

УДК 550.42

**КРЯЧЮНАС Вidas Винанто**, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник научного стационара «Ломоносовский» Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор 40 научных публикаций

**ЛЮБАС Артём Александрович**, младший научный сотрудник, аспирант лаборатории комплексного анализа космических и наземных данных для экологических целей Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор 6 научных публикаций

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РАДИОАКТИВНОГО ФОНА НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКА**

В статье рассматриваются основные результаты исследований радиоактивности на территории центральной части города Архангельска. Выявлены основные факторы, оказывающие влияние на пространственную variability радиоактивного фона в центральной части города.

**Ключевые слова:** *естественная радиоактивность строительных материалов, радиоактивный фон, торф.*

Город – это особая геоморфологическая система, характеризующаяся уникальными геофизическими и геохимическими свойствами, полностью или частично преобразованная человеком для создания социальной и промышленной инфраструктуры и ее устойчивого развития. Строительство различных объектов всегда сопровождается полным или частичным нарушением равновесия геолого-геоморфологических систем, в результате создаются новые геохимические ландшафты, радиоизотопный состав которых имеет существенные отличия от естественных природных ландшафтов. Причем в качественном отношении новые геохимические ландшафты часто оказываются хуже природных.

Цель исследования – выявить основные факторы, оказывающие влияние на простран-

ственную variability радиоактивного фона на территории центральной части города Архангельска.

**Объект и предмет исследования.** Основным объектом исследования является центральная часть города Архангельска – Октябрьский и Ломоносовский районы. В этих районах сконцентрировано 40 % жилого фонда, который имеет четкое деление по типу и времени застройки.

В геоморфологическом плане центральная часть города интересна тем, что здесь представлены две первичные формы рельефа – отложения осташковской морены, которые выходят на поверхность двумя узкими грядами в центре города. Верхний горизонт морены представлен коричневыми суглинками, содержащими от 5 до 10 % гравия и гальки, с линзами песка не-

значительной мощности. Второй первичной формой рельефа являются болотные равнины, которые занимают 75 % территории центрального района. Они сформировались при зарастании больших озерных водоемов, разделяющих моренные холмы. Литогенная основа таких болот характеризуется наличием мощной толщи торфяных отложений от 1 до 12 м [1].

Почвенный покров в условиях города имеет различный генезис. Почвы в центральной части города представлены урбаноземами и урботехноземами. Группу собственно городских почв образуют урбанозем, культурозем, некразем, экранозем, в которых горизонт «урбик» имеет мощность более 50 см. Они формируются за счет процессов урбанизации на культурном слое или на насыпных, намывных и перемешанных грунтах мощностью более 50 см. Урботехноземы представляют собой искусственно созданные почвогрунты путем обогащения плодородным слоем, торфо-компостной смесью насыпных или других свежих грунтов (реплантозем, конструкторзем). Эти две группы городских почв обладают целым рядом специфических признаков – большой захламленностью (доминирующий признак), сильной степенью рекреационной нагрузки, отсутствием или слабой прочерченностью генетических почвенных горизонтов до глубины 50 см и медленной скоростью разложения органического вещества [2].

Основным предметом исследования являлся радиоактивный фон на открытой местности и внутри помещений. Естественный радиоактивный фон на территории города складывается из космического излучения, радиоактивности строительных материалов и естественных радионуклидов присутствующих в горных породах (а также воды, воздуха, почвы).

До недавнего времени основной мониторинг радиационной обстановки на территории города Архангельска проводился путем измерения мощности дозы гамма-излучения сетью наземных станций, принадлежащих Северному управлению по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Более детальное

и планомерное изучение радиоактивности началось с открытия лаборатории экологической радиологии в Институте экологических проблем Севера Уральского отделения Российской академии наук. В период с 2001 по 2008 год на территории города Архангельска с участием авторов были замерены радиоактивный фон, объемная активность радона в почвенном воздухе, а также в каждом квартале города определено содержание  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  в верхнем почвенном горизонте, построены соответствующие карты.

