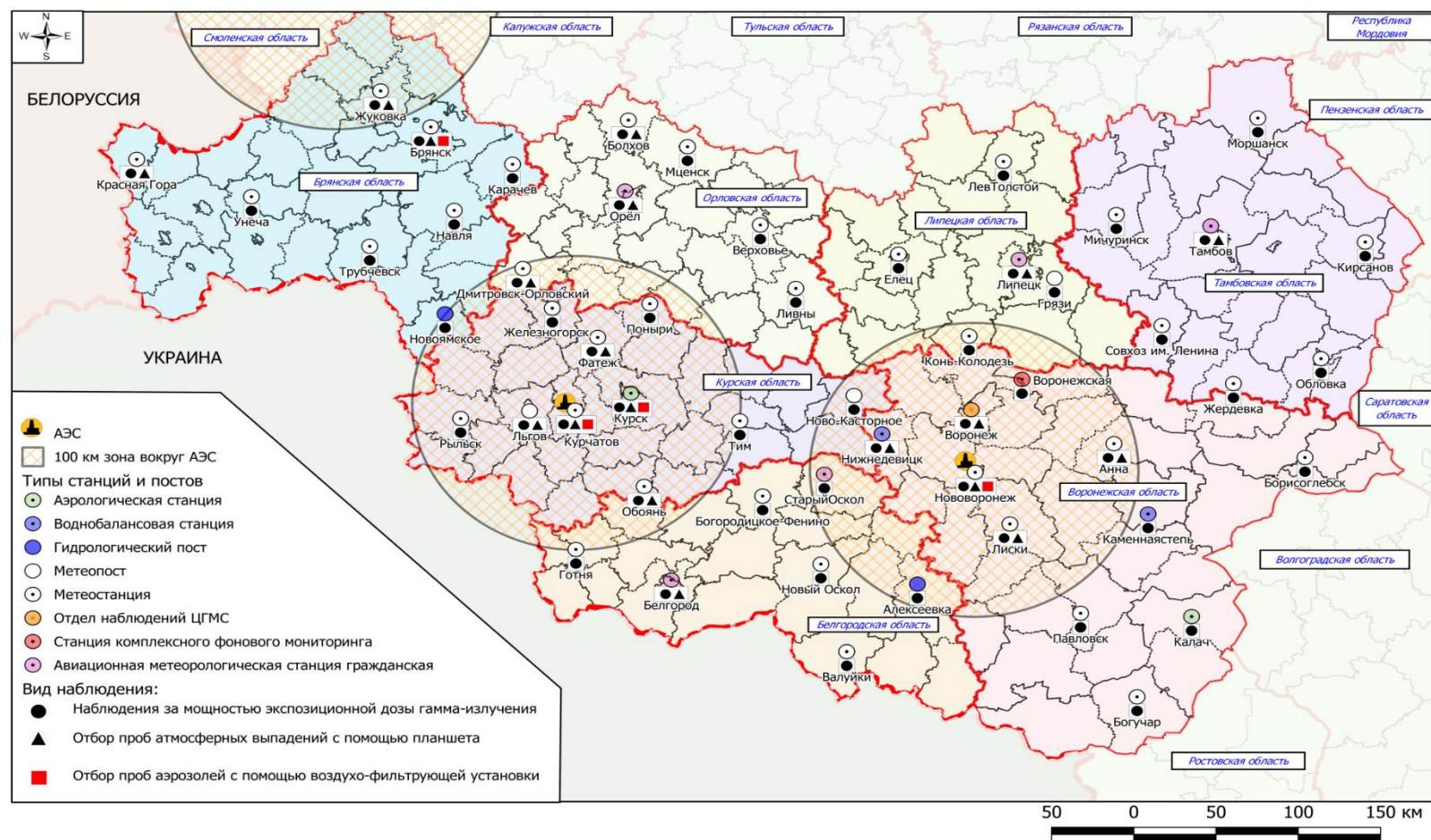


Рисунок 15 - Станции и посты М-2: АЭ Курск, Курчатова, Рыльск, Железнодорожный, Фатеж, Обоянь, Поньри, Тим; МП посты: Льгов, Ново-Касторное.

