

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2025, Том 17, № 6 / 2025, Vol. 17, Iss. 6 <https://esj.today/issue-6-2025.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/55NZVN625.pdf>

1.6.21. Геоэкология (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Ерофеева, В. В. Оценка радиационной безопасности растительного сырья на пострадавших территориях Брянской области спустя 40 лет после аварии на ЧАЭС / В. В. Ерофеева, Ж. С. Жукова, И. А. Федоркина // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/55NZVN625.pdf>.

For citation:

Erofeeva V.V., Zhukova Zh.S., Fedorkina I.A. Assessment of the radiation safety of plant raw materials in the affected areas of the Bryansk region 40 years after the Chernobyl accident. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025;17(6): 55NZVN625. Available at: <https://esj.today/PDF/55NZVN625.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 574.43

Ерофеева Виктория Вячеславовна

ордена Трудового Красного Знамени ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики»,
Москва, Россия

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Москва, Россия
Доцент

Кандидат биологических наук, доцент

E-mail: erofeeva-viktori@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0236-1876>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=826181

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57208483833>

Жукова Жанна Сергеевна

ордена Трудового Красного Знамени ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики»,
Москва, Россия

Старший преподаватель

E-mail: assamblee@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9828-4413>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1061900

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57219179989>

Федоркина Ирина Анатольевна

ордена Трудового Красного Знамени ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики»,
Москва, Россия

Доцент

E-mail: i.a.fedorkina@mtuci.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3133-5295>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=564671

Оценка радиационной безопасности растительного сырья на пострадавших территориях Брянской области спустя 40 лет после аварии на ЧАЭС

Аннотация. Мониторинг качества сельскохозяйственной продукции, произведенной на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, является критически важной задачей для обеспечения продовольственной безопасности и защиты здоровья населения. Основные радионуклиды, такие как цезий-137 и стронций-90, представляют собой значительную угрозу из-за их длительного периода полураспада и способности накапливаться в тканях животных и растений. В статье рассматриваются

экологические и социальные последствия радиоактивного загрязнения Брянской области, вызванного аварией на Чернобыльской АЭС. Исследование посвящено мониторингу радиационной обстановки и оценке качества сельскохозяйственной продукции (на примере грибов и корнеплодов), произведенной на пострадавших территориях. В рамках экспедиционных исследований 2023–2024 гг. были отобраны пробы для изучения содержания радионуклидов (цезий-137 и стронций-90) в корнеплодах и грибах, собранных в районах с различной плотностью радиоактивного загрязнения. Установлено, что в отдельных пробах уровень радионуклидов превышает допустимые нормы, что создает угрозу для безопасности продуктов питания. В частности, в лисичках из Красногорского района концентрация цезия-137 оказалась в три раза выше допустимых значений. Полученные результаты подчеркивают важность продолжения радиационного мониторинга и контроля за продукцией, произведенной на загрязненных территориях. Авторы акцентируют внимание на необходимости разработки комплексных подходов к обеспечению радиационной безопасности. Представленные данные могут быть использованы для улучшения системы контроля и выработки рекомендаций, направленных на защиту здоровья населения, особенно детей, и снижение рисков, связанных с радиационным загрязнением. Исследование имеет значимость для повышения экологической безопасности региона и обеспечения устойчивого развития сельских территорий.

Ключевые слова: авария на ЧАЭС; радиоэкологическая безопасность; цезий-137; стронций-90; загрязнение почвы; сельскохозяйственная продукция; дикорастущие растения; мониторинг окружающей среды; Брянская область; поглощение радионуклидов

Введение

Радиоактивность — это естественное явление. Существует множество естественных источников ионизирующего излучения. Радиоактивные вещества широко применяются в различных сферах человеческой деятельности, что приводит к рискам. Деятельность, связанная с использованием радиоактивных материалов, должна осуществляться в строгом соответствии с нормами безопасности, а ответственность возложена на государство. В случае чрезвычайных ситуаций радиационные риски носят глобальный характер. Меры по обеспечению безопасности населения и окружающей среды разработаны ведущими природоохранными органами — МАГАТЭ и Программой ООН по окружающей среде [1].

