

Сезонные колебания мощности амбиентного эквивалента дозы на улицах Санкт-Петербурга

Рамзаев В.П., Барковский А.Н.

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

*Мощность дозы гамма-излучения в воздухе в какой-либо локации на открытой местности не является постоянной величиной на протяжении года. Эти колебания мощности дозы следует учитывать при оценке дозы внешнего облучения человека. Целью настоящего исследования являлось определение сезонной вариабельности мощности амбиентного эквивалента дозы на улицах города Санкт-Петербурга. Материалы и методы: Для измерений гамма-спектров *in situ* использовали портативный гамма-спектрометр-дозиметр, который размещали в рюкзаке на спине у оператора. Измерения проводили в зимний и летний период на улицах, расположенных в центральной части города. Для сравнения в то же время были проведены измерения спектров на дорожках и газонах в парках города. Результаты исследования и обсуждение: В среднем значения мощности амбиентного эквивалента дозы от природных радионуклидов на улицах зимой были на 6 % ниже таковых летом. Разница была статистически значимой (критерий Вилкоксона для связанных выборок, $p < 0,01$). Более существенные различия между зимним и летним периодами были выявлены в отношении парков: в присутствии снежного покрова толщиной около 20 см мощность амбиентного эквивалента дозы на газонах и дорожках снизилась на 32 % и 29 %, соответственно. Различия между сезонами были статистически значимыми ($p < 0,05$). Сравнительно небольшое снижение мощности амбиентного эквивалента дозы на улицах города зимой объясняется не только уборкой снега с тротуаров и проезжей части, но и тем, что в этой локации некоторая доля гамма-излучения исходит от радионуклидов в стенах домов. Заключение: Сезонные колебания мощности амбиентного эквивалента дозы от природных радионуклидов на улицах города крайне незначительны. Для оценки величины снижения соответствующей мощности дозы внешнего облучения человека на улице в зимний период, по сравнению с летним периодом, можно использовать коэффициент 0,95.*

Ключевые слова: мощность амбиентного эквивалента дозы, природные радионуклиды, городская среда, зима, лето.

Введение

Мощность дозы гамма-излучения в воздухе (МД) в какой-либо локации на открытой местности не является постоянной величиной на протяжении года. Эти колебания МД следует учитывать при оценке дозы внешнего облучения человека¹. Заметным, но сравнительно кратковременным, природным фактором влияния является выпадение радиоактивных продуктов распада радона (ПРР) из атмосферы на поверхность земли с осадками [1–3]. Для многих регионов наиболее значимым фактором является формирование снежного покрова на почве и других поверхностях в зимний период времени [4–6]. Например, по результатам полевых измерений в сельских населенных пунктах Брянской области установлено, что МД в этот период времени, по сравнению с летним периодом, существенно изменяется с коэффициентом снижения $0,72 \pm 0,10$ [5].

Разрушение снежного покрова происходит под влиянием в основном природных факторов: увеличение солнечной инсоляции, повышение температуры атмосферного воздуха, выпадение влажных осадков [7, 8]. Для городской среды, в особенности в крупных городах, важным фактором становится целенаправленная деятельность человека: снег с основных открытых городских локаций (улицы и площади) убирают [9], хотя с разной периодичностью и эффективностью. Соответственно и диапазон сезонных изменений МД в городе, по сравнению с сельской местностью, может быть существенно уже.

Цель исследования – определение сезонной вариабельности мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД, нЗв/ч) на улицах города Санкт-Петербурга.

Материалы и методы

Для измерений гамма-спектров *in situ* использовали портативный гамма-спектрометр-дозиметр (ГСД) МКС-АТ6101Д

¹Прогноз доз облучения населения цезием-137 при его попадании в окружающую среду. Методические указания МУ 2.6.1.3806-22. Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А. Ю. Поповой 2 декабря 2022 г. [Forecast of population exposure doses from cesium-137 when it enters the environment. Methodological Guidelines MU 2.6.1.3806-22. Approved by the Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation A. Yu. Popova on December 02, 2022 (In Russ.)]

