

ЯДЕРНАЯ, РАДИАЦИОННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

NUCLEAR, RADIATION AND ENVIRONMENTAL SAFETY

УДК: 504.064

<https://doi.org/10.26583/gns-2024-01-03>

EDN CUEEXB

Оригинальная статья / Original paper



Радиоэкологическая обстановка на отдельных территориях Южного федерального округа

Д.П. Плахотная¹, Е.А. Бураева¹  , В.И. Ратушный² ¹ Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация² Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Волгодонск, Российская Федерация buraeva@sfedu.ru

Аннотация. Радиоэкологический мониторинг природных и урбанизированных территорий предназначен не только для оценки последствий работы предприятий ядерной топливной энергетики, но и для обеспечения радиационной безопасности человека и окружающей среды. Подобного рода позволяют не только выявлять территории с повышенным радиационным фоном, но и снижать социальную напряженность населения, связанную с радиофобией. В данной работе представлены результаты длительных исследований мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД, МЭД) гамма-излучения в пределах городских и сельских населенных пунктов Южного федерального округа на примере Краснодарского края. Измерения МАЭД проводились на высоте 100 см от поверхности земли дозиметрами-радиометрами СРП-88н, ДРБП-03 и ДКС-96с с блоком детектирования БДКС-96с методами пешеходной гамма-съемки. Регионы исследования представляют различные типы ландшафтов: степные равнинные территории, предгорья Северного Кавказа и побережье Черного моря. Показано, что средние арифметические значения МАЭД в городских условиях составляют 0.11 мкЗв/ч, а в сельских населенных пунктах – 0.14 мкЗв/ч. Подобные результаты могут быть обусловлены различием почвенных и климатических условий в разных населенных пунктах. В целом, различия в МАЭД гамма-излучения могут быть обусловлены в большей степени неопределенностью измерений (стандартным отклонением), а также, в меньшей степени, особенностями рельефа и содержанием радионуклидов в почвах данного региона. Радиационная обстановка на территории Краснодарского края на момент исследования соответствует требованиям СанПиН 2.6.1.2612-10. Значения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения находятся в пределах колебаний естественного фона, характерных для Российской Федерации.

Ключевые слова: мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения, Краснодарский край, источники ионизирующих излучений, радиационная безопасность, распределение.

Для цитирования: Плахотная Д.П., Бураева Е.А., Ратушный В.И. Радиоэкологическая обстановка на отдельных территориях Южного федерального округа. *Глобальная ядерная безопасность*. 2024;14(1):22-28. <https://doi.org/10.26583/gns-2024-01-03>

For citation: Plahotnyaya D.P., Buraeva E.A., Ratushnyj V.I. Radioecological situation in certain areas of the Southern Federal District. *Global nuclear safety*. 2024;14(1):22-28 (In Russ.) <https://doi.org/10.26583/gns-2024-01-03>

Radioecological situation in certain areas of the Southern Federal District

Dariy P. Plahotnyaya¹, Elena A. Buraeva¹ , Viktor I. Ratushnyj² ¹ Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation² Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI», Volgodonsk, Russian Federation buraeva@sfedu.ru

Abstract. Radioecological monitoring of natural and urban areas is intended not only to assess the consequences of the operation of nuclear fuel energy enterprises, but also to ensure radiation safety of humans and the environment. This type of research allows not only to identify areas with increased background radiation, but also to reduce social tension in the population associated with radiophobia. This paper presents the results of long-term studies of the ambient dose equivalent rate (ADR) of gamma radiation within urban and rural settlements of the Southern Federal District using the example of the Krasnodar Territory. ADR measurements were carried out at a height of 100 cm from the earth's surface using dosimeters-radiometers SRP-88n, DRBP-03 and DKS-96s with a detection unit BDKS-96s using pedestrian gamma survey methods. The study regions represent different types of landscapes: steppe plain territories, the foothills of the North Caucasus and the Black Sea coast. It is shown that the arithmetic average ADR values in urban conditions are 0.11 μ Sv/h, and in rural settlements – 0.14 μ Sv/h. Similar results may be due to differences in soil and climatic conditions in different settlements. In general, differences in gamma radiation ADR may be due to a greater extent to measurement uncertainty (standard deviation), and also, to a lesser extent, to relief features and the content of radionuclides in the soils of a given region. The radiation situation in the Krasnodar Territory at the time of the study complies with the requirements