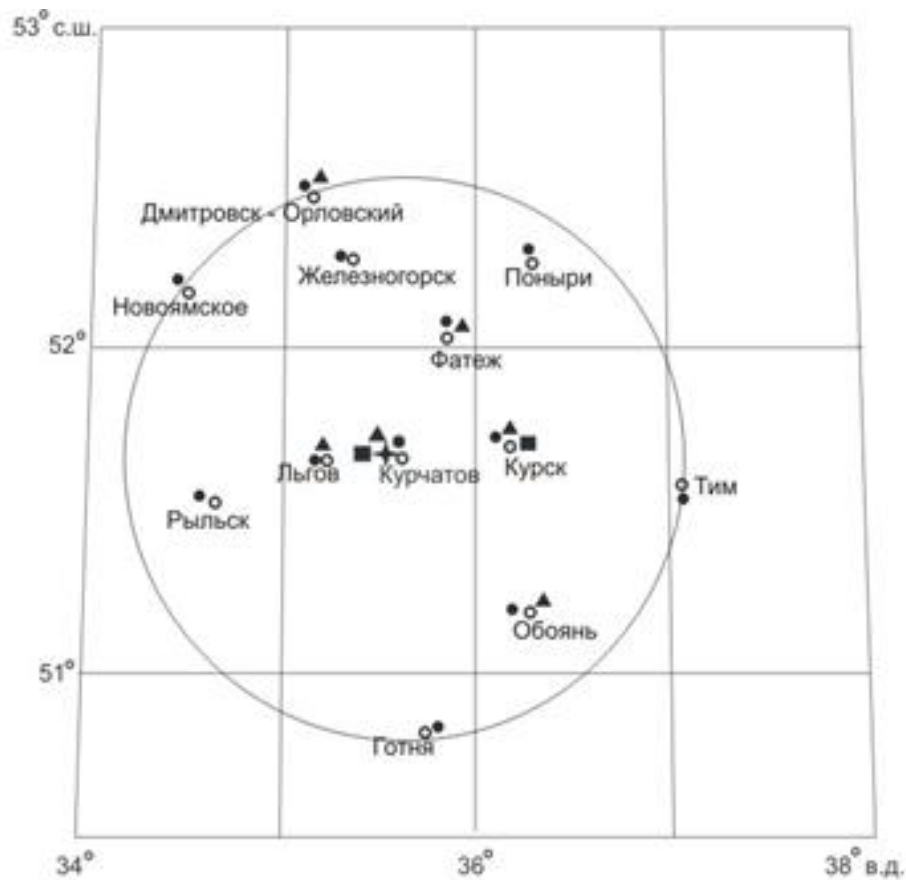


Рисунок 1. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-километровой зоне Курской АЭС:

- - населённые пункты
- ★ - АЭС;
- - наблюдения за гамма-фоном;
- ▲ - отбор проб атмосферных выпадений;
- - отбор проб атмосферных аэрозолей.

Рисунок 16 - Схема расположения пунктов радиационного мониторинга в 100-километровой зоне Курской АЭС [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Атомная энергетика, на настоящее время, наиболее чистый, с экологической точки зрения, способ электрогенерации. Однако опасность радиоактивного заражения в результате аварий, требует пристального внимания к безопасности и контролю за всеми ядерными объектами. Это определяет актуальность радиационного мониторинга, как важной составляющей обеспечения безопасности использования ядерной энергетике и радиоактивных веществ. Система радиационного мониторинга дополнительно актуальна в связи с активным участием России в строительстве атомных электростанций (АЭС) по всему миру.

Основная задача проведения радиационного контроля на радиационно-опасных объектах –обеспечить бесперебойное выполнение производственных процессов или научных исследований без происшествий. В случае радиационной аварии необходимо оперативно локализовать её очаг, оценить масштабы и спрогнозировать развитие ситуации. На основе полученных данных следует разработать экспертные рекомендации по устранению последствий аварии.

Мероприятия мониторинга радиационной обстановки в РФ возложены на Росгидромет и на корпорацию «Росатом». Российская автоматизированная система радиационного контроля является частью автоматической системы управления АЭС. Это главное отличие России от большинства зарубежных систем мониторинга радиационной обстановки и, в какой-то мере, является нашим конкурентным преимуществом.

На современном этапе развития российской системы АСРК остро стал вопрос замены импортных компонентов на отечественные аналоги. Согласно стратегии развития планируется до 2030 года это осуществить. Активно проводятся мероприятиях по развитию отечественной электронной компонентной базы. Проводятся исследования и опытно-конструкторские работы по созданию новой линейки АСРК и систем радиационного контроля для

атомных ледоколов, АЭС малой мощности, береговой инфраструктуры Северного морского пути и т.д.

Наличие в Курской области радиационно-опасного объекта - Курской АЭС - обуславливает актуальность проведения постоянного мониторинга радиационной обстановки на территории г. Курска и области.

В заключении отметим, что цель и задачи дипломной работы достигнуты: - представлены результаты радиационно-гигиенического мониторинга на территории города Курска и Курской области.