Авария на чернобыльской атомной станции привела к крупному региональному выбросу радионуклидов в атмосферу. Последующее радиоактивное загрязнение окружающей среды затронуло множество стран, но наиболее пострадавшими оказались Беларусь, Украина и Российская Федерация. Радиационное загрязнение затронуло атмосферу, водную и земную среды. В выбросах были ^{131}I , ^{137}Cs и другие радиоизотопы цезия, ^{90}Sr и радиоизотопов плутония. Большая часть выброшенных радионуклидов были с коротким периодом полураспада и не представляют сейчас опасности. Наибольшее значение имеют ^{137}Cs и ^{90}Sr (вблизи зоны аварии) [1].

После аварии на Чернобыльской атомной станции прошло почти 40 лет, но последствия до сих пор представляют опасность для человека, около 5 миллионов человек проживают на территориях, загрязнённых в результате аварии. Загрязнению подверглось 18 регионов Российской Федерации. Сразу после аварии активно применялись контрмеры для восстановления земель хозяйственного пользования, со временем эти усилия были ослаблены и с середины 90-х годов реабилитация территорий не проводилась.

Изначально загрязнение коснулось атмосферы, потом радионуклиды стали проникли в слои почвы (^{137}Cs является наиболее экологически значимым, прочно фиксируется в почве¹) и началось косвенное загрязнение растительности вследствие поглощения радионуклидов корнями растений. Именно этот процесс имеет важное значение. ^{137}Cs поглощается растениями, количество других радионуклидов либо очень мало, либо они не всасываются из почвы [1]. На интенсивность поглощения радионуклида влияет ряд факторов: свойства самого радионуклида, особенности почв, способ использования почв, особенности растений, особенности местности, ландшафта, погодные условия и т. п.

В первые годы после аварии наблюдалось значительное снижение уровня движения радионуклидов по трофическим уровням за счёт выветривания, миграции в грунте, оседания на дно водоёмов, физического распада. Но период спада сменился периодом стагнации и существенного снижения содержания радионуклидов последние десятилетия не наблюдается, скорость остаётся близкой к 3–7 % в год [1].

На миграцию и перераспределение радионуклидов влияют свойства почв, экосистем, тип земледелия, переходу в более низкие слои грунта способствует ведение интенсивного сельского хозяйства. Наибольшую опасность представляют частные приусадебные хозяйства, где обработка земель не интенсивна, а выпас скота ведётся на естественных пастбищах [1]. В природных фитоценозах радионуклиды возвращаются в почву с отмершими частями растений, в то время как в агроценозах происходит их вынос.

Таким образом несмотря на то, что после катастрофы прошло много лет, проблема радиационного загрязнения регионов, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС остаётся актуальной. Остаются участки с повышенным содержанием радионуклидов в почве [1].

Авария привела к обширному загрязнению сельскохозяйственных земель. Выращивание продукции на этой территории может быть опасно для здоровья [2]. Основными источниками поступления радионуклидов в организм человека по биологической цепи являются сельскохозяйственные животные. При этом молоко и молочные продукты в условиях загрязнения территории и, соответственно, загрязнения рациона животных, являются основными источниками радионуклидов. А их поставщиками в молоко являются естественные пастбища, где в верхних слоях почвы сосредоточена основная масса ^{137}Cs [3; 4].

Согласно мировым данным различные растения по-разному накапливают радионуклиды. Например, мхи накапливают нуклидов в 10 раз больше, чем природные травы. Древесные растения накапливают радионуклиды в листьях и коре. Злаковые культуры, как и древесные, накапливают радионуклиды на поверхности зёрен. Листовые овощи накапливают значительно больше радионуклидов, чем корнеплоды и фрукты (рис. 1) [5; 6].

