

ЯДЕРНАЯ, РАДИАЦИОННАЯ И
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
NUCLEAR, RADIATION AND
ENVIRONMENTAL SAFETY

<https://doi.org/10.26583/gns-2026-02-02>

УДК 628.5:621.039

EDN CFXVIF

Оригинальная статья / Original paper



Радиационная обстановка и результаты мониторинга
30-км зоны Ростовской АЭС

А.О. Серко¹  , А.А. Лапкис² 

¹Федеральное медико-биологическое агентство (ФМБА России), г. Волгодонск, Ростовская обл.,
Российская Федерация

²Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного
университета «МИФИ», г. Волгодонск, Ростовская обл., Российская Федерация
 mysi4ka90@mail.ru

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена необходимостью верификации данных радиационного мониторинга и объективной оценки радиационной безопасности населения в 30-км зоне наблюдения Ростовской АЭС (РоАЭС). Цель работы – анализ межгодовой динамики радиационной обстановки по результатам систематических измерений за период 2021-2025 гг. Объектами исследования выступали атмосферные выпадения, почва и поверхностные воды (водоем-охладитель РоАЭС и Цимлянское водохранилище) в контрольных пунктах г. Волгодонск и г. Цимлянск. Применялись методы гамма-спектрометрии и радиохимического анализа для определения суммарной β -активности и удельной активности техногенных (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{131}I) и естественных (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) радионуклидов. Статистическая обработка включала непараметрический критерий Манна-Кендалла, оценку наклона Сена, корреляционный анализ (Пирсон/Спирмен), парный тест Вилкоксона и кросс-корреляцию с временными лагами. Среднегодовые значения удельной активности радионуклидов в атмосферных выпадениях ($\Sigma\beta$, ^{137}Cs) стабильно соответствовали фоновым диапазонам для европейской части России (43-47% от верхней границы регионального фона). Содержание ^{137}Cs в почве (1-6 Бк/кг) и воде (0,3-0,7 Бк/кг) не превышало уровней, обусловленных глобальными выпадениями, и находилось на 1-2 порядка ниже нормативов для питьевой воды. Статистический анализ не выявил значимых монотонных трендов ни по одному из контролируемых параметров (все $p > 0,10$), а также значимых различий между пунктами наблюдения. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии значимого техногенного вклада РоАЭС в радиационную обстановку зоны наблюдения. Впервые для данного региона представлен непрерывный пятилетний ряд измерений с применением современных методов непараметрической статистики, что позволяет перейти от описательного мониторинга к количественной оценке устойчивости радиационного фона.

Ключевые слова: радиационная обстановка, мониторинг, 30-км зона, Ростовская АЭС, атмосферные выпадения, почва, вода, Цимлянское водохранилище, цезий-137, экологическая безопасность

Для цитирования: Серко А.О., Лапкис А.А. Радиационная обстановка и результаты мониторинга 30-км зоны Ростовской АЭС. *Глобальная ядерная безопасность*. 2026;16(2):16-26. <https://doi.org/10.26583/gns-2026-02-02>

For citation: Serko A.O., Lapkis A.A. Radiation environment and monitoring results within the 30 km zone of the Rostov NPP. *Nuclear Safety*. (In Russ.). 2026;16(2):16-26. <https://doi.org/10.26583/gns-2026-02-02>

Radiation environment and monitoring results within the 30 km zone
of the Rostov NPP

Alevtina O. Serko¹  , Alexander A. Lapkis² 

¹Federal Medical and Biological Agency (FMBA of Russia), Volgodonk, Rostov region, Russian Federation

²Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
Volgodonsk, Rostov region, Russian Federation

 mysi4ka90@mail.ru

Abstract. The relevance of this study is determined by the need to verify radiation monitoring data and to provide an objective assessment of radiation safety of the population residing within the 30-km surveillance zone of the Rostov Nuclear Power Plant (RoNPP). The objective is to analyze interannual dynamics of the radiation situation based on systematic measurements performed during 2021-2025. The study objects include atmospheric fallout, soil, and surface water (the RoNPP cooling pond and Tsimlyansk Reservoir) sampled at control points in Volgodonsk and Tsimlyansk. Gamma spectrometry and radiochemical analysis are applied to determine total β -activity and specific activity of technogenic (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{131}I) and natural (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) radionuclides. Statistical processing employs the non-parametric Mann-Kendall test, Sen's slope estimation, correlation analysis (Pearson/Spearman), paired Wilcoxon signed-rank test, and cross-correlation with temporal lags. Average annual values of radionuclide specific activity in atmospheric fallout ($\Sigma\beta$, ^{137}Cs) consistently remain within background ranges typical for the European part of Russia (43-47% of the upper regional background boundary). ^{137}Cs content in soil (1-6 Bq/kg) and water (0.3-0.7 Bq/kg) do not exceed levels attributable to global fallout and is 1-2 orders of magnitude below drinking water standards. Statistical analysis reveals no significant monotonic trends for any monitored parameter (all $p > 0.10$) and no significant differences between sampling locations. In conclusion, the obtained data indicate the absence of a significant technogenic contribution from the RoNPP to the radiation situation in the surveillance zone. A continuous five-year measurement series is presented with application of modern non-parametric statistical methods for the first time in this region, enabling a transition from descriptive monitoring to quantitative assessment of radiation background stability.