По итогам анализа темы дипломной работы можно сделать вывод, что уровень радиации на территории города Курска и Курской области не превышает допустимых значений, установленных в Нормативах радиационной безопасности (НРБ-2009).

Кроме того, руководство Курской атомной электростанции (АЭС) уделяет большое внимание обеспечению радиационной безопасности объекта. Основные направления работы в этой области включают:

- улучшение проектных и конструкторских решений для оборудования и систем, используемых на АЭС;
- оптимизацию системы технического обслуживания и ремонта оборудования и систем АЭС;
- повышение квалификации персонала и улучшение системы подготовки кадров;
- оптимизацию организационной структуры управления АЭС.

Список литературы

1. Аксенова А.Е., Первичко В.А., Чуданов В.В. Распределенная 3D-модель для описания переноса загрязнения в городских условиях // Труды ИБРАЭ РАН (Москва). 2008. №9. С. 179-192;
2. Алексахин Р.М. Сельскохозяйственная радиоэкология: результаты, актуальные задачи, перспективы (к итогам 10-летних исследований в регионе аварии на Чернобыльской АЭС) // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 1997. №9. С. 44-47.
3. Автоматизированная система радиационного контроля как основная составляющая радиационной безопасности населения / В.И. Витько, Л.И. Гончарова, В.В. Карташев, Г.Д. Коваленко, С.А. Сегеда, С.В. Барбашев // Ядерная и радиационная безопасность. — 2023. — № 3. — С. 33-37.
4. Алексеев С.В., Пивоваров Ю.В., Янушанец О.И. Экология человека. М.: Икар, 2007. 770 с.
5. Анищенко Г. Постановление «об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09 [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90936/. (Дата обращения: 15.04.2025)
6. Белозерский Г.Н. Радиационная экология. М.: Академия, 2008. 383 с.
7. Бетенеков, Н. Д. Радиоэкологический мониторинг: учеб. пособие – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2023. – 208 с.
8. Григоренко М.М. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие. СПб.: СПбГУ-ЭФ, 2008. 112 с.
9. Город Курск: климат, экология, районы и другое [Электронный ресурс]. URL: <http://nesiditsa.ru/city/kursk/>. (Дата обращения: 19.10.2024)
10. Гусейнов А.Н., Козырев В.И. Загрязнение архипелага Новая Земля долгоживущими техногенными радионуклидами // IX Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле» (РГТРУ). 2009. С. 23-25.
11. Дозиметр радиоактивности СОЭКС 01М [Электронный ресурс]. URL: <https://soeks.ru/catalog/dosimeter-soeks> (Дата обращения: 11.01.2024).

12. Историческая миссия: МАГАТЭ и перспективы урегулирования ситуации на Украине: [Электронный ресурс]. URL: <https://russiancouncil.ru/>. (Дата обращения: 15.04.2025)
13. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. Р.М. Алексахин, Л.А. Булдаков, В.А. Губанов и др. Под общей ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. М.: Издат, 2021. 352 с.
14. Куклев Ю.И. Физическая экология. М., 2008. 392 с. (Высшая школа).
15. Маврищев А., Высоцкий А., Соловьева Н. Радиоэкология и радиационная безопасность: учеб. пособие. Издательство: Тетра Системс, 2010. 208 с.
16. Мархоцкий Я.Л. Основы радиационной безопасности населения: учеб. пособие. Минск, 2011. 224 с. (Высшая школа).
17. Переволоцкий А.Н. Радиоэкология: практическое руководство. Гомель: УО ГГУ им. Ф. Скорины, 2013. 42 с.
18. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2024 году. Ежегодник. Обнинск: Федеральное ГБУ «НПО «Тайфун», 2024 г.
19. РД 52.18. 826 – 2015 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам Выпуск 12 Наблюдения за радиоактивным загрязнением Министерство Природных ресурсов и экологии Российской Федерации Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу природной среды (Росгидромет).
20. Руднев В.В. Отчет о радиационной обстановке в 100-километровой зоне Курской АЭС за 2022-2023 гг. 18 с.
21. Радиоэкологический мониторинг / Дирекция «Безопасность и качество» АЕЦ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.kznpp.org /. (Дата обращения: 15.04.2025).
22. Сахаров В.К. Радиоэкология: учеб. пособие. СПб, 2006. 315 с.
23. Семенова И.В. Промышленная экология: учеб. пособие. М.: «Академия», 2009. 528 с.

24. Сколько атомных станций работает в мире и в России - Машиностроительный дивизион «Росатома»: [Электронный ресурс], URL: <https://rosatommd.ru/>. (Дата обращения: 10.02.2025)

25. Хван, Т.А., Хван, П.А. Безопасность жизнедеятельности: краткий курс. - М.: Наука, 2010. - 221 с.

