

ЭКОЛОГО-РАДИАЦИОННАЯ ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГОРОДА ТЮМЕНИ

© 2021

Захарова Е.В., Гаевая Е.В., Скипин Л.Н., Тарасова С.С., Бурлаенко В.З.
Тюменский индустриальный университет (г. Тюмень, Российская Федерация)

Аннотация. Современные темпы строительства приводят к использованию больших объемов строительного сырья, которое должно соответствовать нормативным показателям, в том числе и радиационным. Высокие показатели активности естественных радионуклидов как в строительных, так и в отделочных материалах влияют на изменения показателей гамма-излучения в помещениях, что негативно может отразиться на здоровье людей, проживающих в таких объектах. Эколого-радиационная оценка строительных материалов на содержание естественных радионуклидов показала повышенную природную активность калия-40. Максимальные значения активности были отмечены в пробах кирпича и керамзита, где составили 799,0 и 622,0 Бк/кг соответственно. Наименьшая удельная активность природного калия была отмечена в пробе щебня (21,3 Бк/кг). Удельная активность тория-232 в строительных материалах находилась в диапазоне от 2,1 до 53,3 Бк/кг. Активность радия-226 во всех исследуемых образцах составила от 4,4 Бк/кг (щебень) до 55,6 Бк/кг (цемент). Удельная эффективная активность естественных радионуклидов в исследуемых строительных материалах не превышает нормативных значений (370 Бк/кг), следовательно, они могут быть использованы во всех видах строительства и реконструкции.

Ключевые слова: загрязнение; строительные материалы; удельная активность; радиоактивность; естественные радионуклиды; удельная эффективная активность; калий-40; торий-232; радий-226.

ENVIRONMENTAL AND RADIATION ASSESSMENT OF CONSTRUCTION MATERIALS IN TYUMEN

© 2021

Zakharova E.V., Gaevaya E.V., Skipin L.N., Tarasova S.S., Burlaenko V.Z.
Tyumen Industrial University (Tyumen, Russian Federation)

Abstract. The current pace of construction leads to the use of large volumes of construction raw materials, which must meet the regulatory indicators, including radiation. High levels of natural radionuclide activity, both in construction and finishing materials, affect changes in the gamma radiation indicators in the premises, which can negatively affect the health of people living in such facilities. Ecological and radiation assessment of building materials for the content of natural radionuclides showed an increased natural activity of potassium-40. The maximum activity values were observed in samples of bricks and expanded clay, where they were 799,0 and 622,0 Bq/kg, respectively. The lowest specific activity of natural potassium was observed in the crushed stone sample (21,3 Bq/kg). The specific activity of thorium-232 in building materials ranged from 2,1 to 53,3 Bq/kg. The activity of radium-226 in all the studied samples ranged from 4,4 Bq/kg (crushed stone) to 55,6 Bq/kg (cement). The specific effective activity of natural radionuclides in the studied building materials does not exceed the standard values (370 Bq/kg), therefore, they can be used in all types of construction and reconstruction.

Keywords: pollution; building materials; specific activity; radioactivity; natural radionuclides; specific effective activity; potassium-40; thorium-232; radium-226.

Интенсивные темпы строительства в настоящее время приводят к использованию большого объема строительного сырья, которое должно соответствовать нормативным параметрам, в том числе радиационным. Во всех строительных материалах, используемых как для строительства жилых объектов, так и производственных зданий и сооружений, определяется удельная активность естественных радионуклидов, к которым относят калий-40, радий-226, торий-232 [1, с. 245; 2; 3].

В зависимости от природной особенности естественных строительных материалов активность радионуклидов может изменяться в большую и в меньшую сторону. Так, наибольшие значения отмечены в породах магматического и метаморфического генезиса, таких как: гранит, диорит, мрамор и других, в отличие от осадочных природных материалов: песка, известняка, мела, каолина и других [4–6].

Согласно ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные, определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов» во всех строительных материалах должна быть определена удельная эффективная активность естественных радионуклидов. Данный показатель рассчитывается и зависит от удельной активности природных радионуклидов в исследуемых образцах. От удельной эффективной активности зависит класс исследуемых строительных материалов и, следовательно, область их применения [7].