**Аппаратура и методика исследований.** Работа выполнялась в аккредитованной лаборатории экологической радиологии Института экологических проблем Севера УрО РАН. Регистрация излучения и обработка спектров производилась с использованием гамма-спектрометра «Прогресс». Отбор проб почвы и подготовка к дальнейшему анализу проводилась согласно ГОСТу 17.4.4.02-84 [3]. В каждом квартале города опробовался верхний слой почвы мощностью 5 см вместе с растительностью, объемом воздушно-сухой смеси 1 дм<sup>3</sup>. В течение 20-25 дней почвы высушивались. Далее в почвенных образцах определялись четыре радионуклида:  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ . Методика определения активности гамма-излучающих радионуклидов в счетных образцах основана на регистрации сцинтилляционных спектров гамма-излучения, испускаемого веществом счетного образца, с последующей обработкой на ПЭВМ.

Для обнаружения и мониторинга гамма-излучения использовался автономный мобильный комплекс RS-700, который был установлен на автомашину. Система RS-700 с усовершенствованным цифровым спектрометром (ADS) представляет собой гамма-спектрометр высокого разрешения (1024 канала), который может измерять как природные, так и искусственные элементы в реальном времени (см. *рис. 1*). Комплекс снабжен встроенным приемником GPS, который позволяет точно определить координаты каждого измерения. В системе используется передовая технология DSP (цифровая



Рис. 1. Базовое оборудование мобильной системы радиационного мониторинга RS-700

обработка данных)/ FPGA (программируемая в поле матрица логических элементов). Мобильным комплексом RS-700 в центральной части города Архангельска было сделано 42 422 измерения.

Также для проведения исследований применялся геологоразведочный радиометр СРП-88, с помощью которого проведена плановая пешеходная съемка радиоактивного фона территории г. Архангельска. Всего было сделано 18 тыс. замеров через 50 м, на высоте 15 см от поверхности почвы. Для проверки достоверности полученных результатов были проведены повторные измерения радиоактивного фона в 100 произвольно выбранных точках, которые подтвердили первоначальные данные с погрешностью не более 10 %.

Геологоразведочным радиометром СРП-88 выполнены измерения мощности дозы гамма-излучения внутри помещений. Была сделана репрезентативная выборка обследуемых зданий по типу застройки: 40 деревянных зданий, 40 кирпичных и 40 панельных и крупнопанельных. В каждой обследуемой жилой единице

проводилось не менее 10 измерений. Измерения проводились на высоте 1 м от пола не ближе 0,5 м от стен дома на первом и втором этажах общественного коридора [4].

**Анализ и обсуждение результатов.** В процессе исследований было установлено, что пространственная вариабельность радиоактивного фона на территории центральной части города Архангельска обусловлена совместным действием природных (естественных) и антропогенных (искусственных) радиационных факторов. Так, на изменение радиоактивности в изучаемом районе существенное влияние оказывает тип застройки, который преобладает в том или ином квартале (см. рис. 2). Полученные в ходе работ данные показали, что радиоактивный фон увеличивается от кварталов с деревянной застройкой к кварталам с каменной застройкой. В среднем в кварталах с каменной застройкой мощность дозы в 1,5 раза выше, чем в кварталах с деревянной застройкой.

Каменную застройку центральной части города Архангельска по времени и технологии строительства можно разделить на пять