of SanPiN 2.6.1.2612-10. The gamma radiation equivalent dose rate values are within the limits of natural background fluctuations characteristic of the Russian Federation.

Keywords: ambient dose equivalent rate of gamma radiation, Krasnodar region, sources of ionizing radiation, radiation safety, distribution

Введение

Природные условия (геологические и тектоническое строение, почвенный покров, высота над уровнем моря) формируют в каждой точке земного пространства природный радиационный фон¹, который характеризуется мощностью амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД, МЭД). МАЭД от природных источников ионизирующего излучения напрямую зависит от естественных радионуклидов земного происхождения (радиоактивные семейства урана и тория, ⁴⁰K) и от величины космического излучения в конкретном регионе [1].

Несмотря на то, что результаты человеческой деятельности, связанные с испытанием ядерного оружия и аварии на атомных электростанциях привели к значительному загрязнению территорий искусственными радионуклидами, все же естественное ионизирующее излучение вносит наибольший вклад в коллективную эффективную дозу, получаемую населением Земли. В целом «...более 60% естественного радиационного фона приходится на космические лучи, земные радионуклиды, газ радон и его дочерние продукты распада»². Стоит подчеркнуть, что одним из наиболее значимых факторов облучения населения является внешнее облучение от загрязненных в результате аварий на АЭС наземных экосистем (почвенного покрова)³.

В настоящее время радиоэкологическое обследование различных территорий и объектов ведется Государственными надзорными органами и службами (например, Центрами гигиены и эпидемиологии Управлений федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека). А обеспечение радиационной безопасности населения всегда являлось и является одной из приоритетных составляющих национальной безопасности Российской Федерации и важнейшим элементом санитарно-эпидемиологического благополучия населения страны [2].

¹ Закутинский Д.И., Парфенов Ю.Д., Селиванова Л.Н. Справочник по токсикологии радиоактивных изотопов. – Москва: Медицинская литература, 1962. – 116 с. – Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006190534> (дата обращения: 01.06.2023).

² UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation) Sources and Effects of Ionizing Radiation (2000) Report to the General Assembly). Report Vol. I. 659 p. Режим доступа: https://www.unscear.org/docs/publications/2000/UNSCEAR_2000_Report_Vol.I.pdf (дата обращения: 01.06.2023).

³ IAEA Safety Standards Series. Remediation of Areas Contaminated by Past Activities and Accidents: safety requirements. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2003. – 24 p. Режим доступа: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1176_web.pdf (дата обращения: 01.06.2023).

Ряд независимых исследований на территориях с различными геологическими, климатическими и тектоническими условиями показывают, что уровень облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения может варьировать в достаточно широких диапазонах [3,4].

В сельскохозяйственных регионах Южного федерального на примере Краснодарского края около половины населения проживает в сельских населенных пунктах (2,5 миллиона сельских жителей из 5,9 миллионов человек, проживающих в Краснодарском крае)⁴. Стоит отметить, что исследования радиационной обстановки в Краснодарском крае на постоянной основе проводятся с 1986 года (после аварии на Чернобыльской АЭС). Исследования, проводимые Роспотребнадзором в Краснодарском крае в 2016-2017 гг., в большей части велись с целью оценки загрязнения объектов внешней среды искусственными радионуклидами. В данный момент контроль за радиационной обстановкой в крае продолжается, но ведется преимущественно на открытой местности. Однако, так как Краснодарский край имеет достаточно сложную и разнообразную структуру местности: от степных пахотных угодий до высокогорных районов, то такие подробные исследования могут быть использованы в дальнейшем.