При изготовлении строительных материалов важно, чтобы использовалось экологически чистое сырье, соответствующее основным радиационным параметрам. Высокая активность естественных радионуклидов как в строительных, так и в отделочных материалах влияет на изменения показателей гамма-излучения в помещениях, что негативно может отра-

зиться на здоровье людей, проживающих в таких объектах [8; 9; 10, с 55]. При удельной эффективной активности природных радионуклидов до 370 Бк/кг строительные материалы безопасны и могут быть использованы в строительстве без ограничений [7; 11–13].

Материалы и методы исследования

Для определения удельной активности естественных радионуклидов в строительных материалах и оценки их эколого-радиационного состояния в качестве объектов исследования был произведен отбор проб разных видов строительной продукции, используемой как для строительства и отделки помещений, так и широко применяемых при благоустройстве территорий.

Спектрометрические исследования образцов строительных материалов (сухие строительные смеси, цемент, кирпич, щебень, песок и другие материалы) проводились согласно общепринятым методикам [14]. Была определена удельная активность естественных радионуклидов (калий-40, торий-232, радий-226) в соответствии с основными нормативными документами для определения радиационной безопасности строительных материалов: СП 2.6.1.758-99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» и ГОСТ 30108-94 [3; 7; 15].

Согласно ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные, определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов» была определена удельная эффективная активность природных радионуклидов в строительных материалах. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов – это суммарная удельная активность естественных радионуклидов в материале, определяемая с учетом их биологического воздействия на организм человека. Данный показатель рассчитывается и зависит от удельной активности естественных радионуклидов в образцах.

По значению удельной эффективной активности естественных радионуклидов присваивается класс по радиационной безопасности материала с определением области применения. При удельной эффективной активности природных радионуклидов до 370 Бк/кг строительные материалы относятся к первому классу, считаются радиационно-безопасными и могут быть использованы в строительстве без ограничений [7].

Результаты исследования

Результаты определения удельной активности природных радионуклидов в образцах представлены в виде диаграммы на каждый вид строительных материалов в отдельности (рис. 1). Результаты расчета удельной эффективной активности естественных радионуклидов отражены в виде диаграммы (рис. 2). Анализ полученных значений удельной эффективной активности естественных радионуклидов проведен по видам строительных материалов.

Наиболее часто используемый материал в строительстве – кирпич. Для определения радиоактивности были взяты 4 вида: кирпич керамический; кирпич силикатный № 1; кирпич силикатный № 2; кирпич керамический утолщенный рядовой пустотелый. Полученные показатели удельной активности естественных радионуклидов наглядно представлены на рисунке 1.

Анализ полученных результатов показал, что наибольшие показатели активности были отмечены у ^{40}K . Удельная активность природного калия в пробе кирпича керамического утолщенного рядового пустотелого составила 799,0 Бк/кг, наименьшее значение было зафиксировано в пробе кирпича силикатного № 2 (236,0 Бк/кг). Активность ^{232}Th и ^{226}Ra во всех исследуемых пробах по отношению к ^{40}K имела меньшие значения, и показатели варьировали от 7,5 до 39,5 Бк/кг.