Рамзаев Валерий Павлович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: V.Ramzaev@mail.ru

(фирма «АТОМТЕХ», Беларусь). ГСД размещали в рюкзаке на спине у оператора [10]. Для визуального анализа гамма-спектров и считывания измеренных значений МАЭД применяли программу ATAS Lite («АТОМТЕХ»). Фоновое значение МАЭД_{фон} (8 нЗв/ч), которое включало в себя собственный фон прибора и его отклик на космическое излучение, было определено при проведении измерений на льду Финского залива [10]. Мы предполагали, что это значение не меняется в зависимости от сезона. Оно было вычтено из измеренных значений МАЭД; полученная величина обозначена как МАЭД_{корр}. Именно эта величина служила предметом анализа и была использована для статистической обработки. МАЭД_{корр} представляет собой сумму МАЭД от природных радионуклидов (ПРН), а также от техногенных радионуклидов (при их присутствии в окружающей среде) [10].

На улицах, расположенных в центральной части города, было проведено две серии измерений. В первой серии (2017–2019 гг.) повторные обследования на одних и тех же уличных маршрутах (n = 14) были выполнены летом в сухую погоду и зимой при наличии на газонах в городе устойчивого снежного покрова толщиной 15–20 см. На большинстве (n = 12) уличных маршрутов, обследованных в этой серии в зимнее время, было отмечено присутствие того или иного количества снега и льда на поверхности тротуаров и проезжей части. На двух маршрутах (Невский проспект, четная и нечетная сторона) снег был полностью убран. Для сравнения в то же время были проведены измерения спектров на дорожках и газонах в парках и скверах (n = 7). Во второй серии измерения проводили на двух уличных маршрутах в мониторинговом режиме в течение года (13.11.2023–06.11.2024 гг.) со средним интервалом 6 дней (65 измерений за год на каждом маршруте). Один из маршрутов в основном пролегал в Петроградском районе по Каменноостровскому проспекту – одной из весьма оживленных транспортных ар-

терий города. Второй маршрут включал в себя преимущественно второстепенные небольшие улицы Петроградского района. Измерения проводили как в сухую погоду, так и во время выпадения осадков. Для сравнения в те же дни были выполнены измерения спектров в контрольной точке внутри одной из комнат здания ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева. Статистическая неопределенность измерения МАЭД не превышала 5 % (95 % вероятность).

Результаты и обсуждение

При визуальном анализе гамма-спектров, измеренных на улицах и в парках (n = 158), были выявлены пики ПРН (⁴⁰K, радионуклиды рядов ²³²Th и ²³⁸U). Пики от техногенных радионуклидов не были обнаружены. Такая же картина была отмечена при анализе спектров, измеренных внутри помещения (n = 65). В этой связи можно обоснованно считать, что величина МАЭД_{корр} обусловлена только гамма-излучением от природных радионуклидов [7]. Сравнительный визуальный анализ спектров, измеренных летом и зимой на одних и тех же уличных маршрутах не выявил отчетливых различий в форме распределений импульсов и амплитуде пиков ПРН (рис. 1, панель «улица»). Для парков амплитуда пиков в зимний период в присутствии снежного покрова зимой, по сравнению с летним периодом, была отчетливо меньше во всем изученном спектральном диапазоне (рис. 1, панель «парк»). На спектрах, измеренных во время дождя, по сравнению с таковыми, измеренными на тех же уличных маршрутах в сухую погоду, отмечено увеличение амплитуды пиков, формирование которых полностью или частично происходит за счет гамма-квантов от ПРП: ²¹⁴Pb и ²¹⁴Bi (рис. 2). Сходные сравнительные спектрограммы для сухой и дождливой погоды приводят и другие авторы, проводившие гамма-спектрометрические исследования *in situ* в Республике Корея [11], Греции [12] и Беларуси [13].