На территории Брянской области заражению подверглись более 800 населённых пунктов со средней численностью населения свыше 400 тысяч человек [7]. На поверхности осели радиоактивные материалы из ядерного реактора, основные из которых — цезий-137, стронций-90. Период их полураспада составляет около 30 лет, таким образом практически половина радиоактивных элементов находится в окружающей среде пострадавших районов, и на протяжении всего срока включена в биотический круговорот. Наибольшей биодоступностью обладает цезий-137. Он накапливается в растениях, продвигается по пищевой цепочке и попадает к человеку [8].

¹ Романцова, Н.А. Особенности биогеохимических циклов цезия-137 в травянистых экосистемах на радиоактивно загрязненной территории Тульской области: специальность 03.02.08 "Экология (по отраслям)": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Романцова Наталья Александровна. — Москва, 2012. — 24 с. — EDN QIIVMJ (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19286317>).

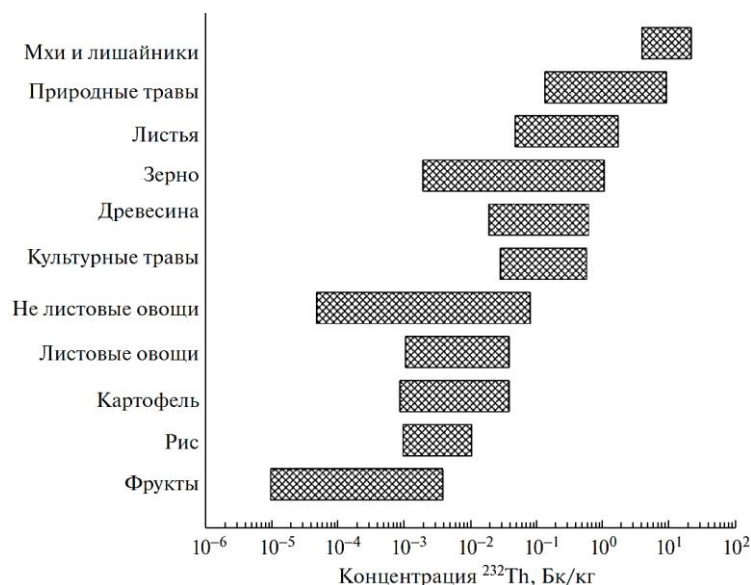


Рисунок 1. Содержание ^{232}Th в различных группах растений [5]

Постепенная реабилитация покинутых территорий с целью дальнейшего использования их для производства сельскохозяйственной продукции является актуальным вопросом безопасности современной России. Процесс реабилитации требует не только мер по восстановлению почвы и животноводства, но и постоянного мониторинга радиационной обстановки, безопасности производимой продукции, состояния окружающей среды и контроля здоровья населения, проживающего на потенциально опасных территориях.

В связи с этим исследование биоты Брянской области с точки зрения радиационной безопасности является актуальным направлением исследований. Мониторинг растительного сырья, полученного на пострадавших территориях, является мерой, контроля рисков для местного населения и потребителей сельскохозяйственной продукции из других регионов.

Целью исследования является оценка радиационной безопасности продукции на территории Брянской области. Для исследования были взяты образцы дикорастущего и выращенного на личных подсобных хозяйствах растительного сырья из нескольких регионов области.

Новизна и актуальность исследования

Новизна исследования заключается в комплексном подходе к оценке уровня радиационного загрязнения. Были получены данные для образцов сельскохозяйственной продукции и дикорастущих растений, проведён сравнительный анализ результатов, что позволило выявить закономерности и оценить уровень реабилитации земель с интенсивным уровнем ведения сельского хозяйства. В работе впервые проведено сравнение накопления нуклидов в дикорастущих растениях и выращенных на обрабатываемых сельскохозяйственных землях на территории одного региона. Это позволяет сравнить степень реабилитации экосистем в естественных условиях и при интенсивной обработке почв.

Материалы и методы

Объектом исследования стали проб растений Унечского района Брянской области: сельскохозяйственной продукции (редис, свёкла, сельдерей), выращенные в личных подсобных хозяйствах, и пробы дикорастущих трав (лопух) и кустарников, которые могут быть съедены при выпасе скота.