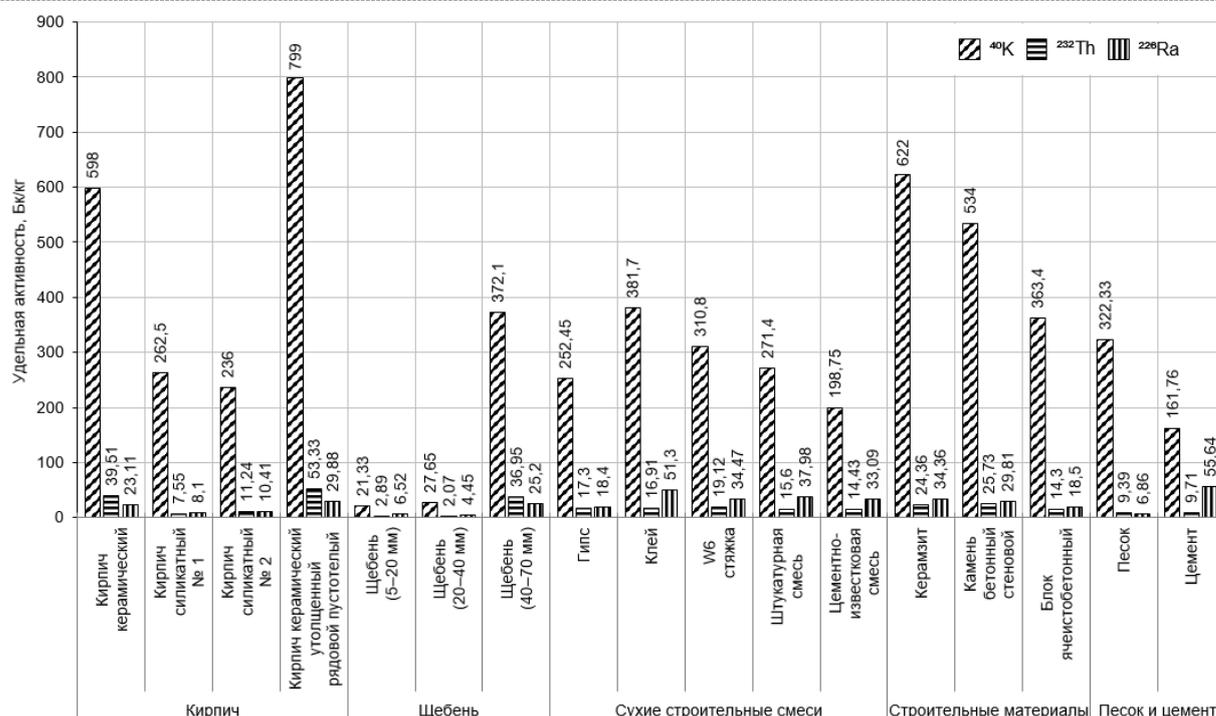


Рисунок 1 – Удельная активность естественных радионуклидов в строительных материалах

Анализ удельной эффективной активности естественных радионуклидов в исследуемых образцах показал, что более высокие значения были отмечены в пробе кирпича керамического утолщенного рядового пустотелого и в пробе кирпича керамического, где данные значения составили 125,7 и 167,7 Бк/кг. Столь высоким значениям могла способствовать высокая природная адсорбционная активность глинистого материала на основе каолинита и монтмориллонита. В пробах кирпича силикатного данные результаты составили 45,2 и 40,3 Бк/кг соответственно, что обусловлено наличием в его составе песка (рис. 2).

Для анализа удельной активности природных радионуклидов в строительном материале (щебень) были взяты пробы щебня с разными фракциями. Результаты исследований наглядно представлены на рис. 1.

По результатам проведенных исследований было выявлено, что удельная активность ^{232}Th и ^{226}Ra в щебне имеют незначительные показатели. Максимум удельной активности отмечен в пробе щебня с фракцией 40–70 мм, где составил 36,9 и 25,2 Бк/кг соответственно (среднее значение активности ^{232}Th – 13,9 Бк/кг, ^{226}Ra – 12,1 Бк/кг). Средняя удельная активность ^{40}K – 140,36 Бк/кг при наибольшем значении активности в пробе щебня с фракцией 40–70 см (372, 1 Бк/кг).

Анализ результатов показал прямую зависимость фракций щебня и удельной эффективной активности природных радионуклидов ($A_{\text{эфф}}$). Чем больше фракция строительного щебня, тем выше удельная эффективная активность природных радионуклидов в материале. Так, в образце щебня (40–70 мм) $A_{\text{эфф}}$ составила 105,2 Бк/кг, в пробе щебня (до 20 мм) $A_{\text{эфф}}$ – 12,1 Бк/кг (рис. 2).

При строительстве объектов широко используются отделочные строительные материалы. Для спектрометрического исследования были отобраны образцы наиболее часто применяемых в строительстве строительных смесей (штукатурная смесь и цементно-известковая смесь, гипс, клей, W6 стяжка) [16, с. 298–301]. Результаты определения удельной активности естественных радионуклидов в строительных смесях наглядно представлены на рисунке 1.

Во всех сухих строительных смесях наблюдается высокая активность ^{40}K . Наибольшие значения удельной активности ^{40}K были зафиксированы в пробе клея (381,7 Бк/кг). Минимальный показатель удельной активности радионуклида был отмечен в пробе цементно-известковой смеси (198,7 Бк/кг). Удельная активность ^{232}Th и ^{226}Ra в строительных материалах значительно меньше, чем калия. Так, значения активности ^{232}Th были практически на одном уровне, находились в пределах от 14,5 до 19,1 Бк/кг. Удельная активность ^{226}Ra составляла от 18,4 до 51,3 Бк/кг.