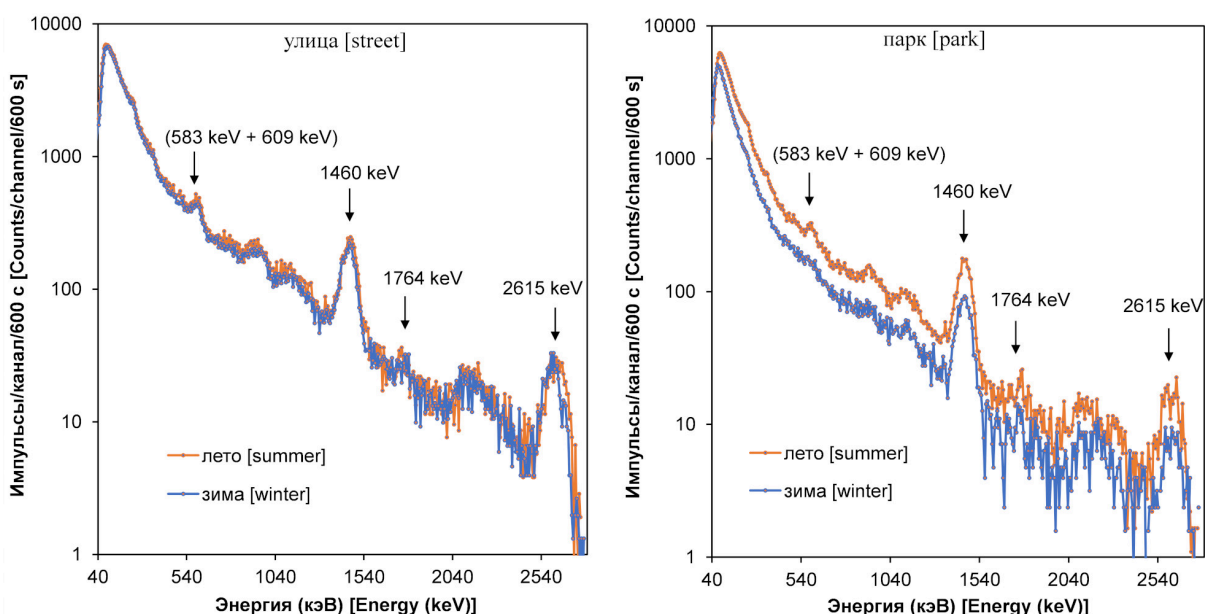


Рис. 1. Гамма спектры, измеренные летом (июнь 2017 г.) и зимой (февраль 2018 г.) на маршрутах по улице Мира (левая панель) и на газоне в Александровском парке (правая панель). Указаны основные пики природных радионуклидов ⁴⁰K (1460 кэВ [keV]), ²¹⁴Bi (1764 кэВ [keV]), ²⁰⁸Tl (2615 кэВ [keV]), ²¹⁴Bi и ²⁰⁸Tl (композитный пик с энергией 583+609 кэВ [keV])

[Fig. 1. Gamma-ray spectra measured on the routes at Mira Street and on the lawn in Aleksandrovsy Park in summer (June 2017) and winter (February 2018). The main gamma peaks of natural radionuclides marked are: 2615 keV of ²⁰⁸Tl, 1764 keV of ²¹⁴Bi, 1460 keV of ⁴⁰K, and the composite peak (583+609 keV) of ²⁰⁸Tl and ²¹⁴Bi]