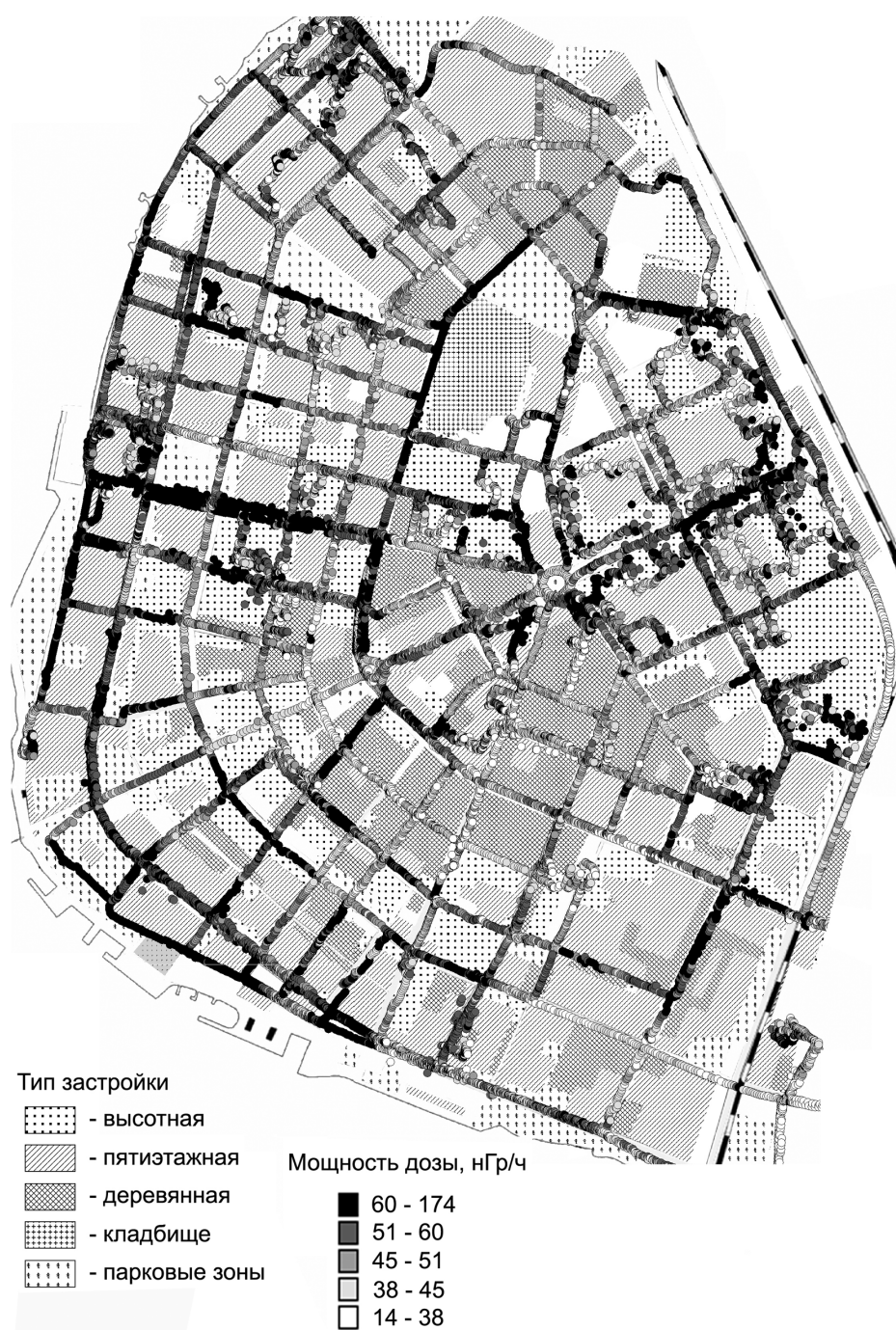


Рис. 2. Пространственное распределение мощности поглощенной дозы гамма-излучения в зависимости от типа застройки

архитектурных пластов: дореволюционную застройку, застройку 30–50-х годов, застройку 60-х годов, застройку 80-х годов и современную точечную застройку. Анализ радиационной обстановки в этих районах показал, что радиоактивный фон уменьшается в следующем направлении: кирпичная застройка 30–50-х годов → дореволюционная кирпичная застройка → панельная застройка 60-х годов → панельная застройка 80-х годов → современная застройка (см. рис. 3). При строительстве пятиэтажек 30–50-х годов и дореволюционной застройки

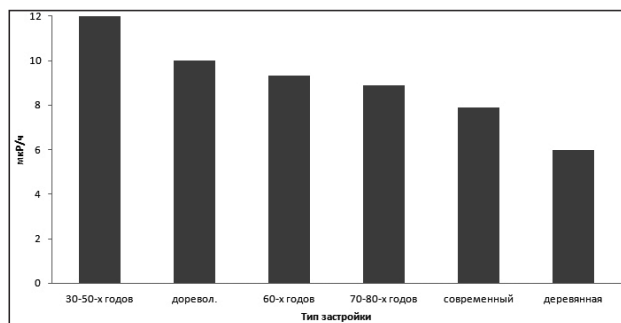


Рис. 3. Средние значения радиоактивного фона в различных районах г. Архангельска

использовался красный (глиняный) кирпич, с относительно высокой удельной активностью естественных радиоизотопов:  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ . Уменьшение радиоактивного фона в кварталах с современной застройкой связано с усилением радиационного контроля при производстве строительных материалов [5].

