

УДК 504.064

В. А. Бобылев¹

Е. А. Бурева¹

А. В. Сивцов¹

С. К. Сайфудинов²

Экологический мониторинг зоны наблюдения Ростовской АЭС

¹ ФГАОУ ВО Южный федеральный университет, НИИ
Физики, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
e-mail: slava_bobelev@mail.ru

² ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,
Физический факультет, г. Ростов-на-Дону,
Российская Федерация
e-mail: buraeva_elena@mail.ru

Аннотация. Атомные электростанции (АЭС) в настоящее время являются абсолютно безопасными и экологически чистыми источниками электроэнергии, естественно, при соблюдении всех действующих правил и норм эксплуатации, это подтверждается различными отчетами, исследованиями. В Российской Федерации расположено 10 действующих АЭС, среди которых и Ростовская (ранее Волгодонская) с 4 реакторами, типа ВВЭР-1000. Мониторинг радиационной обстановки в зоне влияния АЭС необходим не только для контроля безопасности данного объекта, но и для информирования населения с целью снижения социальной напряженности. Результаты данной работы могут быть использованы для составления атласов радиоактивного загрязнения почв.

Ключевые слова: радиоцезий, АЭС, мониторинг, гамма-фон, почва.

Введение

Одним из параметров, определяющих радиационную обстановку в пределах санитарно-защитных зон и зон наблюдения предприятия ядерной топливной энергетики (ЯТЭ), является мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД, мкЗв/ч) или гамма-фон. МЭД на предприятиях ЯТЭ контролируется как внутренними службами, так и при помощи автоматизированных систем (АСКРО). Результаты такого контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации представлены в онлайн-режиме [1], а также вместе с оценками концентраций радионуклидов в объектах экосферы в различных отчетах [2, 3].

Помимо официальных отчетов, радиационному контролю в санитарно-защитных зонах и в зонах наблюдения предприятий ядерного топливного цикла на территории Российской Федерации посвящено множество независимых исследований. Они охватывают исследования донных отложений и подземных вод [4-5], объемной активности ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co в приземном слое воздуха [6], а также наземной экосистемы, где удельная активность ¹³⁷Cs в почве варьируется в широких пределах от 7,5 до 92,3 Бк/кг и МЭД гамма-излучения не превышает 0,15 мкЗв/ч [7-8]. В данной работе представлено независимое исследование почв в зоне наблюдения Ростовской АЭС.

Материалы и методы

Объектами исследования настоящей работы является каштановые почвы степной зоны Ростовской области, находящиеся вблизи Ростовской АЭС

(РоАЭС). Пробы почв отбирались каждый год в летнее (июнь-июль) и в осеннее (сентябрь) время на протяжении 22 лет с 1999 года.

Места отбора почв производились на залежных и выровненных целинных участках в тридцатикилометровой зоне наблюдения РоАЭС. На рисунке 1 указано расположение точек отбора проб.



Рис. 1. Карта-схема расположения контрольных участков исследования в зоне наблюдения Ростовской АЭС

Составлено авторами

На этих участках почва была не обработанной, а растения имели естественный характер произрастания. Почвы на контрольных участках представлены аллювиально-луговыми, каштановыми и темно-каштановыми почвами.

В рамках данной работы использовались полевые методы исследований. Измерения проводились с использованием дозиметров-радиометров, таких как: ДКС-96, с блоком детектирования БДКС-96с, ДРБП-03, СРП-88н. Гамма-съемка выполнялась методом «пешеходной гамма-съемке» по всей территории обследуемого участка на высоте 1 м над поверхностью земли. Измерение содержания ^{137}Cs в пробах почв проводилось на сцинтилляционном гамма-спектрометре «Прогресс-гамма».

Описательная статистика полученных данных была выполнена с использованием программного обеспечения Statistica 10. Проверку распределений на нормальность проводили с использованием тестов Колмогорова-Смирнова и

Шапиро-Вилка. Пробы почв отбирались с помощью механических приборов сбора проб и по установленной схеме.