Keywords: radiation environment, monitoring, 30 km zone, Rostov NPP, atmospheric fallout, soil, water, Tsimlyansk Reservoir, cesium-137, environmental safety

Оценка радиационного воздействия атомных электростанций на окружающую среду остается одной из ключевых задач ядерной безопасности на протяжении всего периода эксплуатации объектов. Необходимость систематического мониторинга обусловлена как требованиями действующего российского законодательства – Федерального закона от 09.01.1996 №3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» и норм радиационной безопасности НРБ-99/2009 (СанПиН 2.6.1.2523-09), – так и международными стандартами МАГАТЭ в области радиационной защиты^{1,2}.

На территории Российской Федерации функционирует Единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки (ЕГАСМРО), объединяющая ведомственные и территориальные сети наблюдений и обеспечивающая информационную поддержку органов государственной власти в сфере радиационной безопасности. На всех АЭС России действуют автоматизированные системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) серии «Атлант», интегрированные в отрас-

левую подсистему с центральным пультом в Кризисном центре АО «Концерн Росэнергоатом»³. Ключевая роль в независимой оценке состояния окружающей среды отведена лабораториям Федерального медико-биологического агентства (ФМБА России), в частности – ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии №5» (г. Волгодонск).

Международный опыт убедительно демонстрирует, что долгосрочный мониторинг является необходимым условием объективной оценки воздействия АЭС на экосистемы. Масштабное исследование, проведенное в районе расположения китайской АЭС «Цзиньшань» (Qinshan NPP) в течение девяти лет наблюдений (2012-2020 гг.), показало, что уровни радиоактивности в питьевой воде и накопленные дозы по данным термолюминесцентных дозиметров стабильно соответствовали природному фону, а годовые эффективные дозы облучения населения оставались ниже референтного уровня 0,1 мЗв/год [1]. Аналогичные выводы получены в исследовании радиационной обста-

¹ Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СанПиН 2.6.1.2523-09. М.: Роспотребнадзор, 2009.

² Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). СП 2.6.1.2612-10. М.: Роспотребнадзор, 2010.

³ Росэнергоатом. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) на АЭС России. Единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки (ЕГАСМРО). – Режим доступа: https://www.rosenergoatom.ru/safety_environment/obespechenie-bezopasnosti/radiatsionnyy-kontrol/ (дата обращения: 15.01.2026).

новки в районе АЭС «Саньмэнь» (Sanmen NPP, Китай): статистический анализ поквартальных данных 30 мониторинговых пунктов за период 2014-2021 гг. не выявил значимого тренда роста накопленных доз, что авторы расценивают как подтверждение стабильности радиационной обстановки при нормальной эксплуатации реактора [2]. Задача оптимизации сетей радиационного мониторинга в районах расположения АЭС активно разрабатывается в зарубежной литературе: с использованием ансамблевого моделирования переноса радионуклидов и алгоритмов машинного обучения предложены новые стратегии оптимального размещения измерительных постов для повышения эффективности аварийного реагирования [3].

Радиационный мониторинг в районе расположения РоАЭС проводится систематически с 1999 года – еще до ввода в эксплуатацию первого энергоблока. В работе И.Г. Шумского и С.А. Романовой (2012) было показано, что при работе энергоблока №1 на мощности выше номинальной (104%) влияние газоаэрозольных выбросов РоАЭС на объемную активность радионуклидов в приземном слое воздуха и атмосферных выпадениях отсутствовало, а мощность дозы гамма-излучения находилась в пределах фона региона (0,08-0,11 мкЗв/час) [4]. Методом биоиндикации (*Allium* сера) Е.И. Шиманская с соавторами (2013) выявили отдельные участки с повышенной генотоксичностью почвы в 30-км зоне, связанные не с деятельностью АЭС, а с сельскохозяйственными предприятиями [5]. Независимые радиоэкологические экспедиции Южного федерального университета, систематически проводимые с 2000 года под руководством лаборатории радиоэкологических исследований НИИ физики ЮФУ, по итогам полевых измерений 2023 года подтвердили, что радиационный фон вблизи РоАЭС остается на уровне природных значений и не изменился с допускового периода станции⁴.

Бубликова И.А., Цуверкалова О.Ф., Аксенова К.С. (2021) проанализировали радиационные факторы атмосферного воздуха в районе расположения РоАЭС за предшествующий период (2016-2020 гг.) и также не зафиксировали значимого влияния станции [6]. По сводным данным государственного мониторинга ФМБА России, в 2016-2023 гг. среднегодовые дозы облучения персонала РоАЭС были в 30-50 раз ниже отраслевого норматива (20 мЗв/год) и примерно вдвое ниже основного предела дозы для населения (1 мЗв/год) [7]. В настоящей работе акцент сделан на прямые радиометрические и спектрометрические измерения в ключевых объектах окружающей среды.

Актуальность настоящей работы определяется необходимостью верификации данных радиационного мониторинга и предоставления объективной оценки радиационной безопасности населения, проживающего в 30-километровой зоне наблюдения РоАЭС. Представленные материалы являются продолжением многолетнего временного ряда наблюдений: впервые публикуются результаты систематических замеров за пятилетний период 2021-2025 гг. по широкому спектру техногенных (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{131}I) и естественных (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) радионуклидов в атмосферных выпадениях, почве и водных объектах 30-км зоны наблюдения РоАЭС, что позволяет перейти от разрозненных годовых отчетов к анализу межгодовой динамики показателей и оценить устойчивость наблюдаемых тенденций.

Целью работы является анализ межгодовой динамики радиационной обстановки в 30-км зоне наблюдения РоАЭС по данным мониторинга, выполненного специалистами ФГБУЗ ЦГиЭ №5 ФМБА России за период 2021-2025 гг. Объектами исследования являлись атмосферные выпадения, почва и поверхностные воды (водоем-охладитель РоАЭС и Цимлянское водохранилище). Атмосферный воздух в данной работе не рассматривается в соответствии с принятой программой наблюдений.