26. Хомякова О.В., Золотарева И.Н., Крутовая Л.Ф., Пономарев А.С. Инженерная экология и климатология: учеб. пособие. Издательство: ХНУГХ, 2014. 44 с.

Таблица - Результаты измерения мощности дозы гамма-излучения в 100-километровой зоне Курской АЭС за 2022-2023 г.г в мкЗв/чх10⁻²

Область	Пункт	Январь		Февраль		Март		Апрель		Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь		Декабрь		2023 г..		2023 г..
		Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	
Курская	Курск	11	14	11	12	11	13	12	13	11	14	12	13	11	13	11	13	12	14	12	15	11	14	11	13	11	15	12
	Курчатов	10	12	10	11	9	11	9	10	10	11	10	12	10	12	10	11	10	11	10	11	10	11	10	13	10	13	10
	Железногорск	14	18	14	17	14	17	14	18	15	19	14	18	14	19	15	17	15	18	15	18	15	18	14	16	14	19	13
	Льгов	13	17	12	16	13	16	13	17	13	16	13	16	13	16	12	17	12	14	13	17	13	17	13	17	13	17	12
	Обоянь	12	14	12	13	12	13	12	13	11	13	12	14	11	14	11	13	11	13	12	14	12	14	12	13	12	14	12
	Поныри	11	13	10	13	11	14	11	16	11	16	11	15	11	15	11	16	11	15	11	14	11	15	10	14	11	16	11
	Рыльск	12	14	12	14	12	14	12	14	12	14	12	14	11	14	11	12	11	13	11	14	11	13	11	13	12	14	12
	Тим	15	17	14	17	14	17	15	17	15	18	15	17	15	18	14	17	15	17	15	18	14	17	14	17	15	18	14
	Фатеж	13	15	13	14	13	15	14	16	14	15	14	16	14	17	13	15	13	15	13	16	13	15	13	15	13	17	13
Область	Пункт	Январь		Февраль		Март		Апрель		Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь		Декабрь		2022 г..		2022 г..
		Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	Ср.	Мак	
Курская	Курск	11	12	10	13	11	15	12	14	12	14	12	14	12	14	14	12	12	16	11	14	12	15	11	14	12	16	12
	Курчатов	10	11	10	11	10	11	10	11	10	11	9	11	10	11	10	11	10	11	9	14	10	11	10	11	10	14	10
	Железногорск	11	13	12	13	12	14	12	14	13	15	13	17	13	18	13	16	14	18	15	18	15	17	14	16	13	18	12
	Льгов	13	17	13	17	13	17	13	17	12	16	13	15	12	16	12	17	11	14	12	16	12	16	13	17	12	17	12
	Обоянь	13	14	13	15	12	15	12	15	11	14	11	15	12	15	11	15	13	15	12	15	13	15	13	15	12	15	12
	Поныри	11	12	10	11	10	13	11	16	11	16	11	13	12	14	12	15	11	14	11	14	11	15	10	12	11	16	12
	Рыльск	12	13	12	14	12	14	12	14	12	14	12	14	12	13	12	14	12	14	12	14	12	14	12	13	12	14	11
	Тим	13	16	13	15	13	16	14	16	15	18	15	17	15	17	15	17	13	15	14	16	14	17	14	16	14	18	13
	Фатеж	13	15	12	14	12	14	13	15	14	15	13	15	13	15	13	14	13	15	14	15	14	15	13	14	13	15	14

Таблица- Результаты оперативного гамма-спектрометрического анализа и определения суммарной бета-активности проб атмосферных аэрозолей по ВФУ Курск за 2022-2023 г.г, Бк/м³ x 10⁻⁵

		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	2023 г.	2022 г.	НП
I-131	Сред.													0,00	0,00	0,2
	Макс.													0,00	0,00	
Сумма долго- живущих	Сред.													0,00	0,00	0,2- 0,3
	Макс.													0,00	0,00	
Суммарная бета- активность	Сред.	25,1	13,6	8,9	17,8	11,0	13,4	10,9	17,6	27,2	12,8	12,4	14,8	15,4	16,4	0,2- 0,3
	Макс.	74,6	64,5	26,1	39,0	23,7	34,3	20,7	40,4	63,7	38,5	27,4	43,1	74,6	70,3	