Результаты и обсуждение

Радиационный фон природных и урбанизированных территорий основном обусловлен космическим излучением, плотностью потока радона с поверхности почв, а также излучением от радионуклидов, равномерно распределенных в почве. Основной вклад в радиационный фон вносят естественным радионуклидом, такие как: ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , а также искусственным радионуклидом ^{137}Cs .

Гамма-фон возле РоАЭС в течение двадцати лет варьируется в диапазоне от 0,01 мкЗв/ч до 0,24 мкЗв/ч, при средних значениях от 0,12 мкЗв/ч до 0,14 мкЗв/ч, что не превышает допустимый гамма-фон, установленный «Нормами радиационной безопасности», НРБ99/2009 (0,2 мкЗв/ч). Данные значения соответствуют средним значениям МЭД гамма-излучения по Ростовской области.

Распределение ^{137}Cs 0–10 см в слое почвы не подчиняется нормальному и логнормальному закону распределения (рис. 2).

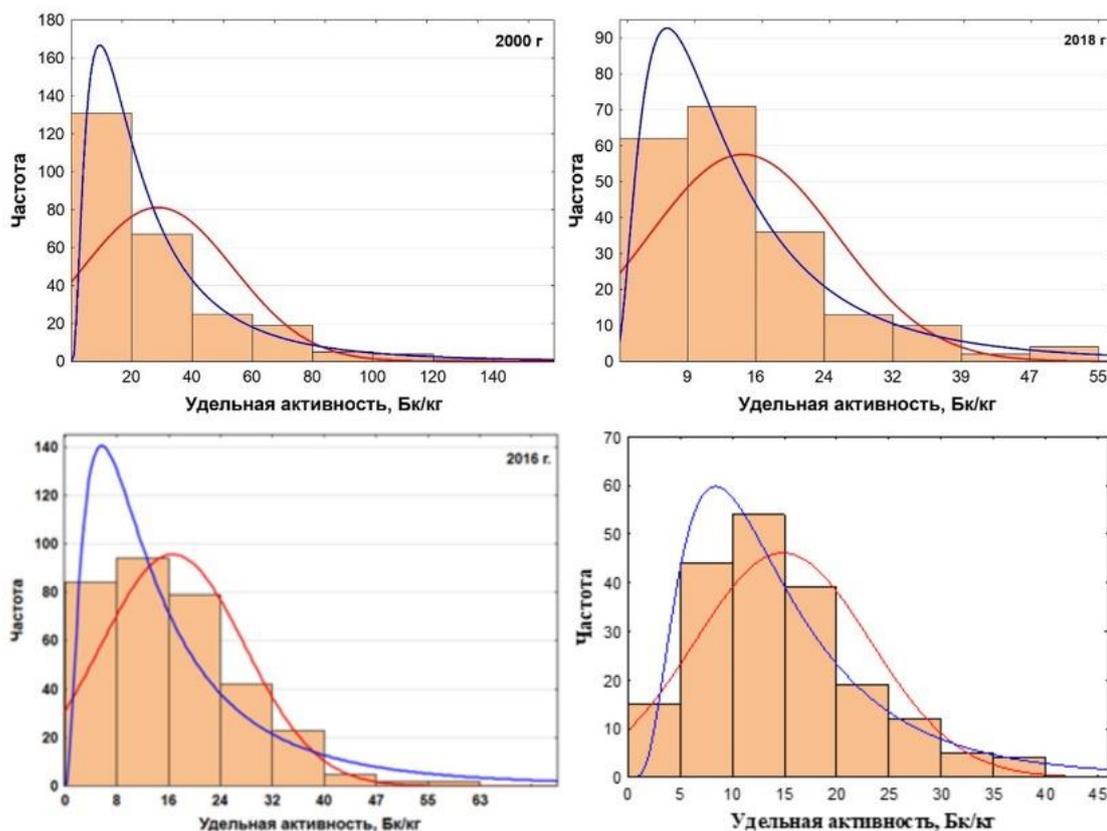


Рис. 2. Диаграмма распределения ^{137}Cs в 0–10 см слое почвы Ростовская АЭС

Составлено авторами

Удельная активность ^{137}Cs в тридцатиклометровой зоне наблюдения за 2000 год колеблется от 1 до 156 Бк/кг, со средним значением в 32,6 Бк/кг. В 2019 году минимальное и максимальное значение удельной активности ^{137}Cs в почве