Материалы и методы

Объектами данного исследования являлся приземный слой воздуха в городских (города Краснодар, Тихорецк, Новороссийск, Новокубанск, Анапа, Adler, Туапсе, Сочи) и сельских (Стародеревяновское сельское поселение, станицы Ленинградская, Брюховецкая, Староминская и Каневская) населенных пунктах Краснодарского края, а также на курорте Роза Хутор (рис. 1).

Измерения МАЭД проводились с использованием поисковых геологоразведочных дозиметров-радиометров, СРП-88н, ДРБП-03 и ДКС-96 с блоком детектирования БДКС-96с. Гамма-съемка выполнялась методами пешеходной съемки вдоль наиболее оживленных улиц на высоте 1 м над поверхностью земли [5] в каждом населенном пункте.

Результаты и их обсуждение

Одним из основных критериев оценки радиоэкологического состояния территории является мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД, мкЗв/ч), которая формируется под

⁴ Итоги Всероссийской переписи населения 2020 года. – Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Режим доступа: <https://23.rosstat.gov.ru/folder/179316> (дата обращения: 27.06.2023).



Рисунок 1. Карта расположения исследуемых населенных пунктов [составлено авторами]

Figure 1. Map the studied settlement location [compiled by the authors]

действием нескольких факторов: космическое излучение; содержание естественных и искусственных радионуклидов в почвах, водоемах; радиоактивные эманации из почвы (например, радиоактивный газ радон) и солнечная активность [6].

В населенных пунктах на величину МАЭД дополнительно могут оказывать влияние такие факторы как: материал дорожных покрытий и зданий/сооружений, выбросы различных промышленных предприятий, разработка месторождений полезных ископаемых. МАЭД внутри помещений довольно сильно будет зависеть от степени экранирования радона, обеспечиваемого строительными материалами [7]. На рисунке 2 представлена частотная диаграмма распределения МАЭД во всех населенных пунктах.

Измеренные значения МАЭД варьируются в довольно широком диапазоне, что может быть обусловлено как конструкционными особенностями строения детектирующих устройств, так и разнообразием территорий, на которых расположены исследуемые населенные пункты. Среднее арифметическое (0,12 мкЗв/ч), а также среднее геометрическое (0,13 мкЗв/ч) значения МАЭД в населенных пунктах Краснодарского края соотносятся со данными, получаемыми в ряде других стран [8] и не превышают гамма-фон, установленный Нормами радиационной безопасности Российской Федерации⁵.

В качестве фоновых (эталонных) значений МАЭД гамма-излучения в данной работе были приняты величины мощности амбиентного эквивалента дозы

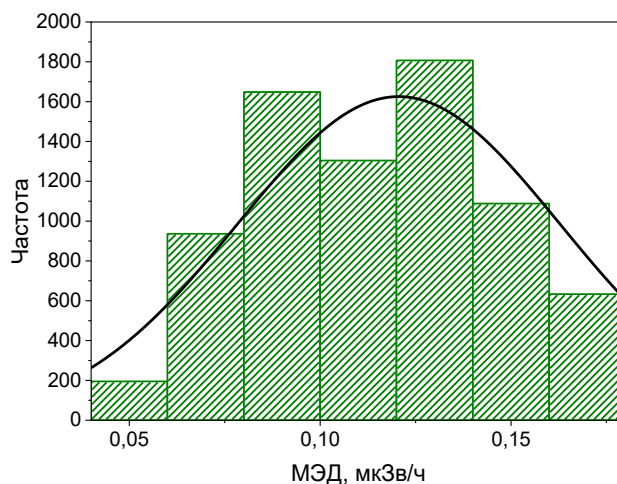


Рисунок 2. Распределение МАЭД в регионах Краснодарского края [составлено авторами]

Figure 2. Distribution of ADR in the districts of the Krasnodar region [compiled by the authors]

гамма-излучения, полученные (измеренные) за пределами населенных пунктов, на удалении (по возможности) от пахотных угодий. Таким образом, для городских и сельских территорий в степных условиях Краснодарского края фоновое значение МАЭД составляет 0,13 мкЗв/ч, для побережья Черного моря – 0,09 мкЗв/ч, для предгорных районов Северного Кавказа – 0,08 мкЗв/ч.