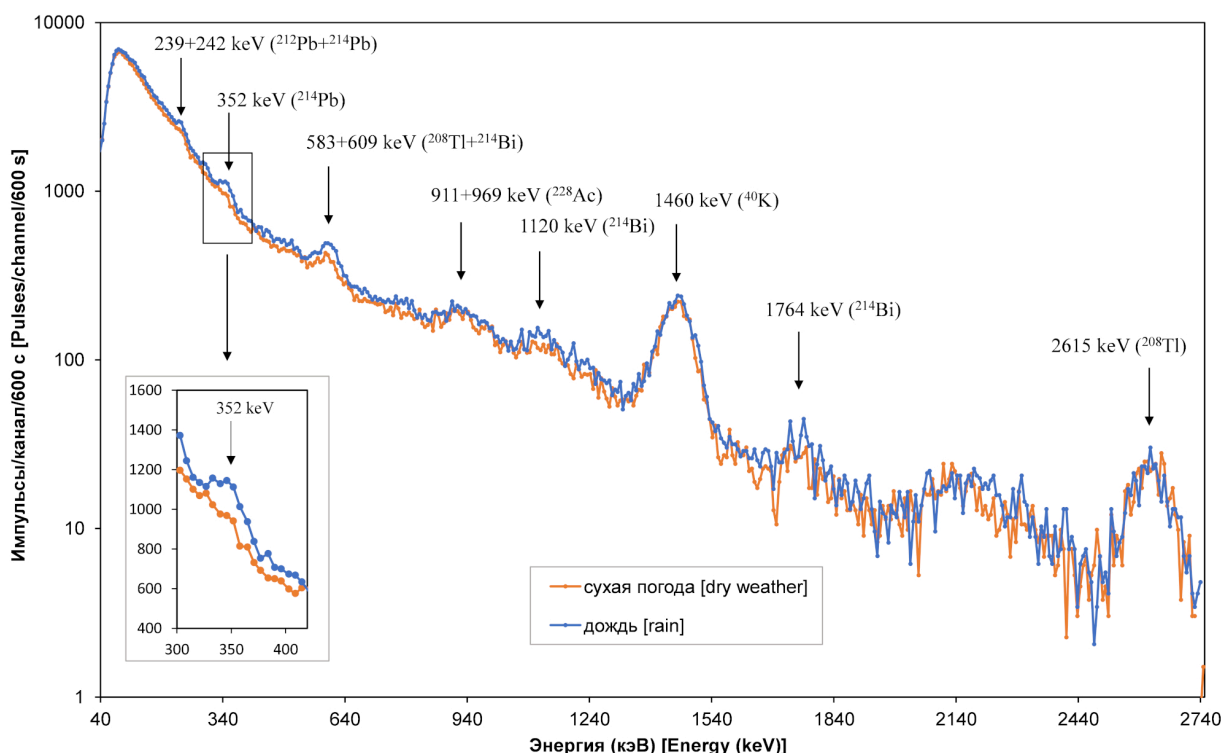


Рис. 2. Гамма спектры, измеренные на маршруте № 2 22.07.2024 г. в сухую погоду и 13.11.2023 во время дождя
 [Fig. 2. Gamma-ray spectra measured on the route No. 2 22.07.2024 during a period of dry weather and 13.11.2023 during rain]

Результаты статистической обработки данных, полученных в первой серии наблюдений, представлены в таблице 1. В среднем значения МАЭД_{кор} на улицах зимой были на 6 % ниже таковых летом. Разница была статистически значимой (критерий Вилкоксона для связанных выборок, $p < 0,01$). Более существенные различия между зимним и летним периодом были выявлены в отношении парков и скверов: в присутствии снежного покрова толщиной около 20 см МАЭД_{кор} на газонах и дорожках снизилась на 32 % и 29 % соответственно; это достаточно близко к результатам, полученным для сельских населенных пунктов Брянской области [5]. Различия между сезонами для парков Санкт-Петербурга были

статистически значимыми ($p < 0,05$). Сравнительно небольшое снижение МАЭД_{кор} на улицах города зимой и отсутствие заметных различий между полевыми гамма-спектрами в летний и зимний периоды объясняется не только уборкой снега с тротуаров и проезжей части, но и тем, что в этой локации некоторая доля гамма-излучения исходит от радионуклидов в стенах домов (вертикальная поверхность); снежный покров не влияет на эту долю. В парках, расположенных на значительном расстоянии от строений, МАЭД_{кор} определяется излучением от радионуклидов в газонах и дорожках, т.е. тех горизонтальных поверхностей, которые зимой покрыты сравнительно толстым слоем снега.

Таблица 1. Мощность AMBIENT EQUIVALENT DOSE RATE (МАЭД_{кор}) с учетом поправки на собственный фон прибора и его отклика на космическое излучение (АДЕР_{кор}) зимой и летом на улицах и в парках Санкт-Петербурга. Число мест проведения измерений дано в круглых скобках

[Table 1. The ambient dose equivalent rate with correction for the intrinsic noise of the instrument and its response to cosmic radiation (ADER_{cor}) on the streets and at the parks of St. Petersburg in winter and summer. The number of measurement sites is given in parentheses]

Параметр [Parameter]	МАЭД _{кор} (нЗв/ч) [ADER _{cor} (nSv/h)]		Отношение зима/лето [The winter/summer ratio]
	лето [summer]	зима [winter]	
улица [street] (14)			
Минимум [Minimum]	93	82	0,88
Максимум [Maximum]	187	196	1,05
Медиана [Median]	110	101	0,92
Средняя [Mean]	116	109	0,94
С.о. [SD]	28	32	0,04