Подготовка проб к измерениям выполнена в соответствии с МУК 2.6.1.1194-03 Радиационный контроль. Стронций-90 и Цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка.

Измерения удельной активности гамма-излучения радиоцезия в нативных пробах выполнены в лаборатории кафедры «Экология» Московского технического университета связи и информатики на спектрометрической установке МКС-01А «МУЛЬТИРАД» с гамма-спектрометрическим трактом «МУЛЬТИРАД-гамма» (блок детектирования БДКС 63-01).

Результаты исследования и обсуждение

Для проведения экспериментов были отобраны образцы сельскохозяйственных и дикорастущих растений в Унечском районе Брянской области. В рамках настоящего исследования в пробах было проведено измерение удельной активности радионуклидов цезия-137 и стронция-90. Повышение достоверности данных было достигнуто проведением анализа в трёх параллелях ($n = 3$). Результаты были усреднены и представлены с указанием стандартного отклонения. Для подтверждения наличия статистически значимых различий ($p < 0,05$) содержания радионуклидов в пробах проведён однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA).

Содержание радионуклидов варьировалось в пределах от 35 до 81 Бк/кг по цезию-137 и от 65 до 75 Бк/кг по стронцию-90. Наибольшее накопление зафиксировано в образцах кустарников и дикорастущих растений, что подтверждает гипотезу о большей аккумулятивной способности непахотных территорий. Проведён корреляционный анализ между содержанием цезия-137 и стронция-90. Коэффициент корреляции Пирсона составил $r = 0,76$ ($p < 0,01$), что свидетельствует о положительной взаимосвязи между этими показателями в исследуемых образцах.

Полученные результаты сопоставимы с результатами аналогичных исследований в других регионах России и стран, пострадавших от катастрофы на черновобильской АЭС [4; 6; 9–12], что позволяет подтвердить воспроизводимость наблюдаемых тенденций.

Выявленные различия в уровне накопления радионуклидов между различными растениями на разных видах почв. Это требует учёта при разработке рекомендаций по ведению сельского хозяйства.

Для измерения удельной активности гамма-излучения цезия-137 и бета-излучения стронция-90 были взяты пробы свеклы, редиса, сельдерея, дикорастущих лопуха и кустарников. Для определения гамма-излучения брались пробы в количестве 1 кг продукции, которая измельчалась до кусков не более 1 см по каждой стороне. Для определения бета-излучения размер пробы составлял 10 г. Результаты измерений приведены в таблице 1:

Таблица 1

Содержание цезия-137 и стронция-90 в образцах растений Унечского района Брянской области

Объект исследования	Свёкла (120)	Редис (120)	Сельдерей	Лопух	Кустарник
Плотность загрязнения ^{137}Cs , Ки/км ²	5–15				
Содержание ^{137}Cs , Бк/кг	35	41	47	58	81
Нормативное значение содержания ^{137}Cs (по СанПиН 2.3.2.1078-01), Бк/кг	80				
Содержание ^{90}Sr , Бк/кг	65	70	68	73	75
Нормативное значение содержания ^{90}Sr (по СанПиН 2.3.2.1078-01), Бк/кг	40				

Составлено авторами

Определение соответствия продукции критериям радиационной безопасности проводится по ГОСТ 32161-2013 «Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137». Для этого рассчитывают показатель соответствия и неопределённость его распределения для цезия и стронция. Результаты расчетов по исследуемым пробам представлены в таблице 2:

Таблица 2

Радиационный показатель соответствия В и неопределенность его определения ΔВ

Объект исследования	Плотность загрязнения ^{137}Cs , Ки/км ²	Содержание ^{137}Cs , Бк/кг	Содержание ^{90}Sr , Бк/кг	В ± ΔВ
Свёкла	5–15	35	65	0,81 ± 0,09
Редис	5–15	41	70	0,92 ± 0,10
Сельдерей	5–15	47	68	1,00 ± 0,11
Лопух	5–15	58	73	1,15 ± 0,12
Кустарник	5–15	81	75	1,42 ± 0,13