Нуклид	Вид	Объемная гамма-активность, Бк/м ³ x 10 ⁻⁵														НП
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	2022 г.	2021 г.	
I-131	Сред.													0.00	0.00	0,2
	Макс.													0.00	0.00	
I-132														0.00	0.00	0,2
														0.00	0.00	
Сумма долго- живущих	Сред.													0.00	0.00	0,2- 0,3
	Макс.													0.00	0.00	
Суммарная бета- активность	Сред.	10.1	10.8	15.4	13.3	13.6	12.5	14.2	40.1	15.3	14.5	16.5	20.5	16.4	19.4	0,2- 0,3
	Макс.	18.1	23.5	49.8	22.6	37.3	29.5	34.8	70.3	37.4	39.8	50.8	52.6	70.3	85.1	

Таблица- Результаты гамма-спектрометрического анализа месячных проб атмосферных аэрозолей по ВФУ Курск за 2022-2023 г.г.

Месяц	Объемная гамма-активность, Бк/м ³ x 10 ⁻⁵											Объемная гамма-активность, Бк/м ³ x 10 ⁻⁵											
	Cs-137	Co-60	Co-58	Mn-54	Nb-95+Zn65	Ra-226	Be-7	K-40	Na-22	Pb-210	Th-232	Cs-137	Co-60	Co-58	Mn-54	Zn-65	Nb-95	Ra-226	Be-7	K-40	Na-22	Pb-210	Th-232
Январь	0,030	0,010				0,11	335	1,18	0,025	5	0,059	0,039	0,010					0,27	113			16	
Февраль	0,033	0,011		0,007		0,11	133	0,30	0,011	18	0,029	0,038			0,007				164	0,30	0,009	13	
Март	0,031	0,009		0,012			215	0,66	0,020	10	0,077	0,045	0,007					0,12	290	0,86	0,016	20	0,052
Апрель	0,039					0,26	383	1,36	0,032	19	0,082	0,034						0,12	258	0,83	0,023	17	0,045
Май	0,060					0,07	268	1,05	0,340	9	0,055	0,083							329	1,11			
Июнь	0,064	0,023				0,19	354	0,70	0,049	12	0,063	0,059							374	0,78	0,044	13	0,055
Июль	0,049	0,027		0,033	0,010		124		0,023	11		0,147			0,037			0,55	424	1,78		93	0,296
Август	0,064					0,16	256	0,99	0,033	24	0,082	0,104						0,13	315	1,71	0,036	32	0,072
Сентябрь	0,073					0,23	327	1,58	0,250	34	0,068	0,082						0,07	183	0,45	0,011	14	0,024
Октябрь	0,093					0,17	90	0,54	0,007	17	0,033	0,054	0,009		0,006			0,07	187	0,65	0,011	22	0,024
Ноябрь	0,050	0,013		0,037		0,30	104	0,53	0,007	20	0,046	0,023						0,11	139	0,60	0,008	29	0,027
Декабрь	0,023					0,13	43			25	0,022	0,025						0,06	147	0,45	0,010	17	0,047
Среднее	0,05	0,008	0,000	0,007	0,001	0,08	68,33	0,30	0,025	17	0,021	0,06	0,002	0,000	0,004	0,000	0,000	0,125	244	0,79	0,005	24	0,05
2023 г.																							
Среднее	0,06	0,002	0,000	0,004	0,000	0,125	244	0,79	0,005	24	0,05	0,07	0,005	0,002	0,043	0,000	0,000	0,043	243	1,04	0,005	8	0,00
2022 г.																							
НП	0	0	0	0	0	0,07	0,02	0,1	0,01	0,5	0,02	0	0	0	0	0,003	0,004	0,07	0,02	0,1	0,006	0,5	0,02

Таблица- Обобщенные данные о результатах гамма - спектрометрического анализа проб атмосферных аэрозолей

за 2022-2023 г.г.