В центральной части города с помощью геологоразведочного радиометра СРП-88 проведено измерение радиоактивного фона внутри жилых помещений. Средняя мощность дозы гамма-излучения внутри помещений изменяются в следующем направлении: кирпичные дома (13 мкР/ч) ⊕ панельные и крупнопанельные дома (8 мкР/ч) ⊕ деревянные дома (5 мкР/ч) [6]. Такое изменение радиоактивного фона соответствует многочисленным исследованиям, проведенным в различных странах мира, и обусловлено содержанием в строительных материалах при-

родных радионуклидов уранового и ториевого ряда [7].

Существенное влияние на пространственное распределение радиоактивности на территории города оказывает применение в качестве строительного материала гранита. Гранит, как кислая горная порода, априори имеет высокий природный уровень радиоактивности из-за содержащихся в нем естественных радионуклидов. Так, повышение мощности дозы гамма-излучения фиксируется в районах Вологодского кладбища и на набережной Северной Двины. В первом случае из карельского гранита сделаны могильные памятники, во втором – гранит использовался, как облицовочный материал набережной.

С помощью мобильного комплекса RS-700 выявлены локальные участки с повышенным относительно остальной территории уровнем радиоактивного фона; площадь таких участков составляет от 5 до 10 м<sup>2</sup>. Эти локальные повышения связаны с нарушением целостности асфальтового покрытия дорог, в результате чего гравийная отсыпка, в основном состоящая из гранитного щебня, выходит на дневную поверхность. Проведенные измерения гравийной отсыпки на гамма-спектрометре «Прогресс» показали относительно высокую удельную активность естественных радионуклидов:  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ .

Локальные загрязнения естественными радионуклидами на территории города выявлены также на участках ремонта подземной части теплотрассы и в районах, где проводится выбор грунта для строительства новых зданий. Там естественные радионуклиды поднимаются экскаватором на дневную поверхность и загрязняют почвенный покров.

К естественным радиационным факторам, влияющим на пространственное изменение радиоактивного фона, относится заторфованность территории. На территории города в районах, не перекрытых техногенным (насыпным) слоем, прослеживается закономерность, согласно которой значения радиоактивного фона уменьшаются с увеличением мощности торфа,

и увеличивается в районах, где торф сужается или полностью выклинивается (см. рис. 4).

В районах, где торф слабо перекрыт насыпным слоем, в основном преобладает деревян-

ная застройка, отмечается слабое поступление строительного мусора (его минеральной компоненты) в почву, и соответственно фиксируется низкая удельная активность естественных