Составлено авторами

Проведённые измерения и расчёты показывают следующие результаты. Почвы, на которых ведётся интенсивное земледелие, восстанавливаются быстрее, чем необрабатываемые. Кустарники и растения, произрастающие вдали от поселений, хоть и соответствуют критериям радиационной безопасности, то по верхней границе. Корнеплоды и зелёные части растений, собранные в частных подсобных хозяйствах, соответствуют критериям радиационной безопасности. Однако содержание радионуклидов в данной продукции довольно высоко.

Заключение

В данном исследовании представлена оценка уровня загрязнения растений на основе проб дикорастущих и сельскохозяйственных растений, произрастающих на территориях Брянской области, пострадавших от долговременного радиоактивного загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Данные, полученные от полевых экспедиций, проведенных в 2024–2025 годах, подтверждают наличие значительных уровней радионуклидов, в частности цезия-137 и стронция-90.

Представленные данные могут служить научной основой для формирования санитарно-гигиенических регламентов и рекомендаций по ведению сельскохозяйственной деятельности на территориях с остаточным радиационным фоном.

Результаты исследований показывают, что в Брянской области сохраняется устойчиво высокий уровень загрязнения радионуклидами, особенно в почвах, не подверженных интенсивному земледелию. Это создаёт потенциальные риски для продовольственной безопасности и здоровья людей, потребляющих заражённую продукцию.

Таким образом несмотря на то, что авария произошла около 40 лет назад, остаётся необходимость непрерывного мониторинга и радиологического контроля на территориях за состоянием почв, лесов, водоёмов и получаемой сельскохозяйственной продукцией. А также проведения социальной политики, направленной на поддержку и минимизацию рисков для уязвимых групп населения, проживающих в районах радиационного заражения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марченко, Т.А. Международные проекты МАГАТЭ по преодолению последствий аварии на Чернобыльской АЭС / Т.А. Марченко // Технологии гражданской безопасности. — 2023. — Т. 20, № 5. — С. 23–27. — EDN JPUEFM (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53927090>).

2. Радиационная обстановка в зоне аварии на Чернобыльской АЭС и динамика ее изменения за 35 лет. / Фисенко С.В., Санжарова Н.И., Кашпаров В.А., Цибулько Н.Н., Ратников А.Н. // Труды ФГБНУ ВНИИРАЭ. 2021. С. 7–16 (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50448447>).
3. Романенко, А.А. Зависимость поступления цезия-137 в молоко коров от высоты скармливания травостоя / А.А. Романенко // Вестник аграрной науки. — 2025. — № 1(112). — С. 21–26. — DOI 10.24412/2587-666X-2025-1-21-26. — EDN JECIIM (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82312738>).
4. Сравнительный анализ биологической миграции цезия-137 и стабильного калия в агроценозах черноземной зоны / О.Л. Комиссарова, Т.А. Парамонова, Н.В. Кузьменкова [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. — 2022. — № 4. — С. 20–30. — EDN LFCQYP (<https://elibrary.ru/item.asp?id=50178096>).
5. Фесенко, С.В. Содержание тория в растениях: Обзор мировых данных / С.В. Фесенко, Е.С. Емлютина // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2022. — Т. 62, № 4. — С. 434–445. — DOI 10.31857/S086980312204004X. — EDN JUQQXT (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48868476>).
6. Распределение цезия-137 по компонентам лесного насаждения / А.В. Домненкова, И.Т. Ермак, Г.А. Чернушевич, С.В. Киселев // Технология органических веществ: Материалы 87-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 31 января — 17 февраля 2023 года / Отв. за издание И.В. Войтов. — Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2023. — С. 62–64. — EDN JTVBLY (<https://elibrary.ru/item.asp?id=50420732>).
7. Омаров М.С., Омарова К.М., Есеева Г.К. Возможность применения ионизирующей радиации для обработки пищевых продуктов // Проблемы продовольственной безопасности (EPFS 2023): Материалы Международной научно-практической конференции: В 2-х частях, Горки, 19–21 января 2023 года. Часть 1. — Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. — С. 192–197. — EDN DVOBPB (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54704714>).
8. Содержание цезия-137 в картофеле, выращенном в южных районах Калужской области, в отдаленный период времени после аварии на ЧАЭС / Г.А. Кулиева, В.В. Ерофеева, А.А. Киричук [и др.] // Проблемы региональной экологии. — 2023. — № 4. — С. 5–10. — DOI 10.24412/1728-323X-2023-4-5-10. — EDN IFXCNG (<https://elibrary.ru/item.asp?id=54907265>).
9. Буриев, Н.Н. Техногенный радионуклид цезий-137 в пищевых дикорастущих растениях Таджикистана / Н.Н. Буриев, Н.Т. Буриев, Т. Давлатшоев // Символ науки: международный научный журнал. — 2018. — № 4. — С. 7–8. — EDN WBIESD (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32748879>).
10. Колчанов, Р.А. Содержание цезия-137 в лекарственных растениях на территории Белгородской области / Р.А. Колчанов, А.Ф. Колчанов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. — 2009. — № 11-2(66). — С. 14–17. — EDN MULVHX (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15192377>).
11. Климова Е.В. Влияние различных способов перезалужения кормовых угодий на поступление радионуклидов в урожай многолетних трав // Экологическая безопасность в АПК. 2004. № 2. С. 320 (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=8373292>).