Нуклид	ДОАнас, Бк/м³ (НРБ- 99/2009)	Курск				Нуклид	ДОАнас, Бк/м³ (НРБ- 99/2009)	Курск			
		Средняя объёмная активность за год (ОА)		Максимальная активность (ОАм)				Средняя объёмная активность за год (ОА)		Максимальная активность (ОАм)	
		Бк/м³ х 10 ⁻⁵	ОА/ДОАнас х 10 ⁻⁶	Бк/м³ х 10 ⁻⁵	ОАм/ДОАнас х 10 ⁻⁶			Бк/м³ х 10 ⁻⁵	ОА/ДОАнас х 10 ⁻⁶	Бк/м³ х 10 ⁻⁵	ОАм/ДОАнас х 10 ⁻⁶
I-131	7,3		0,00		0,00	I-131	7,3		0,00		0,00
Na-24	290		0,0000		0,00	Na-24	290		0,0000		0,00
Cs-134	19					Cs-134	19				
Cs-137	27	0,05	0,02	0,09	0,03	Cs-137	27	0,06	0,02	0,15	0,05
Co-60	11	0,008	0,01	0,03	0,02	Co-60	11	0,002	0,00	0,01	0,01
Co-58	68		0,00		0,00	Co-58	68		0,00		0,00
Cr-51	2500		0,00		0,00	Cr-51	2500		0,00		0,00
Mn-54	72	0,007	0,001	0,04	0,01	Mn-54	72	0,004	0,001	0,04	0,01
Fe-59	30		0,00		0,00	Fe-59	30		0,00		0,00
Zr- 95+Nb- 95	23		0,00		0,00	Zr-95	23		0,00		0,00
Сумма 2023 г.			0,03		0,07	Nb-95	72		0,000		0,00
Сумма 2022 г.			0,02		0,07	Сумма 2022 г.			0,02		0,07
						Сумма 2021 г.			0,04		0,15

Таблица-7 Суммарная бета-активность атмосферных выпадений в 100-километровой зоне Курской АЭС за 2022- 2023 г.г.

Пункт наблюдения	Поверхностная активность радиоактивных выпадений в Бк/(м²·сутки)																											
	январь		февраль		март		апрель		май		июнь		июль		август		сентябрь		октябрь		ноябрь		декабрь		2022 г.		2021 г.	
	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср. .	макс. с.	Ср. .	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Сумма, Бк/ (м²· год)	сумма, Бк/ (м²· год)
Дмитровск-Орловский	1,2	3,8	0,9	3,1	1,3	4,2	1,5	4,3	1,0	4,3	0,8	1,8	1,1	4,6	1,1	4,0	0,9	4,4	1,0	3,4	1,0	2,7	1,3	4,3	1,1	4,6	397,5	358,2
Курск	0,8	2,4	0,8	3,1	0,6	2,2	0,8	2,9	0,6	2,3	1,0	3,2	0,8	6,7	0,9	5,3	0,9	2,6	0,7	2,4	0,9	3,1	0,9	2,7	0,8	6,7	290,6	297,4
Курчатов	1,1	3,8	1,1	3,3	1,0	4,4	1,2	4,4	0,9	3,2	0,9	3,5	0,8	4,3	1,1	3,3	0,9	3,1	1,1	3,8	1,2	5,5	1,3	3,7	1,1	5,5	386,7	378,6
Льгов	1,0	2,9	1,0	3,6	0,7	3,5	1,0	2,9	1,0	3,0	0,7	2,9	1,0	3,0	0,8	1,7	0,9	4,8	0,9	3,1	1,0	2,9	1,2	2,7	0,9	4,8	337,6	357,2
Обоянь	1,6	4,6	0,8	3,0	0,9	3,8	1,0	3,6	0,5	1,6	1,0	2,5	1,0	2,9	1,2	3,3	1,2	4,7	1,0	2,4	1,0	3,3	1,1	5,2	1,0	5,2	371,6	366,3
Фатеж	0,9	3,5	1,1	3,7	0,9	2,9	0,9	3,7	0,7	2,4	0,7	3,1	0,7	2,7	1,0	4,1	0,8	1,8	0,9	2,5	0,8	3,2	1,4	4,7	0,9	4,7	323,3	347,7
Пункт наблюдения	Поверхностная активность радиоактивных выпадений в Бк/(м²·сутки)																											
	январь		февраль		март		апрель		май		июнь		июль		август		сентябрь		октябрь		ноябрь		декабрь		2023 г.		2022 г.	
	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср. .	макс. с.	Ср. .	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Ср.	макс. с.	Сумма, Бк/ (м²· год)	сумма, Бк/ (м²· год)
Дмитровск-Орловский	0,8	1,7	0,9	2,4	1,1	4,2	1,2	3,4	1,0	5,0	1,0	3,3	0,8	2,6	1,1	4,0	1,0	4,8	1,2	3,4	1,0	3,5	0,9	2,2	1,0	5,0	364,4	397,5
Курск	1,0	3,0	1,0	2,5	0,8	3,3	0,9	3,3	1,0	3,6	0,8	2,5	0,9	3,7	1,1	4,3	0,9	2,2	0,9	2,3	0,9	2,4	0,9	2,1	0,9	4,3	334,1	290,6
Курчатов	1,0	2,2	1,4	4,2	1,1	4,0	1,4	3,6	1,0	2,3	1,0	3,3	0,9	3,4	1,1	3,8	1,1	3,2	1,1	2,8	1,2	2,7	1,1	4,6	1,1	4,6	402,7	386,7
Льгов	0,9	3,7	1,1	3,1	0,9	3,7	1,0	3,3	0,7	2,9	1,0	3,2	0,9	2,7	0,8	2,1	0,7	2,6	1,0	4,5	1,0	2,6	0,7	1,8	0,9	4,5	321,0	337,6
Обоянь	0,7	1,7	1,1	3,8	0,9	2,3	0,6	2,4	1,0	3,2	0,6	2,1	1,0	3,1	1,2	3,3	1,2	4,5	1,1	2,9	1,0	2,8	1,2	5,2	0,9	5,2	345,5	371,6
Фатеж	1,6	4,4	1,5	5,6	1,0	5,5	1,3	3,8	1,1	3,0	0,7	2,2	0,9	3,2	1,0	2,4	1,0	3,8	1,3	3,6	1,1	2,7	0,9	2,9	1,1	5,6	409,8	323,3