⁴ Ученые ЮФУ зафиксировали отсутствие негативного влияния Ростовской АЭС на экосистемы донского края. – Коммерсантъ-Юг. – 2022. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/5447662> (дата обращения: 16.01.2026).

Методология

Аналитическая база – лаборатория радиологических исследований ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии № 5» ФМБА России (аккредитована). Статистическая обработка данных выполнена с использованием стандартных методов вариационной статистики.

Мониторинг осуществлялся на стационарных постах в г. Волгодонске и г. Цимлянске (Ростовская область). Отбор проб проводился по аттестованным методикам в соответствии с требованиями СанПиН 2.6.1.2523-09 (НРБ-99/2009): атмосферные выпадения собирались на планшеты-подложки с последующим измерением суммарной β -активности и гамма-спектрометрическим анализом на содержание ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{131}I ; пробы поверхностного слоя почвы (0-5 см) отбирались на 6 маршрутных точках в 30-км зоне и анализировались на содержание техноген-

ных и естественных радионуклидов (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra); пробы воды из пруда-охладителя РоАЭС и Цимлянского водохранилища исследовались на суммарную α - и β -активность, а также на содержание ^{137}Cs . Гамма-спектрометрический анализ выполнялся по методике, описанной в работах по радиоэкологическому мониторингу зоны наблюдения Волгодонской АЭС [7]. Статистическая обработка данных проводилась с применением стандартных методов вариационной статистики; для оценки межгодовых трендов применялся непараметрический критерий Манна-Кендалла, рекомендованный для анализа временных рядов экологических данных [8].

Результаты мониторинга

Результаты мониторинга бета-активности атмосферных выпадений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Среднегодовые значения удельной активности радионуклидов в атмосферных выпадениях за 2021-2025 гг. (Бк/м²), данные ФГБУЗ ЦГиЭ №5 ФМБА России

Table 1. Average annual values of the specific activity of radionuclides in atmospheric fallout for 2021-2025 (Bq/m²) according to data provided by the Federal State Budgetary Healthcare Institution «Centre for Hygiene and Epidemiology No. 5 of the Federal Medical and Biological Agency»

Химический элемент	Цимлянск (среднее/максимальное)	Волгодонск (среднее/максимальное)
2021		
$\Sigma\beta$	1,13±0,99 / 3,90±8,51	1,79±1,07 / 9,02±8,67
^{60}Co	1,84±6,06 / 10,05±8,23	1,45±6,12 / 3,70±8,34
^{137}Cs	1,09±5,19 / 3,81±6,66	1,63±5,15 / 3,65±6,39
^{134}Cs	2,23±4,43 / 7,36±5,85	2,34±4,48 / 8,58±6,06
^{131}I	2,26±5,67 / 6,34±7,50	2,06±5,61 / 6,21±7,42
2022		
$\Sigma\beta$	6,20 ± 0,89 / 12,54 ± 1,31	7,04 ± 0,93 / 14,38 ± 1,49
^{60}Co	2,20 ± 7,39 / 8,70 ± 8,76	1,02 ± 7,29 / 5,53 ± 9,09
^{137}Cs	1,47 ± 5,65 / 4,53 ± 7,05	0,89 ± 5,71 / 5,44 ± 6,11
^{134}Cs	4,19 ± 5,10 / 10,51 ± 6,41	2,31 ± 4,92 / 8,36 ± 5,45
^{131}I	3,68 ± 6,98 / 9,86 ± 8,07	1,59 ± 6,67 / 4,19 ± 7,21
2023		
$\Sigma\beta$	4,98 ± 0,64 / 9,02 ± 0,97	4,42 ± 0,65 / 9,26 ± 0,98
^{60}Co	1,42 ± 7,10 / 6,74 ± 9,94	1,67 ± 6,86 / 9,62 ± 8,95
^{137}Cs	0,65 ± 6,21 / 4,00 ± 11,80	0,89 ± 6,25 / 5,49 ± 12,50
^{134}Cs	2,20 ± 5,58 / 7,57 ± 12,20	4,93 ± 5,48 / 22,30 ± 8,50
^{131}I	2,37 ± 8,23 / 5,89 ± 22,50	2,82 ± 7,00 / 12,12 ± 12,40
2024		
$\Sigma\beta$	6,46 ± 0,75 / 12,12 ± 1,26	3,99 ± 0,55 / 6,97 ± 0,81
^{60}Co	1,53 ± 5,88 / 7,60 ± 11,00	0,56 ± 5,18 / 2,67 ± 7,43

Продолжение таблицы 1
Table 1 continuation

Химический элемент	Цимлянск (среднее/максимальное)	Волгодонск (среднее/максимальное)
^{137}Cs	$1,35 \pm 5,71 / 6,13 \pm 8,17$	$1,29 \pm 5,51 / 5,63 \pm 5,83$
^{134}Cs	$2,32 \pm 5,28 / 11,19 \pm 6,06$	$2,88 \pm 5,16 / 7,66 \pm 5,79$
^{131}I	$3,04 \pm 6,18 / 10,64 \pm 8,35$	$2,81 \pm 5,97 / 8,96 \pm 6,93$
2025		
$\Sigma\beta$	$4,38 \pm 0,55 / 5,95 \pm 0,66$	$4,22 \pm 0,54 / 8,15 \pm 0,89$
^{60}Co	$0,97 \pm 7,24 / 4,31 \pm 6,88$	$2,08 \pm 7,48 / 6,81 \pm 9,05$
^{137}Cs	$0,52 \pm 5,46 / 4,02 \pm 6,90$	$1,06 \pm 5,42 / 6,34 \pm 5,57$
^{134}Cs	$3,87 \pm 4,99 / 12,25 \pm 6,66$	$1,48 \pm 4,54 / 7,60 \pm 4,74$
^{131}I	$4,29 \pm 6,56 / 11,34 \pm 9,39$	$2,24 \pm 6,19 / 5,60 \pm 6,19$