Удельная активность естественных радионуклидов практически во всех строительных смесях имела не одинаковое значение. Так, максимальный показатель активности ^{226}Ra зафиксирован в W6 стяжка – 16,9 Бк/кг. По результатам расчетов максимальная удельная эффективная активность естественных радионуклидов была отмечена у клея – 105,9 Бк/кг, что может быть обусловлено высоким содержанием глинистых минералов в составе полимеров клея, которые используются для его водостойкости. Удельная эффективная активность в пробе гипса составила 62,5 Бк/кг, в пробе W6 стяжка – 86,0 Бк/кг (рис. 2).

В рамках проведенных исследований для определения удельной активности естественных радионуклидов в строительных материалах нами были отобраны различные образцы керамзита, камня бетонного стенового и блока ячеистобетонного (рисунок 1).

Из полученных результатов определения удельной активности естественных радионуклидов в исследуемых образцах прослеживается высокая активность природного ^{40}K во всех трех строительных материалах. Наибольшая активность наблюдается у керамзита, где данное значение составляет 622,0 Бк/кг, наименьшая у блока ячеистобетонного 363,4 Бк/кг. Максимальные значения активности тория были выявлены у камня бетонного стенового – 25,7 Бк/кг, минимальные у блока ячеистобетонного – 14,3 Бк/кг. Активность радия в исследуемой пробе имеет аналогичные закономерности. Наибольшей активностью здесь обладает камень бетонный стеновой – 25,7 Бк/кг.

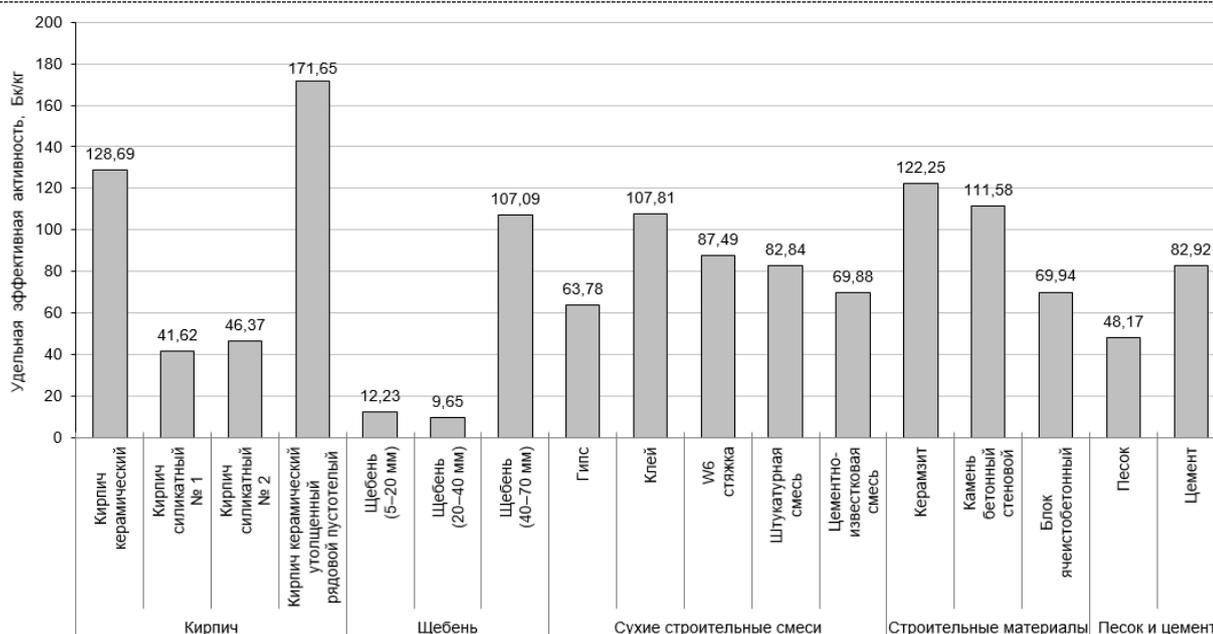


Рисунок 2 – Удельная эффективная активность естественных радионуклидов в строительных материалах

Из полученных результатов удельной эффективной активности установлено, что наименьшей удельной активной эффективностью обладает блок ячеисто-бетонный, где данные значения составили 83,7 Бк/кг (рис. 2).