Таблица - Результаты гамма - спектрометрического анализа проб атмосферных выпадений по зоне наблюдения 12 за 2022-2023

г.г.

Месяц	Поверхностная активность Бк / (м ² х месяц)													
	Зона 12 за 2022 г..							Зона 12 за 2023 г..						
	Cs-137	Cs-134	Be-7	K-40	Ra-226	Pb-210	Th-232	Cs-137	Cs-134	Be-7	K-40	Ra-226	Pb-210	Th-232
Январь	0,06		15	2,1	0,29	22				17		0,89	19	
Февраль	0,04		18		0,49	18				12	2,4		21	
Март	0,03	0,397	16		0,57	16				22	2,5	0,29	19	
Апрель			41		0,62	19	0,11			51	3,0	0,60	18	
Май	0,12		35		0,52	16	0,29			28	3,8	0,56	16	0,15
Июнь	0,04		31		0,29	21				110		0,25	140	
Июль	0,05		49	1,4		18				36			19	
Август	0,24		258		2,86	67	0,52	0,07		31	6,7	0,26	19	0,11
Сентябрь	0,04		45			22	0,16	0,05		10	5,6	0,30		
Октябрь	0,03		31	1,6	0,32	21	0,23	0,06		35	3,5	0,70	21	
Ноябрь			22		0,51	19				31		1,14	21	
Декабрь			29		0,35	27				13	2,9	0,51	21	0,27

Зона 12 - Курск, Льгов, Обоянь (Курская АЭС).

Таблица- Результаты измерений суммарной бета – активность снега и талой воды в 20-километровой зоне Курской АЭС
в 2022-2023 г.г.

Пункт	Местоположение	Поверхностная активность снега, Бк/м ²			Объёмная активность талой воды, Бк/л			Поверхностная активность снега, Бк/м ²			Объёмная активность талой воды, Бк/л		
		среднее	макс.	среднее 2021 г.	среднее	макс.	среднее 2021 г.	среднее	макс.	среднее 2022 г.	среднее	макс.	среднее 2022 г.
		2022 г.	2022 г.		2022 г.	2022 г.		2023 г.	2023 г.		2023 г.	2023 г.	
1	3 км к юго-западу от д. Дичня	1,11	1,63	0,24	0,098	0,06	0,014	0,65	1,42	1,11	0,039	0,085	0,06
2	600 м к юго-западу от д. Лукашевка	0,31	0,43	0,32	0,019	0,026	0,02	0,44	0,95	0,31	0,026	0,057	0,019
4	Северная окраина д. Иваново	0,36	0,39	1,07	0,017	0,023	0,064	0,34	0,51	0,36	0,02	0,03	0,017
5	Западная окраина д. Большие Угоны	0,86	1,59	0,55	0,044	0,08	0,033	0,71	0,71	0,86	0,043	0,091	0,044
7	Северо-восточный выезд д. Макаровка	1,34	1,37	0,79	0,074	0,078	0,048	0,82	1,86	1,34	0,049	0,112	0,074
8	3 км к востоку от д. Макаровка	0,35	0,5	0,41	0,014	0,015	0,024	1,41	3,5	0,35	0,085	0,21	0,014
10	0,5 км к востоку от п. Дроняевский	0,45	0,5	2,23	0,027	0,03	0,134	0,7	1,11	0,45	0,042	0,067	0,027
12	2 км к востоку от д. Дичня	0,27	0,37	0,36	0,016	0,022	0,021	0,61	1,23	0,27	0,037	0,074	0,016
13(фон)	Аэрологическая станция г. Курск	1,43	1,72	0,14	0,103	0,008	0,008	0,9	1,19	1,43	0,054	0,072	0,086
НП		0,3			0,002			0,3			0,002		

Таблица- Результаты измерений суммарной бета–активности проб воды рек и водоёмов в 20-километровой зоне Курской АЭС
в 2022-2023 г.г.