Применение непараметрического критерия Манна-Кендалла, показанное в таблице 2, к пятилетним рядам среднегодовых значений удельной активности атмосферных выпадений не выявило статистически значимых монотонных трендов ни для одного из контролируемых радионуклидов ($\Sigma\beta$, ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{131}I) ни в Волгодонске, ни в Цимлянске (τ от $-0,60$ до $+0,60$, все $p > 0,10$). Наклоны Сена, описывающие величину изменения при наличии тренда, пренебрежимо малы по сравнению с абсолютными значениями показателей. Аналогичная картина наблюдается для водных объектов: ни для водоема-охладителя, ни для Цимлянского водохранилища тенденции к росту или снижению активности не зафиксированы ($p > 0,12$ для всех параметров).

Корреляционный анализ (критерии Пирсона и Спирмена) не обнаружил статистически значимой линейной или ранговой связи между значениями удельной активности в двух пунктах наблюдения для любого из исследуемых радионуклидов (все $p > 0,10$; $n = 5$). Пример корреляции показан на рисунке 2. Показательно, что высокий коэффициент Пирсона для $\Sigma\beta$ ($r = 0,789$) при $p = 0,112$ не достигает порога значимости вследствие малого объема выборки, то есть данный результат подлежит подтверждению по мере накопления данных. Парный знаковый ранговый тест Вилкоксона, примененный к пяти годовым наблюдениям (2021-2025), не

выявил статистически значимых различий между пунктами Волгодонск и Цимлянск ни по одному из контролируемых показателей атмосферных выпадений ($p > 0,30$ для всех параметров; при $n = 5$ порог достижимой мощности составляет $p = 0,0625$). Средние значения за период наблюдений по пунктам близки: $\Sigma\beta$ – $4,29$ и $4,63$ Бк/м², ^{137}Cs – $1,15$ и $1,02$ Бк/м², ^{134}Cs – $2,79$ и $2,96$ Бк/м² для Волгодонска и Цимлянского соответственно. Результат парного t-теста качественно согласуется с критерием Вилкоксона ($p > 0,19$ для всех параметров). Таким образом, гипотеза о равенстве уровней радиоактивного загрязнения атмосферных выпадений в двух пунктах наблюдения не может быть отвергнута, что указывает на единый региональный источник формирования фона – глобальный атмосферный перенос – при отсутствии локального вклада Ростовской АЭС.

Коэффициент вариации активности от 20 до 42% по всем параметрам и пунктам свидетельствует об умеренной межгодовой изменчивости, типичной для атмосферных выпадений в условиях естественного фона (влияние метеорологических условий, количества осадков).

Примеры незначимых трендов приведены на рисунке 1.

Результаты анализа активности радионуклидов в почве и водных объектах приведены в таблицах 3-6.

Таблица 2. Результаты анализа временных трендов (критерий Манна-Кендалла, 2021-2025 гг.), атмосферные выпадения

Table 2. Results of trend analysis (Mann-Kendall test, 2021-2025), atmospheric fallout

Параметр	Пункт	τ	p	Наклон Сена, Бк/(м ² ·год)	Тренд
$\Sigma\beta$	Волгодонск	0,00	1,000	+0,065	отсутствует
$\Sigma\beta$	Цимлянск	+0,20	0,807	+0,471	отсутствует
^{137}Cs	Волгодонск	-0,10	1,000	-0,057	отсутствует
^{137}Cs	Цимлянск	-0,40	0,462	-0,104	отсутствует
^{131}I	Волгодонск	+0,20	0,807	+0,131	отсутствует
^{131}I	Цимлянск	+0,60	0,221	+0,384	отсутствует