12. Действие калийных удобрений на содержание в зеленой массе многолетних трав цезия-137 / Н.М. Белоус, Ю.А. Анишина, В.Ф. Шаповалов, Е.В. Смольский // Агроконсультант. — 2012. — № 1(2012). — С. 30–40. — EDN XIOUOZ (<https://elibrary.ru/item.asp?id=27718743>).

Erofeeva Victoria Vyacheslavovna

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia
E-mail: erofeeva-viktori@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0236-1876>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=826181

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57208483833>

Zhukova Zhanna Sergeevna

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia
E-mail: assamblee@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9828-4413>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1061900

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57219179989>

Fedorkina Irina Anatolyevna

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia
E-mail: i.a.fedorkina@mtuci.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3133-5295>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=564671

Assessment of the radiation safety of plant raw materials in the affected areas of the Bryansk region 40 years after the Chernobyl accident

Abstract. Monitoring the quality of agricultural products produced in areas affected by radioactive contamination due to the Chernobyl NPP accident is a critically important task for ensuring food security and protecting public health. The main radionuclides, such as cesium-137 and strontium-90, pose a significant threat due to their long half-life and ability to accumulate in the tissues of animals and plants.

This article examines the ecological and social consequences of radioactive contamination in the Bryansk region caused by the Chernobyl accident. The study focuses on monitoring the radiation situation and assessing the quality of agricultural products (using mushrooms and root vegetables as examples) produced in the affected areas.

As part of field studies conducted in 2023–2024, samples were collected to analyze the content of radionuclides (cesium-137 and strontium-90) in root vegetables and mushrooms gathered in areas with varying levels of radioactive contamination. It was found that in certain samples, radionuclide levels exceeded permissible limits, posing a threat to food safety. In particular, chanterelle mushrooms from the Krasnogorsky district showed cesium-137 concentrations three times higher than the allowed values.

The results highlight the importance of continuing radiation monitoring and control of products originating from contaminated areas. The authors emphasize the need to develop comprehensive approaches to ensuring radiation safety. The presented data can be used to improve the control system and develop recommendations aimed at protecting public health — especially that of children — and reducing the risks associated with radioactive contamination. This study is significant for enhancing the environmental safety of the region and ensuring the sustainable development of rural areas.

Keywords: Chernobyl accident; radioecological safety; cesium-137; strontium-90; soil contamination; agricultural products; wild plants; environmental monitoring; Bryansk region; radionuclide uptake