Река, водоём	Пункт	Значения суммарной бета-активности воды, Бк/л			Значения суммарной бета-активности воды, Бк/л		
		среднее	максимальное	среднее 2021 г.	среднее	максимальное	среднее 2022 г.
		2022 г.	2022 г.		2023 г.	2023 г.	
р. Сейм	№4. 100 м ниже сброса ливневой канализации	0,36	0,67	0,33	0,23	0,39	0,36
	№ 8. д. Малые Угоны	0,24	0,46	0,32	0,3	0,83	0,24
	№ 9. д. Анахино (фоновый створ)	0,31	0,71	0,27	0,21	0,29	0,31
Пруд – охладитель	№ 5. водозаборный канал	0,49	1,04	0,45	0,47	0,68	0,49
	№ 6. сбросной канал	0,5	0,95	0,59	0,49	1,02	0,5
Нижний предел диапазона измерений объёмной активности		0.02			0.02		

Таблица - Результаты гамма - спектрометрического анализа проб растительности в 20-ти километровой зоне Курской АЭС
за 2022-2023 г.г.

Номер пункта	Место-положение	Значение	Удельная активность, Бк/кг за 2022 г..						Значение	Удельная активность, Бк/кг за 2023 г..					
			Cs-137	Cs-134	Be-7	Th-232	Pb-210	K-40		Cs-137	Cs-134	Be-7	Th-232	Pb-210	K-40
1	3 км к юго-западу от д. Дичня	Среднее	3,25	1,25	163		245	295	Среднее	0,92		110	0,43	180	275
		Макс.	3,40	2,50	265		290	328	Макс.	1,48		175	0,85	190	292
		Сред. 2021 г.	2,7	1,2	94		180	563	Сред. 2022 г.	3,25	1,2	163		245	295
2	600 м к юго-западу от д. Лукашевка	Среднее			74	2,54		482	Среднее	1,54		92	0,14	190	251
		Макс.			131	2,90		500	Макс.	2,64		144	0,28	210	323
		Сред. 2021 г.			16	550,0		521	Сред. 2022 г.			74	2,54		482
4	Северная окраина д. Иваново	Среднее	1,60	1,35	157	0,45	205	405	Среднее	0,66		111		185	285
		Макс.	1,63	2,70	217	0,9	230	499	Макс.	1,32		175		200	363
		Сред. 2021 г.	3,05		104		95	650	Сред. 2022 г.	1,60	1,35	157	0,45	205	405
5	Западная окраина д. Большие Угоны	Среднее	1,57		161	0,90	110	320	Среднее			132		160	325
		Макс.	1,84		259	1,80	220	378	Макс.			217		170	326
		Сред. 2021 г.	0,8		99	0,45	170	475	Сред. 2022 г.	1,57		161	0,90	110	320
7	Северо-восточный выезд из д. Макаровка	Среднее			136		210	506	Среднее	1,36		88		175	259
		Макс.			229		230	600	Макс.	2,33		130		180	328
		Сред. 2021 г.			66		190	499	Сред. 2022 г.			136		210	506
8	3 км к востоку от д. Макаровка	Среднее	3,55		104	0,95	205	306	Среднее	2,09		44		190	271
		Макс.	3,7		155	1,90	220	366	Макс.	3,09		59		200	336
		Сред. 2021 г.	0,6		58	1,90	200	580	Сред. 2022 г.	3,55		104	0,95	205	306
10	0.5 км к востоку от п. Дроняевский	Среднее	0,94	1,35	137	0,40	90	408	Среднее	2,46		85		70	355
		Макс.	1,10	2,70	199	0,80	180	421	Макс.	2,74		137		140	520
		Сред. 2021 г.	0,35		29	1,20	210	620	Сред. 2022 г.	0,94	1,35	137	0,40	90	408
12	2 км к востоку от д. Дичня	Среднее	4,15	3,05	123	0,55		497	Среднее	2,06		113		170	239
		Макс.	4,40	6,10	180	1,10		540	Макс.	2,47		170		190	256
		Сред. 2021 г.	0,97	0,20	77	0,95		440	Сред. 2022 г.	4,15	3,05	123	0,55		497
13 (фон)	Аэрологическая станция Курск	Среднее	4,45		41			351	Среднее			41		170	241
		Макс.	4,50		54			460	Макс.			52		190	251
		Сред. 2021 г.	1,70		1552			520	Сред. 2022 г.	4,45		41			351