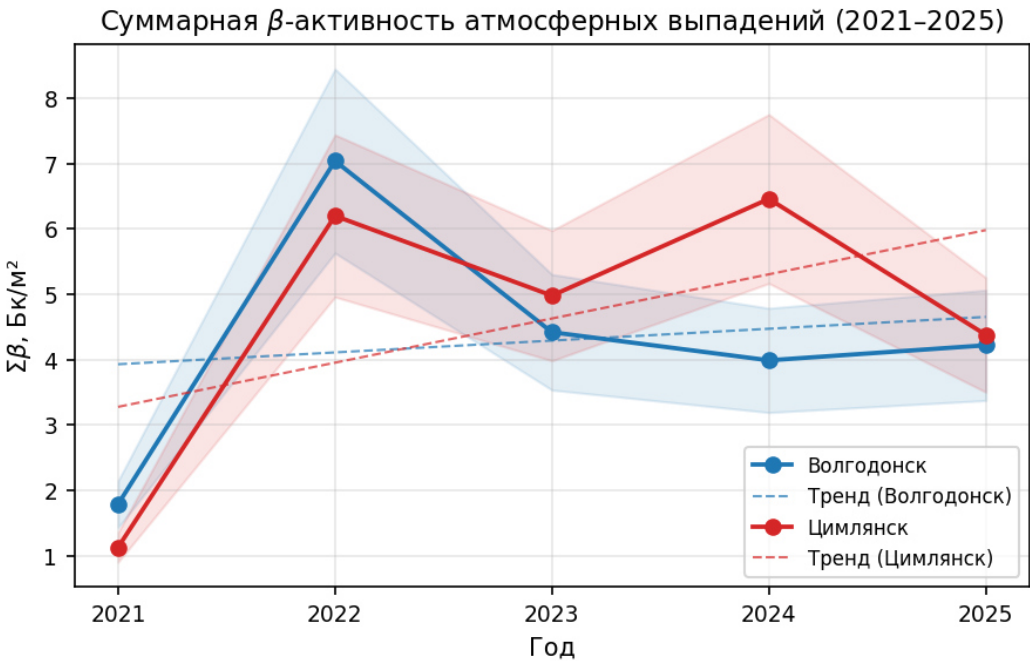


Рисунок 1. Тренды суммарной бета-активности атмосферных выпадений
Figure 1. Trends in the total beta activity of atmospheric fallout

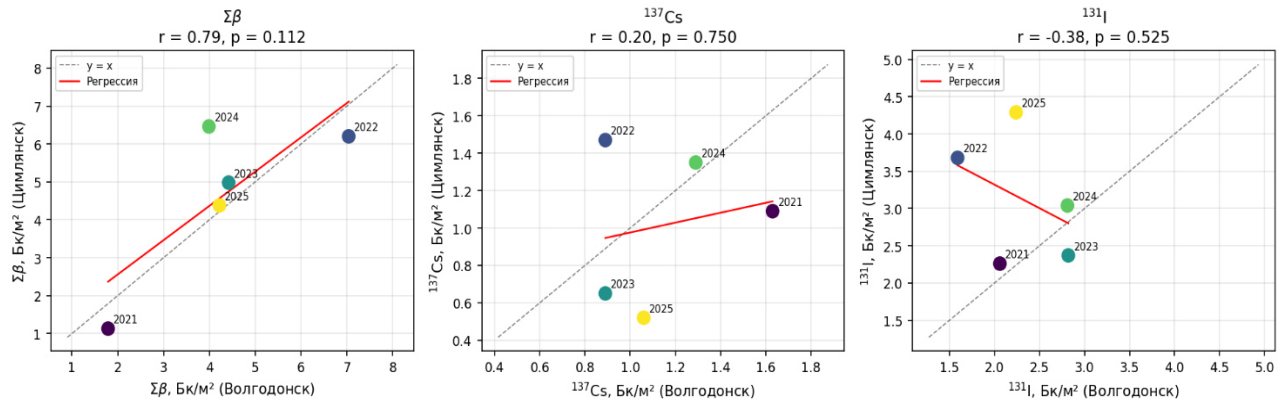


Рисунок 2. Корреляция активности атмосферных выпадений между населенными пунктами
Figure 2. Correlation of atmospheric precipitation activity between populated areas

Таблица 3. Среднегодовые значения удельной активности радионуклидов в почве за 2025 г. (ср./макс.), маршруты 1-6 (Бк/кг), данные ФГБУЗ ЦГиЭ №5 ФМБА России**Table 3.** Average annual values of the radionuclide activity concentration in soil for 2025 (average/maximum), routes 1–6 (Bq/kg) according to data provided by the Federal State Budgetary Healthcare Institution «Centre for Hygiene and Epidemiology No. 5 of the Federal Medical and Biological Agency»

Элемент	Маршрут 1	Маршрут 2	Маршрут 3	Маршрут 4	Маршрут 5	Маршрут 6
$\Sigma\beta$	175 / 206	178 / 202	192 / 201	169 / 175	186 / 201	119 / 206
^{137}Cs	1,0 / 1,9	6,0 / 9,2	4,4 / 7,0	3,4 / 4,1	1,0 / 1,7	0,7 / 2,2
^{60}Co	0,8 / 2,6	1,1 / 3,3	0,9 / 1,6	1,7 / 3,8	0,2 / 0,7	0,2 / 1,0

Таблица 4. Среднегодовые значения удельной активности радионуклидов в воде водоема-охладителя РоАЭС (2021-2025 гг.), данные ФГБУЗ ЦГиЭ №5 ФМБА России**Table 4.** Average annual values of the radionuclide activity concentration in the water of the RoNPP cooling pond (2021–2025) according to data provided by the Federal State Budgetary Healthcare Institution «Centre for Hygiene and Epidemiology No. 5 of the Federal Medical and Biological Agency»

Год	$\Sigma\beta$ (ср./макс.)	$\Sigma\alpha$ (ср./макс.)	^{137}Cs (ср./макс.)
2021	0,14 / 0,28	0,05 / 0,18	0,69 / 2,26
2022	0,18 / 0,37	0,02 / 0,09	0,49 / 1,60
2023	0,11 / 0,20	0,07 / 0,14	0,64 / 2,15
2024	0,10 / 0,35	0,00 / 0,04	0,27 / 0,90
2025	0,12 / 0,27	0,00 / 0,01	0,28 / 0,89

Таблица 5. Среднегодовые значения удельной активности радионуклидов в воде Цимлянского водохранилища (2021-2025 гг.), данные ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии №5» ФМБА России**Table 5.** Average annual values of the radionuclide activity concentration in the water of the Tsimlyansk Reservoir (2021-2025) according to data provided by the Federal State Budgetary Healthcare Institution «Centre for Hygiene and Epidemiology No. 5 of the Federal Medical and Biological Agency»

Год	Суммарная β -активность (ср./макс.), Бк/кг	Суммарная α -активность (ср./макс.), Бк/кг	^{137}Cs (ср./макс.), Бк/кг
2021	$0,07 \pm 0,04 / 0,12 \pm 0,06$	$0,04 \pm 0,05 / 0,11 \pm 0,08$	$0,35 \pm 1,72 / 1,12 \pm 2,20$
2022	$0,08 \pm 0,02 / 0,20 \pm 0,03$	$0,01 \pm 0,01 / 0,04 \pm 0,02$	$0,31 \pm 1,73 / 0,94 \pm 2,00$
2023	$0,07 \pm 0,02 / 0,20 \pm 0,03$	$0,03 \pm 0,01 / 0,07 \pm 0,02$	$0,65 \pm 1,74 / 2,34 \pm 1,93$
2024	$0,09 \pm 0,03 / 0,28 \pm 0,04$	$0,02 \pm 0,01 / 0,10 \pm 0,02$	$0,68 \pm 1,59 / 1,45 \pm 1,76$
2025	$0,10 \pm 0,02 / 0,30 \pm 0,03$	$0,00 \pm 0,01 / 0,01 \pm 0,01$	$0,28 \pm 1,52 / 0,88 \pm 1,67$

Результаты анализа почвы с шести маршрутов (2025 г.), приведенные в таблице 3, показывают, что содержание техногенного ^{137}Cs колеблется в пределах 1-6 Бк/кг, что не превышает средних многолетних значений для Ростовской области, обусловленных глобальными выпадениями после чернойбыльской аварии. Содержание естественных радионуклидов (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) соответствует региональному геологическому фону. Удельная активность ^{60}Co и ^{134}Cs в большинстве проб находится ниже предела обнаружения или на следовых уровнях.

Как следует из данных таблицы 5, значения суммарной β - и α -активности в воде Цимлянского водохранилища за весь период наблюдений остаются стабильно низкими и не превышают нормативных уровней для питьевой воды по НРБ-99/2009. Соответствующие тренды показаны на рисунке 3.

Среднегодовое содержание цезия-137 находится в пределах 0,3-0,7 Бк/кг, что на 1-2 порядка ниже допустимого уровня (11 Бк/кг). Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии техногенного влияния Ростовской АЭС на гидроэкосистему Цимлянского водохранилища.

Кросс-корреляционный анализ между среднегодовой удельной активностью ^{137}Cs в атмосферных выпадениях (усредненной по двум пунктам) и содержанием ^{137}Cs в воде пруда-охладителя и Цимлянского водохранилища для лагов 0, 1 и 2 года показал отсутствие значимой связи: $p > 0,18$ для всех сочетаний объект $\times$ лаг (рис. 4, 5). При лаге 0 лет коэффициенты корреляции близки к нулю ($r = 0,08$ и $r = 0,002$ для пруда и водохранилища соответственно), что исключает непосредственный перенос радионуклидов из атмосферы в водные объекты в пределах одного года.



Рисунок 3. Сопоставление активности воды Цимлянского водохранилища с нормативами
Figure 3. Comparison of water activity in the Tsimlyansk Reservoir with standard values

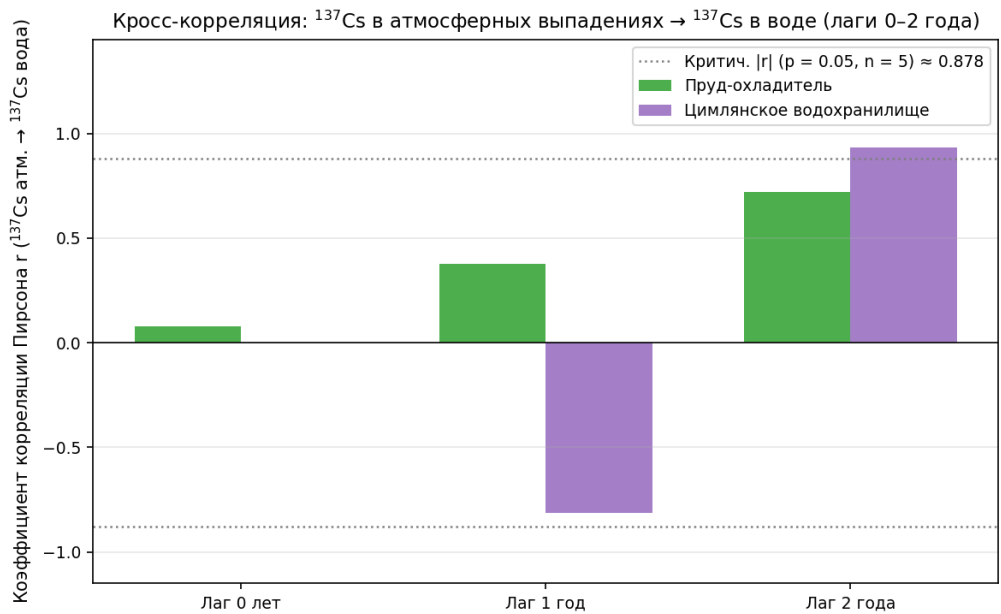


Рисунок 4. Кросс-корреляционный анализ активности воды и атмосферных выпадений
Figure 4. Cross-correlation analysis of water activity and atmospheric precipitation

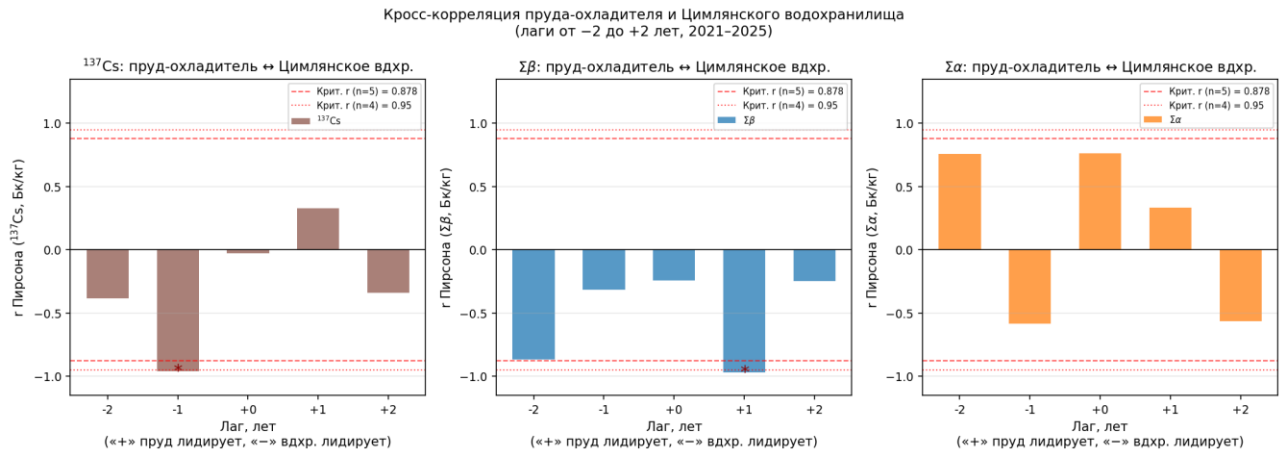


Рисунок 5. Кросс-корреляционный анализ активности воды водоема-охладителя и Цимлянского водохранилища
Figure 5. Cross-correlation analysis of water activity in the cooling pond and the Tsimlyansk Reservoir

Высокий коэффициент при лаге 2 года для Цимлянского водохранилища ($r = 0,932$, $p = 0,24$) представляет методологический интерес, однако при $n = 3$ статистически не интерпретируется. Этот результат обосновывает необходимость продления ряда наблюдений: при накоплении данных за 8-10 лет кросс-корреляция с лагом 1-2 года приобретет достаточную мощность для проверки гипотезы о связи атмосферных и водных маршрутов миграции радионуклидов.

Сравнение с фоном

Сопоставление полученных данных с опубликованными фоновыми диапазонами для европейской части России (данные НПО «Тайфун», ЕГАСМРО) показало следующее.

Среднегодовые значения $\sum\beta$ в Волгодонске ($4,29$ Бк/м²) и Цимлянске ($4,63$ Бк/м²) укладываются в нижнюю половину регионального фонового диапазона $1-10$ Бк/м², составляя 43-46% от его верхней границы. Среднегодовая удельная активность ^{137}Cs ($1,15$ и $1,02$ Бк/м²) также соответствует середине фонового диапазона $0,3-2,5$ Бк/м² (46% от верхней границы). Ни в одном году ни один показатель не вышел за пределы фонового диапазона.

Среднегодовая концентрация ^{137}Cs в пруде-охладителе ($0,474$ Бк/кг) и Цимлянском водохранилище ($0,454$ Бк/кг) находится в пределах фонового диапазона для поверхностных вод европейской части России ($0,1-1,0$ Бк/кг) и составляет около 47% от его верхней границы. Значения $\sum\beta$ в обоих водных объектах ($0,13$ и $0,082$ Бк/кг) также укладываются в региональный фон ($0,05-0,20$ Бк/кг).

Среднее содержание ^{137}Cs по шести маршрутам (2025 г.) составило $2,75$ Бк/кг при максимуме $9,2$ Бк/кг. Оба значения вписываются в фоновый диапазон Ростовской области ($2-15$ Бк/кг), определенный глобальными выпадениями после ядерных испытаний 1950-1960-х гг. и аварии на ЧАЭС.

Таким образом, все контролируемые показатели по всем объектам среды стабильно находятся в пределах регионального радиационного фона.

Заключение

Комплексный радиационный мониторинг, проведенный ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии №5» ФМБА России в 2021-2025 гг. в 30-км зоне Ростовской АЭС, позволяет сделать следующие выводы:

1. Уровни загрязнения атмосферных выпадений техногенными радионуклидами (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{131}I) находятся в пределах глобального фона и не имеют связи с эксплуатацией АЭС.

2. Содержание ^{137}Cs в почве не превышает $5-10$ Бк/кг, что обусловлено глобальными выпадениями прошлых десятилетий и не связано с текущей деятельностью станции.

3. Вода водоема-охладителя и Цимлянского водохранилища характеризуется крайне низкими значениями удельной активности радионуклидов, на порядки ниже нормативных уровней.

4. Непараметрический критерий Манна-Кендалла не выявил статистически значимых монотонных трендов ни по одному из контролируемых радионуклидов ни в одном из пунктов наблюдения и ни для одного объекта окружающей среды, что подтверждает стабильность радиационной обстановки.

5. Количественное сопоставление с данными НПО «Тайфун» и ЕГАСМРО показало, что наблюдаемые значения удельной активности во всех объектах среды составляют 43-47% от верхней границы соответствующего регионального фонового диапазона, что верифицирует тезис об отсутствии дополнительного вклада РоАЭС сверх природного фона.

6. Деятельность Ростовской АЭС не оказывает значимого техногенного воздействия на радиационную обстановку в 30-километровой зоне наблюдения. Система радиационного контроля ФМБА России является эффективной и позволяет своевременно выявлять любые отклонения. Продление непрерывного ряда наблюдений до 8-10 лет позволит придать достаточную статистическую мощность кросс-корреляционному анализу атмосферных и водных маршрутов миграции радионуклидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Cao Y., Lin J., Zhai K. et al. Long-term investigation of environmental radioactivity levels and public health around the Qinshan Nuclear Power Plant, China. *Scientific Reports*. 2022;12:4945. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09091-2>
2. Assessment of radiation exposure and public health before and after the operation of Sanmen nuclear power plant. *Frontiers in Public Health*. 2023;11:1131739. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1131739>
3. Gellenoncourt A., Ayoub A., Wainwright H.M. Optimizing radiation monitoring networks to improve emergency response strategies during nuclear power plant accidents. *Scientific Reports*. 2025;15:11914. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-95571-0>
4. Шумский И.Г., Романова С.А. Радиационная обстановка в зоне наблюдения Ростовской АЭС при работе энергоблока № 1 на мощности выше номинальной. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2012;2:35-42. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21690679> (дата обращения: 15.01.2026).
- Shumsky I.G., Romanova S.A. Radiation situation in the observation zone of the Rostov NPP during operation of power unit No. 1 at power above nominal. *Meditina ekstremal'nykh situatsiy*. 2012;2:35-42. (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21690679> (accessed: 15.01.2026).
5. Шиманская Е.И., Бураева Е.А., Вардуни Т.В. и др. Результаты экогенетического мониторинга 30-ти километровой зоны Ростовской АЭС. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2013;10-3:449-450. Режим доступа: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=4229> (дата обращения: 15.01.2026).
- Shimanskaya E.I., Buraeva E.A., Varduni T.V., et al. Results of ecogenetic monitoring of the 30-kilometer zone of the Rostov NPP. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2013;10-3:449-450. (In Russ.). Available at: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=4229> (accessed: 15.01.2026).
6. Бубликова И.А., Цуверкалова О.Ф., Аксенова К.С. Анализ влияния эксплуатации Ростовской АЭС на радиационные факторы атмосферного воздуха территории размещения. *Глобальная ядерная безопасность*. 2021;3:7-16. <https://doi.org/10.26583/gns-2021-03-01>
- Bublikova I.A., Tsuerkalova O.F., Aksenova K.S. Analysis of the impact of Rostov NPP operation on radiation factors of atmospheric air in the location area. *Global nuclear safety*. 2021;3:7-16. (In Russ.). <https://doi.org/10.26583/gns-2021-03-01>
7. Бураева Е.А., Давыдов М.Г., Зорина Л.В., Кобцева М.А., Стасов В.В. Радиоэкологический мониторинг зоны наблюдения Волгодонской АЭС. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. 2010; Спецвыпуск:154-159. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/radioekologicheskiy-monitoring-zony-nablyudeniya-volgodonskoy-aes> (дата обращения: 16.01.2026).
- Buraeva E.A., Davydov M.G., Zorina L.V., Kobtseva M.A., Stasov V.V. Radioecological monitoring of the surveillance zone of the Volgodonsk NPP. *Bulletin of Higher Education Institutes. North Caucasus Region. Natural Sciences*. 2010; Spec.:154-159. (In Russ.). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/radioekologicheskiy-monitoring-zony-nablyudeniya-volgodonskoy-aes> (accessed: 16.01.2026).
8. Gilbert R.O. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. New York: Van Nostrand Reinhold, 1987. Available at: https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc1197046/m2/1/high_res_d/7037501.pdf (accessed: 19.01.2026).

ВКЛАД АВТОРОВ:

Серко А.О. – организация и проведение натурных отборов проб, выполнение лабораторных радиометрических и гамма-спектрометрических измерений, первичная верификация экспериментальных данных, подготовка таблиц и иллюстраций;

Лапкис А.А. – математико-статистическая обработка временных рядов (трендовый, корреляционный и кросс-корреляционный анализ), интерпретация результатов, формулировка выводов, редактирование и подготовка окончательной версии рукописи.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ:

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHORS' CONTRIBUTION:

Serko A.O. – organization and carrying out field sampling, performance of laboratory radiometric and gamma-spectrometric measurements, primary verification of experimental data, preparation of tables and figures;

Lapkis A.A. – mathematical and statistical processing of time series (trend, correlation, and cross-correlation analysis), interpretation of results, formulation of conclusions, editing and preparation of the final manuscript version.

FUNDING:

The authors declare no external funding

CONFLICT OF INTEREST:

The authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Алевтина Олеговна Серко, эксперт-физик, Федеральное медико-биологическое агентство (ФМБА России), г. Волгодонск, Ростовская обл., Российская Федерация.

<https://orcid.org/0009-0002-5176-170X>

Александр Аркадьевич Лапкис, кандидат технических наук, доцент кафедры атомной энергетики, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Волгодонск, Ростовская обл., Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0002-9431-7046>

e-mail: AALapkis@mephi.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Alevtina O. Serko, Expert Physicist, Federal Medical and Biological Agency (FMBA of Russia), Volgodonsk, Rostov region, Russian Federation

<https://orcid.org/0009-0002-5176-170X>

Aleksandr A. Lapkis, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Atomic Energy, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI», Volgodonsk, Rostov region, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0002-9431-7046>

e-mail: AALapkis@mephi.ru

Поступила в редакцию / Received 20.01.2026

После доработки / Revision 03.06.2026

Принята к публикации / Accepted 05.06.2026