0,7 Бк/кг и 55,3 Бк/кг соответственно и со средним арифметическим и средним геометрическим значением в 14,7 и 12,5 Бк/кг, соответственно. Полученные результаты радиоцезия в почвах зоны наблюдения РоАЭС характерны для Ростовской области. Минимальные значения ^{137}Cs фиксировались на КУ 201, это связано с тем, что на данном участке отбора почв на данном участке преобладает аллювиально-луговая почва с высоким содержанием песка (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1
Результаты статистической обработки удельной активности ^{137}Cs в 0–10 см слое почвы в зоне наблюдения РоАЭС

Параметр	Год			
	2000	2016	2018	2019
Минимум, Бк/кг	1,0	0,1	0,9	0,7
Максимум, Бк/кг	156,1	63,2	54,5	55,3
Среднее арифметическое, Бк/кг	28,6	16,4	14,7	14,7
Среднее геометрическое, Бк/кг	20,3	12,4	11,4	12,5
Медиана, Бк/кг	19	14,7	11,9	17,6
Мода, Бк/кг	12,3	21	5,9	13,4
Стандартная ошибка, Бк/кг	1,6	0,6	0,7	0,6
Стандартное отклонение	24,9	10,9	10,5	8,3
Дисперсия выборки	618,4	118,6	110,3	109,5
Эксцесс	4,3	1,5	2,5	2,6
Асимметричность	1,9	1	1,5	1,2
Распределение Колмогорова-Смирнова ($D/D_{\text{табл}}$)	0,163/0,107	0,075/0,047	0,122/0,092	0,122/0,092
Критерий Шапиро-Уилка, $W^2 / W_{\text{крит}}^2$	–	–	–	–
Количество измерений, шт.	253	331	198	193

Составлено авторами

Запасы по почвенному профилю ^{137}Cs с 2000 года в целом уменьшаются. Стоит отметить более высокие значения на КУ 3, на котором запас ^{137}Cs выше значений 2000 года, это связано с вынужденным смещением данного контрольного участка с выровненной территории на пологий склон овражно-балочной системы. На данном участке происходит непрерывный смыв радиоцезия по склону с его последующим накоплением на дне балки (табл. 2).

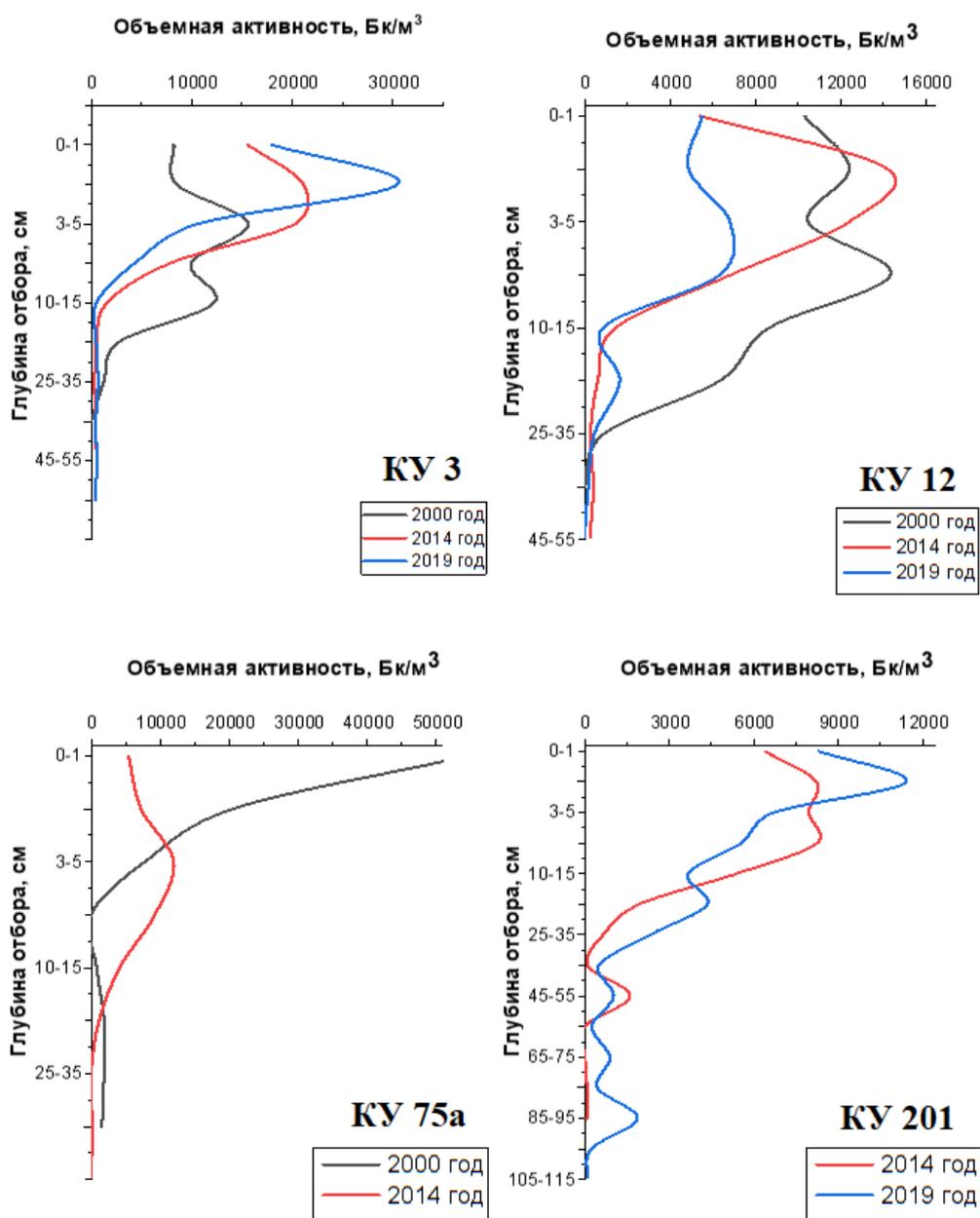


Рис. 3. Диаграмма распределения объемной активности ^{137}Cs по почвенному профилю на Ростовской АЭС

Составлено авторами

Выводы

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения в зоне наблюдения Ростовской АЭС с 2000 по 2022 гг. не изменяется и в среднем составляет 0,13–0,14 мкЗв/ч, что не превышает допустимый гамма-фон. Средняя удельная активность ^{137}Cs за 2019 год в 0–10 см слое почвы вблизи Ростовской АЭС

составила 15 Бк/кг при минимальном и максимальном 1 Бк/кг и 55 Бк/кг соответственно. Полученные значения не превышают значения 2000 года.

Запасы радиоцезия в тридцатикилометровой зоне также уменьшается, за исключением КУ 3, из-за вынужденного смещения участка с выровненной территории на пологий склон овражно-балочной системы, и КУ 201, на данном участке преобладает аллювиально-луговая почва с высоким содержанием песка.

Таблица 2

Результаты статистической обработки запасов ^{137}Cs почвенных профилях
РоАЭС

Год	Объемная активность, Бк/м ³			
	3	12	75а	201
2000	58456	63444	89306	—
2014	68326	41890	33943	40767
2019	66660	27929	—	47756

Составлено авторами

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032) / (БА30110/20-3-07ИФ).

Литература

1. Радиационная обстановка на предприятиях Росатома. [Электронный ресурс]. Режим доступа: russianatom.ru.
2. Отчет по экологической безопасности за 2021 год. Волгодонск: Росэнергоатом. Ростовская АЭС. 2022. 37 с.
3. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2021 году. Ежегодник. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», Росгидромет. 2022. 350 с.
4. Тихомиров О. А., Тихомирова Л. К. Мониторинг экологического состояния донных отложений водоема-охладителя Калининской АЭС. // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2007. № 3. С. 33–42.
5. Бураева Е. А. Радиоэкологический мониторинг водных экосистем района Ростовской АЭС. // Глобальная ядерная безопасность. 2012. № S (3). С. 83–92.
6. Крышев И. И., Булгаков В. Г., Крышев А. И., Каткова М. Н., Сазыкина Т. Г., Павлова Н. Н., Косых И. В., Гниломедов В. Д., Бурякова А. А., Газиев И. Я. Мониторинг радиоактивности приземного слоя воздуха и атмосферных выпадений в районе расположения АЭС. // Атомная энергия. 2019. Т. 126. № 4. С. 228–234.

7. Ковалёва Е. В., Черникова А. М. Радиоэкологический мониторинг территории вблизи Нововоронежской АЭС и её влияние на окружающую среду урболандшафтов. // Вектор ГеоНаук. 2021. Т. 4. № 1. С. 54–65.
8. Панов А. В., Трапезников А. В., Кузнецов В. К., Коржавин А. В., Исамов Н. Н., Гешель И. В. Радиационно-экологический мониторинг агроэкосистем в районе Белоярской АЭС. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 3. С. 146–157.

V. A. Bobylev¹
Ye. A. Buraeva¹
A. V. Sivtsov
S. K. Sayfudinov²

Environmental monitoring of the Rostov NPP observation zone

¹ Research Institute of Physics, Southern Federal University,
Rostov-on-Don, Russian Federation
e-mail: slava_bobelev@mail.ru

² Faculty of Physics, Southern Federal University,
Rostov-on-Don, Russian Federation
e-mail: buraeva_elen@mail.ru

Abstract. Nuclear power plants (NPP) are currently absolutely safe and environmentally friendly sources of electricity, of course, in compliance with all applicable rules and regulations of operation, this is confirmed by various reports and studies. There are 10 operating nuclear power plants in the Russian Federation, including Rostov (formerly Volgodonskaya) with 4 VVER-1000 type reactors. Monitoring of the radiation situation in the zone of influence of the NPP is necessary not only to control the safety of this facility, but also to inform the population in order to reduce social tension. The results of this work can be used to compile atlases of radioactive contamination of soils.

Keywords: radiocesium, NPP, monitoring, gamma background, soil.

References

1. Radiacionnaya obstanovka na predpriyatiyah Rosatoma. URL: russianatom.ru. (in Russian)
2. Otchet po ekologicheskoy bezopasnosti za 2021 god. Volgodonsk: Rosenergoatom. Rostovskaya AES. 2022. 37 s. (in Russian)
3. Radiacionnaya obstanovka na territorii Rossii i sopredel'nyh gosudarstv v 2021 godu. Ezhegodnik. Obninsk: FGBU «NPO «Tajfun», Rosgidromet. 2022– 350 s. (in Russian)
4. Tihomirov O. A., Tihomirova L. K. Monitoring ekologicheskogo sostoyaniya donnyh otlozhenij vodoema-ohladiatelya Kalininskoj AES. // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya i geoekologiya. 2007. № 3. S. 33–42. (in Russian)
5. Buraeva E. A. Radioekologicheskij monitoring vodnyh ekosistem rajona Rostovskoj AES. // Global'naya yadernaya bezopasnost'. 2012. № S (3). S. 83–92. (in Russian)
6. Kryshev I. I., Bulgakov V. G., Kryshev A. I., Katkova M. N., Sazykina T. G., Pavlova N. N., Kosyh I. V., Gnilomedov V. D., Buryakova A. A., Gaziev I. YA. Monitoring radioaktivnosti prizemnogo sloya vozduha i atmosferynyh vypadenij v

- rajone raspolozheniya AES. // Atomnaya energiya. 2019. T. 126. № 4. S. 228–234. (in Russian)
7. Kovalyova E. V., Chernikova A. M. Radioekologicheskij monitoring territorii vblizi Novovoronezhskoj AES i eyo vliyanie na okruzhayushchuyu sredu urbolandshaftov // Vektor GeoNauk. 2021. T. 4. № 1. S. 54–65. (in Russian)
 8. Panov A. V., Trapeznikov A. V., Kuznecov V. K., Korzhavin A. V., Isamov N. N., Geshel' I. V. Radiacionno-ekologicheskij monitoring agroekosistem v rajone Beloyarskoj AES // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. 2021. T. 332. № 3. S. 146–157. (in Russian)

Поступила в редакцию 10.10.2022 г.