Таблица 1. Результаты статистической обработки МАЭД гамма-излучения по всем территориям Краснодарского края [составлено авторами]

Table 1. Results of statistical processing of gamma radiation ADR for all territories of the Krasnodar Region [compiled by the authors]

Параметр	Все населенные пункты	Города	Станицы
Минимум, мкЗв/ч	0,01	0,01	0,01
Максимум, мкЗв/ч	0,30	0,25	0,30
Среднее арифметическое, мкЗв/ч	0,12	0,11	0,14
Среднее геометрическое, мкЗв/ч	0,13	0,11	0,12
Медиана, мкЗв/ч	0,12	0,11	0,14
Мода, мкЗв/ч	0,12	0,08	0,12
Стандартное отклонение	0,04	0,03	0,05
Коэффициент вариации, %	33	27	36
Распределение Колмогорова-Смирнова (D/D _{табл})	0,44/0,01	0,07/0,02	0,07/0,03
Приблизительный критерий	4,62	1,75	2,29
Количество измерений, шт	8601	4838	3763

⁵ СанПин 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – Утверждены и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации Г.Г. Онищенко от 7 июля 2009 г. № 47 с 01 сентября 2009 г. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/4188851/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения: 27.06.2023).

Далее на рисунке 3 представлено распределение МАЭД гамма-излучения в городах и станицах, а в таблицах 1 и 2 приведены результаты статистической обработки измеренных МАЭД в населенных пунктах Краснодарского края.

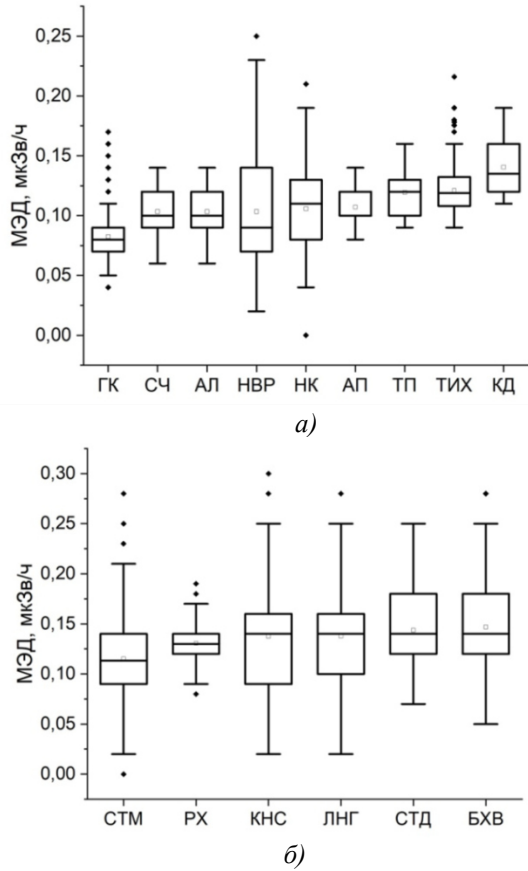


Рисунок 3. Распределение МАЭД гамма-излучения на территориях Краснодарского края: а) городские территории: ГК – Горячий ключ, СЧ – Сочи, АЛ – Адлер, НВР – Новороссийск, НК – Новокубанск, АП – Анапа, ТП – Туапсе, ТИХ – Тихорецк, КД – Краснодар; б) сельские территории: СТМ – станица Староминская, РХ – курорт Роза Хутор, КНС – станица Каневская, ЛНГ – станица Ленинградская, СТД – Стародеревянковское сельское поселение, БХВ – станица Брюховецкая [составлено авторами]

Figure 3. Distribution of gamma radiation ADR in the territories of the Krasnodar Region: a) urban areas: ГК – Goryachiy Klyuch, СЧ – Sochi, АЛ – Adler, НВР – Novorossiysk, НК – Novokubansk, АП – Anapa, ТП – Tuapse, ТИХ – Tikhoretsk, КД – Krasnodar; б) rural areas: СТМ – Starominskaya village, РХ – Rosa Khutor resort, КНС – Kanevskaya village, ЛНГ – Leningradskaya village, СТД – Staroderevyankovskoe rural settlement, БХВ – Bryukhovetskaya village [compiled by the authors]

Средние арифметические значения МАЭД в городах и в станицах различаются незначительно, в пределах неопределенности измерения (30%), при этом среднее арифметическое значение МАЭД в городах (0.11 мкЗв/ч) несколько ниже, чем в станицах (0.14 мкЗв/ч). Это может быть обусловлено тем, что исследуемые сельские населенные пункты расположены в пределах степных территорий Краснодарского края, с достаточно высокой запыленностью приземного слоя воздуха.

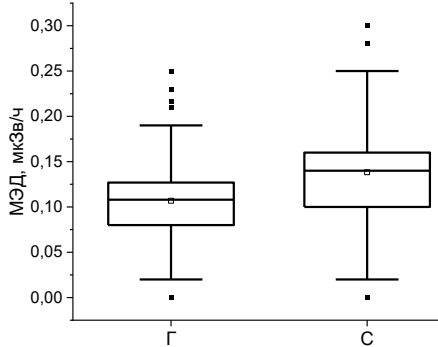


Рисунок 4. Распределение мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в станицах и городах Краснодарского края (Г – городские населенные пункты, С – сельские населенные пункты) [составлено авторами]

Figure 4. Distribution of the ambient dose equivalent rate of gamma radiation in the villages and cities of the Krasnodar Region (Г – urban settlements, С – rural settlements) [compiled by the authors]

В целом, широкие вариации МАЭД могут быть обусловлены как неоднородностью территорий исследования – в основном, различием в почвенном покрове, а также размерами участков исследования (размерами населенных пунктов (НП)).

Таблица 2. Результаты статистической обработки МАЭД гамма-излучения по всем населенным пунктам Краснодарского края [составлено авторами]

Table 2. Results of statistical processing of gamma radiation ADR for all settlements of the Krasnodar Region [compiled by the authors]

Название населенного пункта	Численность, чел.	МАЭД, мкЗв/ч		
		Среднее арифм. знач.	Мин. знач.	Макс. знач.
Города				
Краснодар (КД)	773 970	0,14	0,11	0,19
Сочи (СЧ)	443 644	0,10	0,06	0,14
Новороссийск (НВР)	275 197	0,10	0,02	0,25
Адлер (АЛ)	76 534	0,10	0,06	0,14
Анапа (АП)	81 447	0,11	0,08	0,14
Туапсе (ТП)	61 938	0,12	0,09	0,16
Тихорецк (ТИХ)	55 243	0,12	0,09	0,21
Новокубанск (НК)	34 391	0,11	0,02	0,21
Горячий Ключ (ГК)	69 702	0,09	0,04	0,17
Станицы				
Каневская (КНС)	44 386	0,14	0,02	0,30
Ленинградская (ЛНГ)	36 940	0,14	0,02	0,28
Староминская (СТМ)	29 809	0,12	0,02	0,28
Брюховецкая (БХВ)	22 139	0,15	0,05	0,28
Стародеревянк овская (СТД)	12 998	0,14	0,07	0,25
Курорт Роза Хутор (РХ)	курорт	0,13	0,08	0,19

Полученные в разных регионах данные позволяют выявить продемонстрировать зависимость уровня МАЭД от типа почв и коренных пород, хотя причины некоторых переменных изменений еще предстоит узнать [9]. Предполагается, что «материал коренных пород выступает в качестве исходного для любых производных (вышележащих) поверхностных (т.е. неуплотненных) отложений и почв, поэтому мощность AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения в значительной степени будет отражать естественное изменение содержания калия, урана и тория в окружающей среде» [10].

Значения мощности AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения, зафиксированные в НП, относящихся к равнинным территориям, находятся в диапазоне от 0,01 мкЗв/ч до 0,30 мкЗв/ч со средним арифметическим значением 0,13 мкЗв/ч (рис. 5). В случае расположения объекта исследования на степной местности, которая в большинстве случаев используется сельскохозяйственными отраслями, наибольший вносимый вклад в дозу гамма-излучения будут вносить минеральные удобрения с чрезвычайно разнообразным радионуклидным составом.

В предгорных районах вклад, вносимый космическим излучением, будет несколько выше, чем в других областях, хотя и не будет оказывать значительное влияние по сравнению с выходами горных пород (0,09 мкЗв/ч – среднее арифметическое МАЭД в предгорных районах) (рис. 5).

Ниже приведены результаты статистической обработки и сравнительного анализа распределения МАЭД гамма-излучения на территориях Краснодарского края в зависимости от форм рельефа региона исследования (табл. 3).

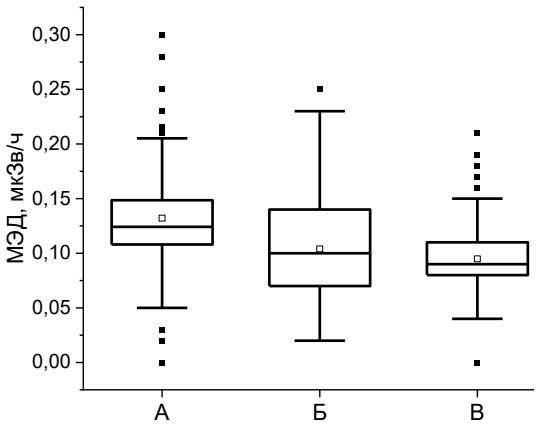


Рисунок 5. Распределение мощности AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения в зависимости от рельефа: А – равнины, Б – побережье, В – предгорья [составлено авторами]

Figure 5. Distribution of the ambient dose equivalent rate of gamma radiation depending on the relief: А – plains, Б – coast, В – foothills [compiled by the authors]

Таблица 3. Результаты статистической обработки МАЭД гамма-излучения на разных элементах рельефа Краснодарского края [составлено авторами]

Table 3. Results of statistical processing of gamma radiation ADR on different relief elements of the Krasnodar Region [compiled by the authors]

Параметр	Равнины	Предгорья	Побережье
Минимум, мкЗв/ч	0.01	0.01	0.02
Максимум, мкЗв/ч	0.30	0.21	0.25
Среднее арифметическое, мкЗв/ч	0.13	0.09	0.10
Среднее геометрическое, мкЗв/ч	0.13	0.10	0.11
Медиана, мкЗв/ч	0.12	0.08	0.10
Мода, мкЗв/ч	0.12	0.08	0.12
Стандартное отклонение	0.04	0.02	0.02
Коэффициент вариации, %	31	22	20
Распределение Колмогорова-Смирнова (D/D _{табл})	0.04/0.02	0.05/0.03	0.06/0.05
Приблизительный критерий	1.89	2.07	3.12
Количество измерений, шт	5780	1973	706

В целом, различия в МАЭД гамма-излучения могут быть обусловлены в большей степени неопределенностью измерений (стандартным отклонением), а также, в меньшей степени, особенностями рельефа и содержанием радионуклидов в почвах данного региона.

Заключение

Радиационная обстановка на территории Краснодарского края на момент исследования соответствует требованиям СанПиН 2.6.1.2612-10. Значения мощности AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения находятся в пределах колебаний естественного фона, характерных для Российской Федерации.

Для долговременного обеспечения радиационной безопасности необходима организация радиационного мониторинга территории. Материалы, представленные в данной статье, могут служить основой для сравнительного анализа результатов такого мониторинга.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(Г30110/23-11-ИФ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Пономаренко П.А., Фролова М.А., Кравченко Н.В. Анализ радионуклидной активности и годовой эквивалентной дозы, создаваемой природными радионуклидами. *Энергетические установки и технологии*. 2016;2(1):93–99. Режим доступа: <https://www.sevsu.ru/upload/iblock/b38/agk6yvjevz5u98emyfn0thgfc8hxrkv/Energy2016-1.pdf> (дата обращения: 27.06.2023).
Ponomarenko P.A., Frolova M.A., Kravchenko N.V. Analysis of radionuclide activity and annual equivalent dose produced by natural radionuclides. *Power plants and technologies*. 2016;2(1):93–99. (In Russ.) Available at: <https://www.sevsu.ru/upload/iblock/b38/agk6yvjevz5u98emyfn0thgfc8hxrkv/Energy2016-1.pdf> (accessed: 27.06.2023).
2. Онищенко Г.Г., Романович И.К. Деятельность Роспотребнадзора по обеспечению радиационной безопасности населения России. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2013;2:35–40. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18792698_43388497.pdf (дата обращения: 01.06.2023).
Onishchenko G.G., Romanovich I.K. Activities of Rospotrebnadzor to ensure radiation safety of the population of Russia. *Health care of the Russian Federation*. 2013;2:35–40. (In Russ.) Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18792698_43388497.pdf (accessed: 01.06.2023).
3. Кулганов В.А., Соколов Д.А. Социально-экологические последствия антропогенного и военного воздействия на природную среду. 2017 год глазами ученых: результаты научных исследований: Сборник трудов. Краснодар. 2018. С. 85–92. Режим доступа: <https://pureportal.spbu.ru/ru/publications/-----59790bed-555d-44d5-ad39-3718339173cd/export.html> (дата обращения: 01.06.2023).
Kulganov V.A., Sokolov D.A. Socio-ecological consequences of anthropogenic and military impact on the natural environment. 2017 through the eyes of scientists: results of scientific research: Collection of works. Krasnodar. 2018. P. 85–92. (In Russ.) Available at: <https://pureportal.spbu.ru/ru/publications/-----59790bed-555d-44d5-ad39-3718339173cd/export.html> (accessed: 01.06.2023).
4. Кулганов В.А., Косырев С.В., Васнецов К.С. К вопросу оценки поражающего воздействия ионизирующего излучения на человека и защиты от него. *Технологии гражданской безопасности*. 2023;20:1(75):83–89. Режим доступа: https://vniigochs.ru/upload/medialibrary/24e/ubpxh7se80orjwm0opwg493bti9jh7zg/tgb_text_1_2023-83-89.pdf (дата обращения: 05.01.2024).
Kulganov V.A., Kosyrev S.V., Vasnetsov K.S. On the issue of assessing the damaging effects of ionizing radiation on humans and protection from it. *Civil security technology*. 2023;20:1(75):83–89. (In Russ.) https://vniigochs.ru/upload/medialibrary/24e/ubpxh7se80orjwm0opwg493bti9jh7zg/tgb_text_1_2023-83-89.pdf (accessed: 05.01.2024).
5. Акатова А.А., Ефремова М.А. Содержание радионуклидов в почвах автоморфных и гидроморфных ландшафтов Лужского района Ленинградской 38 области. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2018;4(53):87–93. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2018-14087>
Akatova A.A., Efremova M.A. Content of radionuclides in soils of automorphic and hydromorphic landscapes of the Luga district of the Leningrad 38 region. *Izvestiya Saint-Petersburg state agrarian university*. 2018;4(53):87–93. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2018-14087>
6. Орлов П.М., Сычев В.Г., Жиленко С.В. Радиологический мониторинг почв земель сельскохозяйственного назначения Краснодарского края. *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2015;5(27):45–50. Режим доступа: https://vek21.penzgtu.ru/wp-content/uploads/2020/04/2015_27.pdf (дата обращения: 27.06.2023).
Orlov P.M., Sychov V.G., Zhilenko S.V. The radiological monitoring of the soils of the earth of the agricultural designation of the Krasnodar edge. *XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus*. 2015;5(27):45–50. (In Russ.) Available at: https://vek21.penzgtu.ru/wp-content/uploads/2020/04/2015_27.pdf (accessed: 27.06.2023).
7. Appleton J.D., Kendall G.M. Gamma-radiation levels outdoors in Great Britain based on K, Th and U geochemical data. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2022;251–252:106948. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2022.106948>
8. Folly C.L., Konstantinou G., Mazzei-Abba A., Kreis C., Bucher B., Furrer R., Spycher B.D. Bayesian spatial modelling of terrestrial radiation in Switzerland. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2021;233:106571 <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2021.106571>
9. Beamish D. Relationships between gamma-ray attenuation and soils in SW England. *Geoderma*. 2015;259–260:174–186. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.05.018>
10. Beamish D. Environmental radioactivity in the UK: the airborne geophysical view of dose rate estimates. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2014;138:249–263. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.08.025>

ВКЛАД АВТОРОВ:

Плахотная Д.П. – выполнение измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в регионах Краснодарского края, обработка и статистический анализ данных, оформление статьи, подбор литературных источников;

Буряева Е.А. – общее руководство работой, выполнение измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в регионах Краснодарского края, написание и редактирование текста статьи, обобщение и анализ данных, подбор литературных источников;

Ратушный В.И. – информационное обеспечение научного исследования, анализ экспериментальных данных, подготовка и опубликование результатов исследования.

AUTHORS' CONTRIBUTION:

Plahotnyaya D.P. – performing measurements of the ambient dose equivalent rate of gamma radiation in the regions of the Krasnodar Territory, processing and statistical analysis of data, preparation of the article, selection of literary sources;

Buraeva E.A. – general management of the work, measurements of the ambient dose equivalent rate of gamma radiation in the regions of the Krasnodar Territory, writing and editing the text of the article, summarizing and analyzing data, selecting literary sources;

Ratushnyj V.I. – information support for scientific research, analysis of experimental data, preparation and publication of research results.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ:

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(ГЗ0110/23-11-ИФ).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Дарья Павловна Плахотная, лаборант-исследователь, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

e-mail: plahotnyaya@sfnedu.ru

Елена Анатольевна Буряева, кандидат химических наук, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0928-1617>

e-mail: buryaeva@sfnedu.ru

Виктор Иванович Ратушный, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физико-математических дисциплин, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Волгодонск, Ростовская обл., Российская Федерация.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5701-6279>

e-mail: VIRatushnyj@mephi.ru

FUNDING:

The research was carried out with financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (State assignment in the field of scientific activity 2023). Project No. FENW-2023-0010/(GZ0110/23-11-IF).

CONFLICT OF INTEREST:

No conflict of interest.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Dariy P. Plahotnyaya research assistant, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

e-mail: plahotnyaya@sfnedu.ru

Elena A. Buraeva, Can. Sci. (Chem.), Dr. Sci. (Bio.), Associate Professor, Leading Researcher, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0928-1617>

e-mail: buryaeva@sfnedu.ru

Viktor I. Ratushnyj, Dr. Sci. (Phys. Math.), Professor, Head of the Department of Physical and Mathematical Disciplines, Volgogradsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI», Volgogradsk, Rostov region, Russian Federation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5701-6279>

e-mail: VIRatushnyj@mephi.ru

Поступила в редакцию 29.12.2023

После доработки 12.03.2024

Принята к публикации 14.03.2024

Received 29.12.2023

Revision 12.03.2024

Accepted 14.03.2024