Параметр [Parameter]	МАЭД _{кор} (нЗв/ч) [ADER _{кор} (nSv/h)]		Отношение зима/лето [The winter/summer ratio]
	лето [summer]	зима [winter]	
газон в парке [lawn in park] (7)			
Минимум [Minimum]	58	39	0,57
Максимум [Maximum]	83	57	0,76
Медиана [Median]	67	46	0,69
Средняя [Mean]	70	47	0,68
С.о. [SD]	9	6	0,07
дорожка в парке [path in park] (7)			
Минимум [Minimum]	86	61	0,55
Максимум [Maximum]	175	125	0,86
Медиана [Median]	132	87	0,71
Средняя [Mean]	126	89	0,71
С.о. [SD]	36	25	0,10

С.о. – стандартное отклонение [SD – standard deviation].

На рисунке 3 графически представлены результаты мониторинговых измерений МАЭД на двух уличных маршрутах и внутри помещения в течение года. Наибольшие значения МАЭД на улицах были зарегистрированы летом в дождливую погоду (эти дни показаны стрелками), что объясняется вымыванием ПРП из атмосферы на поверхность земли. Наименьшие значения были получены при наличии снежного покрова в зимний период. Внутри помещения вариации МАЭД были крайне незначительны и никак не зависели от времени года. Таблица 2 содержит результаты статистической обработки данных второй серии измерений МАЭД_{кор}.

Внутри помещения (комната № 327) различий между зимним и летним периодом не обнаружено (U тест Манна-Уитни, $p > 0,05$). На маршруте № 1, пролежавшему по проспекту, который подвергался регулярной и эффективной очистке от снега, МАЭД_{кор} летом также не отличались от таковой, измеренной зимой ($p > 0,05$). На маршруте № 2, который пролегал по второстепенным и в отдельные зимние дни весьма заснеженным улицам, МАЭД зимой была в среднем на 7 % меньше, чем таковая летом. Разница была статистически значимой ($p < 0,05$).

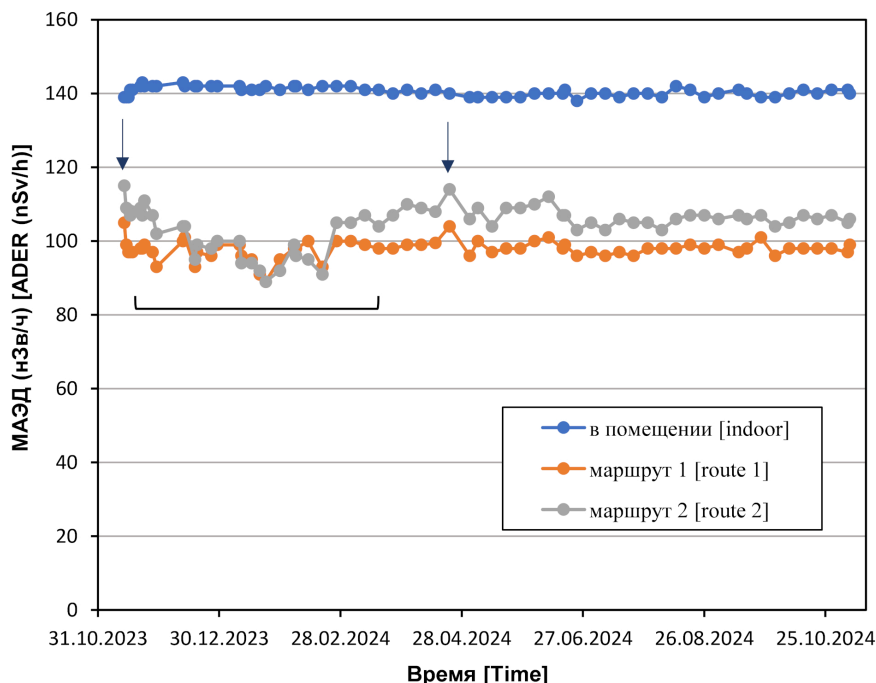


Рис. 3. Колебания мощности AMBIENTНОГО ЭКВИВАЛЕНТА ДОЗЫ (МАЭД) внутри помещения № 327 и на уличных маршрутах 1 и 2 в период наблюдений с 13.11.2023 по 06.11.2024. Стрелки показывают те дни, когда измерения проводили во время дождя.

Горизонтальная скобка охватывает период присутствия снега на газонах в микрорайоне проведения мониторинга

[Fig. 3. Variations in the ambient dose equivalent rate (ADER) indoor (room No. 327) and on outdoor routes 1 and 2 during the observation period from 13.11.2023 to 06.11.2024. Arrows indicate the days when measurements were done during rain.

The horizontal bracket covers the period of snow on the lawns in the monitoring area]

Таблица 2. Сводная статистика изменений мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы с учетом поправки на собственный фон дозиметра-спектрометра и его отклика на космическое излучение (МАЭД_{кор}) внутри помещения № 327 и на уличных маршрутах 1 и 2 летом (n = 40) и зимой (n = 25) в период наблюдений с 13.11.2023 г. по 06.11.2024 г.

[Table 2. Summary statistics of changes in the ambient dose equivalent rate with correction for the intrinsic noise of the dosimeter-spectrometer and its response to cosmic radiation (ADER_{cor}) inside room No. 327 and on outdoor routes 1 and 2 in summer (n = 40) and winter (n = 25) during the observation period from 13.11.2023 to 06.11.2024]

Параметр [Parameter]	МАЭД _{кор} (нЗв/ч) [ADER _{cor} (nSv/h)]					
	комната № 327 [room No. 327]		маршрут 1 [route 1]		маршрут 2 [route 2]	
	лето [summer]	зима [winter]	лето [summer]	зима [winter]	лето [summer]	зима [winter]
Минимум [Minimum]	130	133	88	81	95	81
Максимум [Maximum]	134	135	97	93	107	103
Медиана [Median]	132	134	90	90	99	92
Средняя [Mean]	132	134	90	89	99	92
С.о. [SD]	1	1	2	3	3	6

С.о. – стандартное отклонение [SD – standard deviation].

Заключение

Исследование показало, что сезонные колебания МАЭД от природных радионуклидов на улицах Санкт-Петербурга незначительны. Для оценки величины снижения соответствующей мощности дозы внешнего облучения человека на улице в зимний период, по сравнению с летним периодом, можно использовать коэффициент 0,95.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Рамзаев В.П. – концептуализация, измерения, написание рукописи.

Барковский А.Н. – концептуализация, редактирование рукописи.

Информация о конфликте интересов

У авторов отсутствуют конфликты интересов, которые следует раскрывать.

Сведения об источнике финансирования

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

- Livesay R.J., Blessinger C.S., Guzzardo T.F., Hausladen P.A. Rain-induced increase in background radiation detected by radiation portal monitors // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2014. Vol. 137. P. 137–141. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2014.07.
- Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В., Быков В.М. Влияние короткоживущих радиоактивных изотопов на изменение гамма-фона во время осадков на Европейском Севере России // *Успехи современного естествознания*. 2017. № 6. С. 123–129.
- Charan K.K., Rajendra P.T., Nagaraja K. Study of ambient gamma dose levels at national atmospheric research laboratory, Gadanki, India // *Radiation Protection and Environment*. 2021. Vol. 44, No. 1. P. 28–33. DOI: 10.4103/rpe.rpe_62_20.
- Saito K. External doses to terrestrial gamma rays on the snow cover // *Radiation Protection Dosimetry*. 1991. Vol. 35, No. 1. P. 31–39. DOI: 10.1093/oxfordjournals.rpd.a080931.
- Ramzaev V., Yonehara H., Hille R. et al. Gamma-dose rates from terrestrial and Chernobyl radionuclides inside and outside settlements in the Bryansk Region, Russia in 1996–2003 // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2006. Vol. 85. P. 205–227. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2004.04.014.
- Omori Y., Wakamatsu H., Sorimachi A., Ishikawa T. Radiation survey on Fukushima Medical University premises about four years after the Fukushima nuclear disaster // *Fukushima Journal of Medical Science*. 2016. Vol. 62, No. 1. P. 1–17. DOI: 10.5387/fms.2015-16.
- Рихтер Г.Д. Снежный покров, его формирование и свойства. Издательство Академии наук СССР. Москва–Ленинград. 1945. URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/183992/text.pdf>. (Дата обращения 27.09.2025).
- Лавров С.А. Влияние метеофакторов, свойств снега и климатических изменений на процессы таяния снежного покрова // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2024. № 1. С. 46–70. DOI: 10.35567/19994508-2024-1-46-70.
- Как производится уборка в городе в зимний период? URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/blago/obrasheniya-grazhdan/faq/5252/> (Дата обращения 27.09.2025).
- Рамзаев В.П., Барковский А.Н. Измерение эффективной удельной активности природных радионуклидов *in situ* для оценки мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы в городской среде // *Радиационная гигиена*. 2025. Т. 18, № 2. С. 132–145. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-2-132-145.
- Lee M.S. Gamma-ray exposure rate monitoring by energy spectra of NaI(Tl) scintillation detectors // *Journal of Radiation Protection and Research*. 2017. Vol. 42, No 3. P. 158–165. DOI: 10.14407/jrpr.2017.42.3.158.
- Patiris D., Tsabaris C., Livanou K. et al. Atmospheric *in situ* gamma-ray spectrometry for precipitation investigation // *Acta Geophysica*. 2023. Vol. 71. P. 2517–2533. DOI: 10.1007/s11600-023-01090-9.
- Ramzaev V., Bernhardsson C., Vodovatov A. et al. Ambient dose equivalent rates of gamma radiation from natural radionuclides and ¹³⁷Cs at grasslands and forests in the area of the Belarusian NPP in the pre-commissioning period (2019) // *Radiation Protection Dosimetry*. 2024. Vol. 200, No 5. P. 496–503. DOI: 10.1093/rpd/ncae016.

Поступила: 07.10.2025

Рамзаев Валерий Павлович – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории внешнего облучения Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: V.Ramzaev@mail.ru
ORCID: 0000-0002-9502-1751

Барковский Анатолий Николаевич – руководитель Федерального радиологического центра, главный научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия
ORCID: 0009-0007-6179-1394

Для цитирования: Рамзаев В.П., Барковский А.Н. Сезонные колебания мощности амбиентного эквивалента дозы на улицах Санкт-Петербурга // Радиационная гигиена. 2026. Т. 19, № 1. С. 140–146. DOI: 10.21514/1998-426X-2026-19-1-140-146

Seasonal variations of ambient dose equivalent rate on the streets of Saint Petersburg

Valery P. Ramzaev, Anatoly N. Barkovsky

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

The gamma dose rate in air at any given outdoor location is not constant throughout the year. These fluctuations of the dose rate should be taking into account when assessing external radiation dose to humans. The aim of this study was to determine the seasonal variability of ambient dose equivalent rate on the streets of St. Petersburg. Materials and Methods: A portable gamma spectrometer-dosimeter, carried in a backpack on the operator, was used to measure gamma spectra in situ. Measurements were conducted in summer and winter on the streets located in the central part of the city. For comparison, spectra were measured on paths and lawns of the city parks. Results and Discussion: On average, ambient dose equivalent rates from natural radionuclides on the streets in winter were 6 % lower than those in summer. The difference was statistically significant (Wilcoxon test for the pair samples, $p < 0.01$). More pronounced differences between winter and summer were found in parks: with a snow cover depth of approximately 20 cm, the ambient dose equivalent rate on lawns and paths decreased by 32 % and 29 %, respectively. The differences between the seasons were statistically significant ($p < 0.05$). The relatively small decrease in the ambient dose equivalent rate on the city streets in winter is explained not only by snow removal from sidewalks and roadways but also by the fact that in this location some gamma radiation comes from radionuclides in the walls of buildings. Conclusion: The seasonal variations in the ambient dose equivalent rate from natural radionuclides on the city streets are extremely small. A coefficient of 0.95 can be used to estimate the magnitude of the reduction in the corresponding rate of external exposure to humans on the streets in winter compared to summer.

Key words: ambient dose equivalent rate, natural radionuclides, urban environment, winter, summer.

Authors' personal contribution

Ramzaev V.P. – conceptualization, measurements, writing the manuscript.

Barkovsky A.N. – conceptualization, editing the manuscript.

Conflict of interests

The authors have no conflicts of interest to declare.

Sources of funding

The study had no sponsorship.

References

1. Livesay RJ, Blessinger CS, Guzzardo TF, Hausladen PA. Rain-induced increase in background radiation detected by radiation portal monitors. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2014;137: 137-141. DOI 10.1016/j.jenvrad.2014.07.

2. Yakovlev EY, Druzhinin SV, Bykov VM. Impact of the short-lived radon decay products on change of gamma background during precipitation on the European north of Russia. *Uspekhi Sovremennogo Yestestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*. 2017;(6): 123–129. (In Russian).
3. Charan KK, Rajendra PT, Nagaraja K. Study of ambient gamma dose levels at national atmospheric research laboratory, Gadanki, India. *Radiation Protection and Environment*. 2021;44(1): 28–33. DOI: 10.4103/rpe.rpe_62_20.
4. Saito K. External doses to terrestrial gamma rays on the snow cover. *Radiation Protection Dosimetry*. 1991;35(1): 31–39. DOI: 10.1093/oxfordjournals.rpd.a080931.

Valery P. Ramzaev

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: 8, Mira Str., Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: V.Ramzaev@mail.ru

5. Ramzaev V, Yonehara H, Hille R, Barkovsky A, Mishine A, Sahoo SK, et al. Gamma-dose rates from terrestrial and Chernobyl radionuclides inside and outside settlements in the Bryansk Region, Russia in 1996–2003. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2006;85: 205–227. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2004.04.014.
6. Omori Y, Wakamatsu H, Sorimachi A, Ishikawa T. Radiation survey on Fukushima Medical University premises about four years after the Fukushima nuclear disaster. *Fukushima Journal of Medical Science*. 2016;62(1): 1–17. DOI: 10.5387/fms.2015-16.
7. Richter GD. Snow cover, its formation and properties. The USSR Academy of Sciences. Moscow–Leningrad. 1945. Available on: <https://www.booksite.ru/fulltext/183992/text.pdf>. (Accessed: 27 September 2025). (In Russian).
8. Lavrov SA. The influence of meteorological factors, snow properties and climate changes on the snow cover melting processes. *Vodnoe Khozyaystvo Rossii: Problemy, Tekhnologii, Upravlenie = Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2024(1): 46–70. DOI: 10.35567/19994508-2024-1-46-70. (In Russian).
9. How is city cleaning carried out during the winter? Available on: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/blago/obrasheniya-grazhdan/faq/5252/> (Accessed: 27.09.2025). (In Russian).
10. Ramzaev VP, Barkovsky AN. Measurement of effective activity concentration of natural radionuclides *in situ* for assessment of ambient dose equivalent rate in urban environments. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2025;18(2): 132–145. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-2-132-145.
11. Lee MS. Gamma-ray exposure rate monitoring by energy spectra of NaI(Tl) scintillation detectors. *Journal of Radiation Protection and Research*. 2017;42(3): 158–165. DOI: 10.14407/jrpr.2017.42.3.158.
12. Patiris D, Tsabaris C, Livanou K, Roumelioti SK, Alexakis S. Atmospheric *in situ* gamma-ray spectrometry for precipitation investigation. *Acta Geophysica*. 2023;71: 2517–2533. DOI: 10.1007/s11600-023-01090-9.
13. Ramzaev V, Bernhardsson C, Vodovatov A, Chipiga L, Nekrasov V, Dvornik A. Ambient dose equivalent rates of gamma radiation from natural radionuclides and ¹³⁷Cs at grasslands and forests in the area of the Belarusian NPP in the pre-commissioning period (2019). *Radiation Protection Dosimetry*. 2024;200(5): 496–503. DOI: 10.1093/rpd/ncae016.

Received: October 07, 2025

For correspondence: Valery P. Ramzaev – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of External Exposure, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (8, Mira Str., Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: V.Ramzaev@mail.ru)
ORCID: 0000-0002-9502-1751

Anatoly N. Barkovsky – Head of the Federal Radiological Centre, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia
ORCID: 0009-0007-6179-1394

For citation: Ramzaev V.P., Barkovsky A.N. Seasonal variations of ambient dose equivalent rate on the streets of Saint Petersburg. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2026. Vol. 19, No 1. P. 140–146. DOI: 10.21514/1998-426X-2026-19-1-140-146