Блок ячеистобетонный по своей структуре является очень пористым (пористость может доходить до 90%), поэтому циркуляция воздуха в строительном материале высокая, за счет воздушной фазы активность естественных радионуклидов здесь снижается. Наибольшая удельная эффективная активность отмечена у камня бетонного стенового (118,8 Бк/кг) и керамзита (138,1 Бк/кг). Высокая удельная эффективная активность керамзита обусловлена высоким содержанием глинистого материала. Поскольку керамзит имеет закрытую пористость ID-20%, то при высоких концентрациях долгоживущих естественных радионуклидов из пор и трещин керамзитового гравия происходит активное излучение радиоактивности [17, с. 157].

В рамках исследования была определена удельная активность естественных радионуклидов в образцах цемента и песка, которые как сырьевые материалы в большом количестве используются при строительстве и изготовлении строительных материалов [18]. Результаты представлены на рисунке 1.

Результаты спектрометрического исследования образцов показали, что природная радиоктивность строительных материалов в большей степени связана с ^{40}K . Максимальное значение удельной активности природного калия было зафиксировано в пробе песка г. Тюмень, где 322,3 Бк/кг, в пробе цемента в 2 раза меньше – 161,7 Бк/кг.

Самая высокая активность природного радия была отмечена в пробах цемента и составила 55,6 Бк/кг. Удельная активность ^{232}Th во всех исследуемых пробах находилась практически на одном уровне (в пробах песка и цемента составили 9,3 и 9,7 Бк/кг соответственно).

Анализ результатов определения удельной эффективной активности естественных радионуклидов показал, что наибольшей $A_{\text{эфф}}$ обладает цемент (82,1 Бк/кг). В пробах песка данные значения имели меньшую активность по сравнению с цементом, здесь этот показатель составил 46,5 Бк/кг. Существенное повышение удельной эффективной активности в пробе цемента, по отношению к песку, обусловлено составом исходного сырья.

Заключение

Отмечено, что основной вклад в формирование удельной эффективной активности строительной продукции вносит повышенная природная активность ^{40}K . Разные технологические этапы изготовления строительных материалов и состав сырья могут существенно снизить активность радионуклидов и тем самым улучшить эколого-радиационные параметры выпускаемой продукции.

Анализ эколого-радиационного состояния исследуемых строительных материалов показал, что удельная эффективная активность природных радионуклидов в исследуемых образцах не превышают 370 Бк/кг, следовательно, они относятся к первому

классу строительных материалов и подходят для всех видов строительства и реконструкции без ограничения.

Учитывая широкие темпы строительства объектов различного назначения, для контроля за эколого-радиационной обстановкой требуется проведение постоянного радиационного контроля как исходного природного строительного сырья, так и готовой строительной продукции, это позволит избежать негативного воздействия на здоровье человека от дополнительного воздействия природных источников радиационного излучения.

Список литературы:

1. Захарова Е.В., Шевелева Т.Г., Абушева М.Э. Техногенное загрязнение селитебных территорий города Тюмени // Водные ресурсы – основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI веке: сб. докл. XXI междунар. науч.-практ. конф. Т. III. Тюмень: ТИУ, 2019. С. 244–251.
2. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоктивность окружающей среды. М.: Изд-во «Бином. Лаборатория знаний», 2006. 286 с.
3. Нормы радиационной безопасности НБР-99/2009: СанПиН 2.6.1.2523-09. М.: ЭНАС, 2001. 158 с.
4. Новоселов В.Н., Толстиков В.С. Атомный след на Урале. Челябинск: Рифей, 1997. 240 с.
5. Старков В.Д., Мигунов В.И. Радиационная экология. Тюмень: Тюменский дом печати, 2007. 400 с.
6. Булатов В.И. Россия радиоактивная. Новосибирск: Изд-во «Серия», 1996. 272 с.
7. ГОСТ 30108-94. Материалы и изделия строительные, определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов. М.: Стандартинформ, 2007. 9 с.
8. Рябов И.Н., Белова Н.В., Крышев И.И., Рябцев И.А. Радиоэкологическая безопасность. Тула: Изд-во «Графика», 2001. 216 с.
9. Смирнов С.Н. Радиационная экология: учеб. пособие. М.: МНЭПУ, 2000. 134 с.
10. Романов Г.Н., Спиринов Д.А., Алексахин Р.М. Поведение радиоактивных веществ в окружающей среде // Природа. 1990. № 5. С. 53–58.
11. Белозерский Г.Н. Радиационная экология. М.: Академия, 2008. 382 с.
12. Кузин А.М. Роль природного радиоактивного фона и вторичного биогенного излучения в явлении жизни. М.: Наука, 2002. 79 с.
13. Потапов А.Д. Экология. М.: Высшая школа, 2000. 446 с.
14. Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения «Прогресс». 05.09.2016. М.: ЦНПВРЛ, 2016. 22 с.
15. Пивоваров Ю.П., Михалев В.П. Радиационная экология. М.: Академия, 2004. 437 с.
16. Судачева И.К., Котова Т.В., Захарова Е.В., Гаевая Е.В. Экологическая безопасность сухих строительных смесей по содержанию токсичных элементов и естественных радионуклидов // Водные ресурсы и ландшафтно-усадебная урбанизация территорий России в XXI веке: сб. докл. XVII междунар. науч.-практ. конф.: в 2-х т. Т. 1. Тюмень: РИО ТюмГАСУ, 2015. С. 298–301.
17. Назиров Р.А., Пересыпкин Е.В., Тарасов И.В., Романова А.А. Формирование удельной эффективной активности естественных радионуклидов в строительных

материалах и изделиях // Радиэкология XXI века: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Красноярск, 14–16 мая 2012 года. Красноярск: СФУ, 2012. С. 156–158.

18. Бакулин В.В., Козин В.В. География Тюменской области. Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд., 1996. 240 с.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Захарова Елена Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры техносферной безопасности; Тюменский индустриальный университет (г. Тюмень, Российская Федерация). E-mail: zaharovaev@tyuiu.ru.</p> <p>Гаевая Елена Викторовна, кандидат биологических наук, профессор кафедры техносферной безопасности; Тюменский индустриальный университет (г. Тюмень, Российская Федерация). E-mail: gaevajaev@tyuiu.ru.</p> <p>Скипин Леонид Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры техносферной безопасности; Тюменский индустриальный университет (г. Тюмень, Российская Федерация). E-mail: skipinln@tyuiu.ru.</p> <p>Тарасова Светлана Сергеевна, ассистент кафедры техносферной безопасности; Тюменский индустриальный университет (г. Тюмень, Российская Федерация). E-mail: tarasovass@tyuiu.ru.</p> <p>Бурлаенко Василя Зиннуровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры техносферной безопасности; Тюменский индустриальный университет (г. Тюмень, Российская Федерация). E-mail: burlaenkovz@tyuiu.ru.</p>	<p>Zakharova Elena Viktorovna, candidate of biological sciences, associate professor of Technosphere Safety Department; Tyumen Industrial University (Tyumen, Russian Federation). E-mail: zaharovaev@tyuiu.ru.</p> <p>Gaevaya Elena Viktorovna, candidate of biological sciences, professor of Technosphere Safety Department; Tyumen Industrial University (Tyumen, Russian Federation). E-mail: gaevajaev@tyuiu.ru.</p> <p>Skipin Leonid Nikolaevich, doctor of agricultural sciences, professor of Technosphere Safety Department; Tyumen Industrial University (Tyumen, Russian Federation). E-mail: skipinln@tyuiu.ru.</p> <p>Tarasova Svetlana Sergeevna, assistant of Technosphere Safety Department; Tyumen Industrial University (Tyumen, Russian Federation). E-mail: tarasovass@tyuiu.ru.</p> <p>Burlaenko Vasilya Zinnurovna, candidate of biological sciences, associate professor of Technosphere Safety Department; Tyumen Industrial University (Tyumen, Russian Federation). E-mail: burlaenkovz@tyuiu.ru.</p>

Для цитирования:

Захарова Е.В., Гаевая Е.В., Скипин Л.Н., Тарасова С.С., Бурлаенко В.З. Эколого-радиационная оценка строительных материалов города Тюмени // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, № 2. С. 40–44. DOI: 10.17816/snv2021102105.