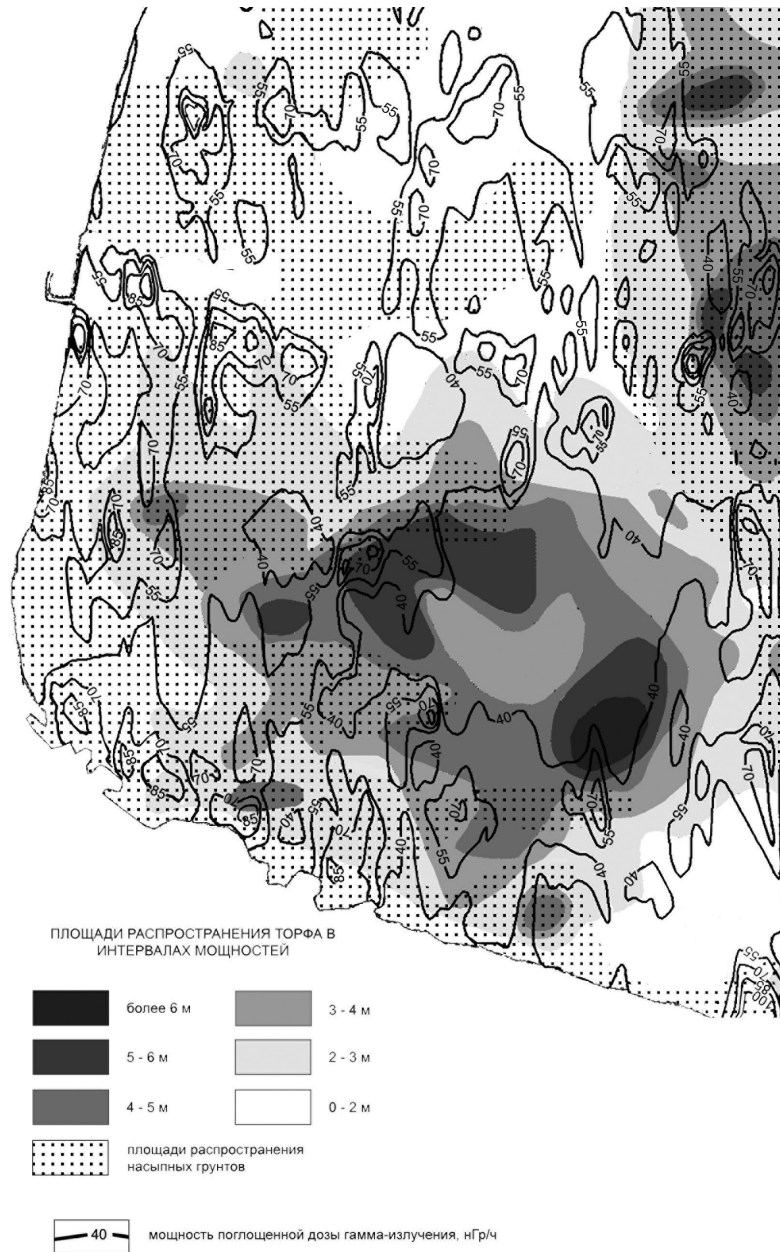


Рис. 4. Пространственная вариабельность радиоактивного фона в зависимости от мощности торфяных отложений

радионуклидов в почве. Измерения на гамма-спектрометре «Прогресс» 105 почвенных образцов, отобранных в центральной части города, показали, что средняя удельная активность  $^{232}\text{Th}$  в верхнем слое почвы составляет 18 Бк/кг,  $^{40}\text{K}$  – 307 Бк/кг,  $^{226}\text{Ra}$  – 10 Бк/кг, а в районах, где мощность торфа увеличивается до 4–6 метров, удельная активность этих элементов снижается:  $^{232}\text{Th}$  от 3 до 10 Бк/кг,  $^{40}\text{K}$  от 125 до 200 Бк/кг,  $^{226}\text{Ra}$  от 3 до 7 Бк/кг.

**Заключение.** Мощность дозы гамма-излучения на территории центрального района города Архангельска изменяется от 8 до 174 нГр/ч (от 0,008 до 0,174 мкЗв/ч, или от 0,8 до 17,4 мкР/ч). Это значит, что максимально замеренная мощность поглощенной дозы гамма-излучения в воздухе в городе Архангельске соответствует нормам радиационной безопасности и не превышает допустимой мощности дозы на открытой местности, которые соответствуют 0,2 мкЗв/ч – 0,6 мкЗв/ч [8].

В районах с деревянной застройкой сохраняется естественное распределение радионуклидов; в районах с каменной застройкой разного времени наблюдается привнесение естественных радиоактивных изотопов в зависимости от применяемых строительных материалов и хозяйственной деятельности человека.

Известный постулат, что радиоактивность почв напрямую зависит от активности материнских горных пород, действует только в районах города, слабо перекрытых насыпным слоем.

Уровень радиации внутри жилых помещений на территории центральной части города напрямую зависит от вида строительных материалов, используемых при возведении здания.

Логично предположить, что среднее значение радиоактивного фона в городе будет повышаться прямо пропорционально увеличению площади каменной застройки.

## Список литературы

1. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Режим доступа: URL: <http://tehnorma.ru/normativbase/8/8936/index.htm>. Дата обращения: 29.11.2012.
2. Крячюнас Э.М. Радиационный фон помещений. М., 1989.
3. Крячюнас В.В., Киселёв Г.П. Радиационный фон города Архангельска // Экология 2003: материалы междунар. конф., июнь 2003 г. / отв. ред. Ф.Н. Юдахин. Архангельск, 2003. С. 45–46.
4. Крячюнас В.В., Киселёв Г.П. Радиоактивность города Архангельска // Сергеевские чтения. Инженерно-экологические изыскания в строительстве: теоретические основы, методика, методы и практика. Вып. 8. М., 2006. С. 171–174.
5. Методические рекомендации № 11-2/206-09 «Выборочное обследование жилых зданий для оценки доз облучения населения». Режим доступа: URL: <http://www.bestpravo.ru/rossijskoje/vg-praktika/f6w.html>. Дата обращения: 29.11.2012.
6. Наквасина Е.Н., Пермогорская Ю.М., Попова Л.Ф. Почвы Архангельска. Структурно-функциональные особенности, свойства, экологическая оценка. Архангельск, 2006.
7. Невзоров А.Л. Геологические условия Архангельска // Очерки по геологии и полезным ископаемым Архангельской области / отв. ред. Р.М. Галимзянов. Архангельск, 2000. С. 126–135.
8. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.12523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» // «Российская газета» (специальный выпуск). 11.09.2009. № 171/1.

### References

1. GOST 17.4.4.02-84. *Okhrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza* [State Standard 17.4.4.02-84. Nature Protection. Soils. Methods for Sampling and Preparation of Soils for Chemical, Bacteriological, Helminthological Analysis]. Available at: <http://tehnorma.ru/normativbase/8/8936/index.htm> (accessed 29 November 2012).
2. Krisyuk E.M. *Radiatsionnyy fon pomeshcheniy* [Indoor Radiation Background]. Moscow, 1989. 120 p.
3. Kryauchyunas V.V., Kiselev G.P. Radiatsionnyy fon goroda Arkhangel'ska [Radiation Background of Arkhangelsk]. *Ekologiya 2003: materialy mezhdunar. konf.* [Ecology 2003: Proc. Int. Conf.]. June 2003. Arkhangelsk, 2003, pp. 45–46.
4. Kryauchyunas V.V., Kiselev G.P. Radioaktivnost' goroda Arkhangel'ska [Radioactivity of Arkhangelsk]. *Sergeevskie chteniya. Inzhenerno-ekologicheskie izyskaniya v stroitel'stve: teoreticheskie osnovy, metodika, metody i praktika* [Sergeev Readings. Engineering and Environmental Survey in Construction: Theory, Methodology, Methods and Practice]. Iss. 8. Moscow, 2006, pp. 171–174.
5. *Metodicheskie rekomendatsii № 11-2/206-09 "Vyborochnoe obsledovanie zhilykh zdaniy dlya otsenki doz oblucheniya naseleniya"* [Guidelines no. 11-2/206-09 "Sample Survey of Residential Buildings to Assess Public Exposure to Radiation"]. Available at: <http://www.bestpravo.ru/rossijskoje/vg-praktika/f6w.htm> (accessed 29 November 2012).
6. Nakvasina E.N., Permogorskaya Yu.M., Popova L.F. Pochvy Arkhangel'ska. Strukturno-funktional'nye osobennosti, svoystva, ekologicheskaya otsenka [Soils of Arkhangelsk. Structural and Functional Features, Properties, Environmental Assessment]. Arkhangelsk, 2006. 124 p.
7. Nevzorov A.L. Geologicheskie usloviya Arkhangel'ska [Geological Conditions of Arkhangelsk]. *Ocherki po geologii i poleznym iskopaemyy Arkhangel'skoy oblasti* [Essays on Geology and Mineral Resources of the Arkhangelsk Region]. Arkhangelsk, 2000, pp. 126–135.
8. Sanitary Regulations and Standards SP 2.6.1.758-99 "Radiation Safety Standards (NRB-99/2009)". *Rossiyskaya gazeta* (special issue), 11.09.2009, no. 171/1.

***Kriauciunas Vidas Vinanto***

Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of the  
Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

***Lyubas Artem Aleksandrovich***

Postgraduate Student, Institute of Ecological Problems of the  
North, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

### FEATURES OF SPATIAL VARIABILITY OF RADIOACTIVE BACKGROUND IN ARKHANGELSK

The paper focuses on the main results of the radioactivity research in the central part of Arkhangelsk. Key factors affecting spatial variability of radioactive background were identified.

**Keywords:** *natural radioactivity of building materials, radioactive background, peat.*



*Контактная информация:*

Крячюнас Видас Винанто,

*адрес:* 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23

*e-mail:* [vidas76@mail.ru](mailto:vidas76@mail.ru)

Любас Артём Александрович

*адрес:* 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23

*e-mail:* [artem.lyubas@mail.ru](mailto:artem.lyubas@mail.ru)

Рецензент – *Кутинов Ю.Г.*, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории глубинного геологического строения и динамики литосферы Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск)