УДК 504.054 : 504.064.3

ОСОБЕННОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА РАДОНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2026 А.В. Васильев, А.И. Ганин

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 12.03.2026

Рассмотрены особенности и результаты мониторинга радонового излучения в условиях урбанизированных территорий. Описаны результаты измерений радонового излучения в селитебной территории Самарской области, включая производственные площадки. Построены карты радонового излучения. Сделан общий вывод, что на территории Самарской области имеется ряд зон с повышенным содержанием объемной активности радона-222 в воздухе. В связи с этим, необходимо продолжить мониторинг радонового излучения и разработать мероприятия по снижению негативного воздействия радонового излучения на здоровье человека.

Ключевые слова: радоновое излучение, мониторинг, урбанизированные территории, производственные площадки, карты радонового излучения

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-2(2)-261-266
EDN: UDKBRR

Самарская область является крупным индустриальным центром, на ее территории сосредоточен ряд крупных промышленных предприятий, а также организаций и учреждений строительной промышленности, жилищно-коммунальной сферы и др. В связи с этим актуальным является исследование территории Самарской области на предмет уровней физических загрязнений, в том числе радонового излучения [1, 2, 4, 8, 9, 11].

Радон – инертный газ, имеющийся в ряде участков селитебной территории, в том числе в подвалах жилых домов и производственных зданий. Его воздействие на население приводит к возникновению ряда заболеваний, в том числе онкологических. Доказано, что более половины ежегодной дозы ионизирующего облучения, получаемой человеком, обусловлено именно радоном и продуктами его распада [5-7].

Нормирование и оценка радонового излучения должны осуществляться на основании действующих санитарных норм и с использованием методик, утвержденных центром метрологии ионизирующих излучений ВНИИФТРИ. В качестве нормируемых параметров воздействия радонового излучения целесообразно использовать объемную активность радона-222 в воздухе и плотность потока радона с поверхности грунта.

Требования по нормированию воздействия радонового излучения на население регламентируются в ряде документов - Нормах радиационной безопасности НРБ - 99 (Санитарными правилами СП 2.6.1.758-99), в методических указаниях МУ 2.6.1.715-98 и др. Методика измерений плотности потока радона с поверхности грунта изложена в МУ 2.6.1.2838-11 Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности, а также в руководстве по эксплуатации комплекса измерительного для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов «Альфарад плюс».

Нормируются эквивалентная равновесная объемная активность радона, плотность потока радона, объемная активность радона и другие показатели. Различают три категории радоноопасности территорий.

Объемная активность радона и торона в равновесии с дочерними продуктами распада (ЭРОА) нормируется в разделе 5.3 НРБ – 99, п. 5.3.2. При проектировании зданий:

$$ЭРОА_{Rn} + 4{,}6ЭРОА_{Tn} \le 100\,Бк/м^3, \quad (1)$$

В соответствии с п. 5.3.3. НРБ – 99 в эксплуатируемых зданиях среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность радона и торона

Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность и управление качеством», директор научно-исследовательского центра техносферной безопасности и новых материалов, E-mail: vasilyev.av@samgtu.ru

Ганин Алексей Игоревич, инженер научно-исследовательского центра техносферной безопасности и новых материалов. E-mail: ganin163tlt@gmail.com

$$ЭРОА_{Rn+Tn} \leq 200 Бк/м^3, \quad (2)$$

Для региона Среднее Поволжье вкладом торона можно пренебречь из-за очень малых концентраций Th-232 в осадочных породах.

В соответствии с п. 5.3.3. НРБ – 99 устанавливается, что уровень вмешательства для радона-222 составляет 60 Бк/кг. Нормативное значение плотности потока радона с поверхности грунта составляет 80 мБк/м^2·с.

Число и расположение подлежащих обследованию помещений выбирают исходя из того, что обследоваться должны, во-первых, все типы помещений, имеющие различное функциональное назначение, и, во-вторых, помещения, расположенные на каждом этаже многоэтажного здания.

Для оценки уровней объемной активности радона-222 в воздухе использовался также комплекс измерительный для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов «Альфарад плюс», предприятие-изготовитель - ООО НПП «Доза». Комплекс прошел испытания с целью утверждения типа средства измерения, занесен в Государственный реестр средств измерений под No49013-12 и допущен к применению в Российской Федерации.

Номинальные значения основных технических данных и характеристик измерительного комплекса:

1. Диапазон измерения величины плотности потока радона с поверхности грунта, мБк/с*м^2 – от 20 до10^3.

2. Предел допускаемой относительной погрешности при измерениях величины плотности потока радона-222 с поверхности грунта, не более, %: ±30%.

3. Предел допускаемой дополнительной относительной погрешности блоков при изменениях температуры от +1^0 С до +35^0 С не превышает 10%.

Выбор расположения и количества контрольных точек для проведения измерений плотности потока радона (ППР) в пределах обследуемого участка местности регламентируется нормативными документами в строительстве, действующими на данной территории.

Вокруг контрольной точки проводится подготовка горизонтального участка размером не менее 0,2х 0,2 м^2 для проведения измерений. Подготовка заключается в зачистке от снега, мусора, растительности и крупных камней, рыхления на глубину 3÷5 см и выравнивания поверхности участка.

Начинать измерение следует не раньше, чем через 20 минут после подготовки участка.

При отборе проб соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха от минус 2° С до + 50° С;
- относительная влажность до 100% при + 25° С.

Не допускается проведение отбора проб с поверхности мерзлого или залитого водой грунта.

Предусмотрено два способа выполнения измерений ППР:

- отбор проб радона в пробоотборники в полевых условиях с последующим измерением радона в пробах с помощью блока измерения радона на месте отбора проб или в стационарных условиях;
- отбор проб радона непосредственно в камеру блока измерения радона в полевых условиях и измерением на месте отбора проб.

Первый способ предназначен для экспрессных измерений ППР и рекомендуется для начального обследования участка.

Второй способ рекомендуется для повторного измерения ППР в контрольных точках, для которых по результатам начального обследования получены значения ППР, превышающие регламентированную величину 80 мБк/(с·м^2).

Авторами проведены инструментальные измерения объемной активности радона-222 в воздухе на территории жилой застройки и ряде производственных площадок Самарской области. Всего было проведено более 200 измерений объемной активности радона-222 в воздухе и плотности потока радона с поверхности грунта.

Для оценки уровней объемной активности радона-222 в воздухе использовался радиометр радона портативный РРА-01М-01, заводской номер 90705, предприятие-изготовитель – ООО «НТМ-Защита», поверенный федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ») Госстандарта России.

Проведена оценка результатов измерений. Анализ результатов измерений на обследуемых жилых территориях и производственных участках Самарской области показал, что на территории области имеется ряд зон с повышенным содержанием объемной активности радона-222 в воздухе. Так, на селитебной территории городского округа Тольятти повышенная объемная активность пробы N зафиксирована на территории Комсомольского района в следующих точках измерений: точка №2 (ул. Вокзальная 150, точка №4 (ул. Макарова 47), точка №11 (ул. Коммунистическая 97), точка №14 (ул. Ярославская 25), точка №19 (ул. Л. Чайкиной 26), в ряде точек поселка Федоровка. Кроме

того, в поселке Федоровка наблюдалось повышенное значение числа зарегистрированных α – распадов ^{218}Po (RaA) Q. В г. Сызрани в районе ул. Новосибирской (точка измерений №8) выявлено превышение нормативных значений объемной активности радона-222 в воздухе. На селитебной территории г. Самары и городского округа Жигулевска превышений по объемной активности пробы N и по числу зарегистрированных α – распадов ^{218}Po (RaA) Q не выявлено. На обследованных производственных участках превышений также не выявлено.

Проведен анализ характеристик плотности потока радона с поверхности грунта с использованием комплекса измерительного для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов «Альфарад плюс» в квартале Ж-5 «Реконструкция заводского склада жидкого аммиака со строительством дополнительного изотермического хранилища вместимостью 10 000т. 1 этап» ПАО «КуйбышевАзот».

Всего было проведено 15 измерений плотности потока радона с поверхности грунта в 15 точках. Анализ результатов измерений плотности потока радона с поверхности грунта в квартале Ж-5 «Реконструкция заводского склада жидкого аммиака со строительством дополнительного изотермического хранилища вместимостью 10 000т. 1 этап» ПАО «КуйбышевАзот» показал, что превышения нормативных значений не выявлено ни в одной из точек измерений.

Анализ потенциальных источников радонового излучения, создаваемых на площадке реконструкции заводского склада жидкого аммиака со строительством дополнительного изотермического хранилища вместимостью 10 000т. 1 этап ПАО «КуйбышевАзот» при запуске производства в эксплуатацию, проведенный на основании представленной технической документации, изучения используемого производственного оборудования и характера выполняемых технологических процессов, показывает, что такие источники отсутствуют.

Таким образом, реконструируемое производство в квартале Ж-5 «Реконструкция заводского склада жидкого аммиака со строительством дополнительного изотермического хранилища вместимостью 10 000т. 1 этап» ПАО «КуйбышевАзот» соответствует санитарно-гигиеническим требованиям по радоновому излучению с точки зрения воздействия на жилую зону.

Проведен анализ характеристик плотности потока радона с поверхности грунта с использованием комплекса измерительного для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов «Альфарад плюс» в квартале Ж-1 «Производство серной кислоты и олеума» ООО «Волгатехноол».

Всего было проведено 15 измерений плотности потока радона с поверхности грунта в 15 точках. Анализ результатов измерений плотности потока радона с поверхности грунта в квартале Ж-1 «Производство серной кислоты и олеума» ООО «Волгатехноол» показал, что превышения нормативных значений не выявлено ни в одной из точек измерений.

Анализ потенциальных источников радонового излучения, создаваемых на площадке строительства производства неконцентрированной азотной кислоты с целью увеличения мощности» ПАО «КуйбышевАзот» при запуске производства в эксплуатацию, проведенный на основании представленной технической документации, изучения используемого производственного оборудования и характера выполняемых технологических процессов, показывает, что такие источники отсутствуют.

Таким образом, реконструируемое производство в квартале Ж-1 «Производство серной кислоты и олеума» ООО «Волгатехноол» соответствует санитарно-гигиеническим требованиям по радоновому излучению с точки зрения воздействия на жилую зону.

Также исследованы уровни объемной активности радона-222 (^{222}Rn) в воздухе при обследовании территории производственной площадки технологической линии компактирования сульфата аммония ОАО «КуйбышевАзот» и прилегающей территории. Превышения нормативных значений не выявлено.

Составлены карты уровней объемной активности радона-222 (^{222}Rn) в воздухе при обследовании жилой территории и промышленных площадок Самарской области [3, 10]. На рис. 1 показана карта объемной активности радона в воздухе для территории городского округа Сызрань, на рис. 2 – для территории г. Самары. На рис. 3 показана карта объемной активности радона в воздухе для территории цеха №10 ПАО «КуйбышевАзот». На рис. 4 показана карта уровней объемной активности радона-222 (^{222}Rn) в воздухе при обследовании территории производственной площадки технологической линии компактирования сульфата аммония ОАО «КуйбышевАзот» и прилегающей территории.

Зеленым цветом обозначены значения объемной активности радона-222 в диапазоне до 20 Бк/м^3, число зарегистрированных α – распадов ^{218}Po (RaA) N=0; желтым – значения объемной активности радона-222 в диапазоне до 20 Бк/м^3, число зарегистрированных α – распадов ^{218}Po (RaA) N=1.

По результатам проведенного исследования можно сделать общий вывод, что на территории Самарской области имеется ряд зон с повышенным содержанием объемной активности радона-222 в воздухе. В связи с этим, необходимо продолжить мониторинг радонового излучения и разработать мероприятия по снижению негативного воздействия радонового излучения на здоровье человека.

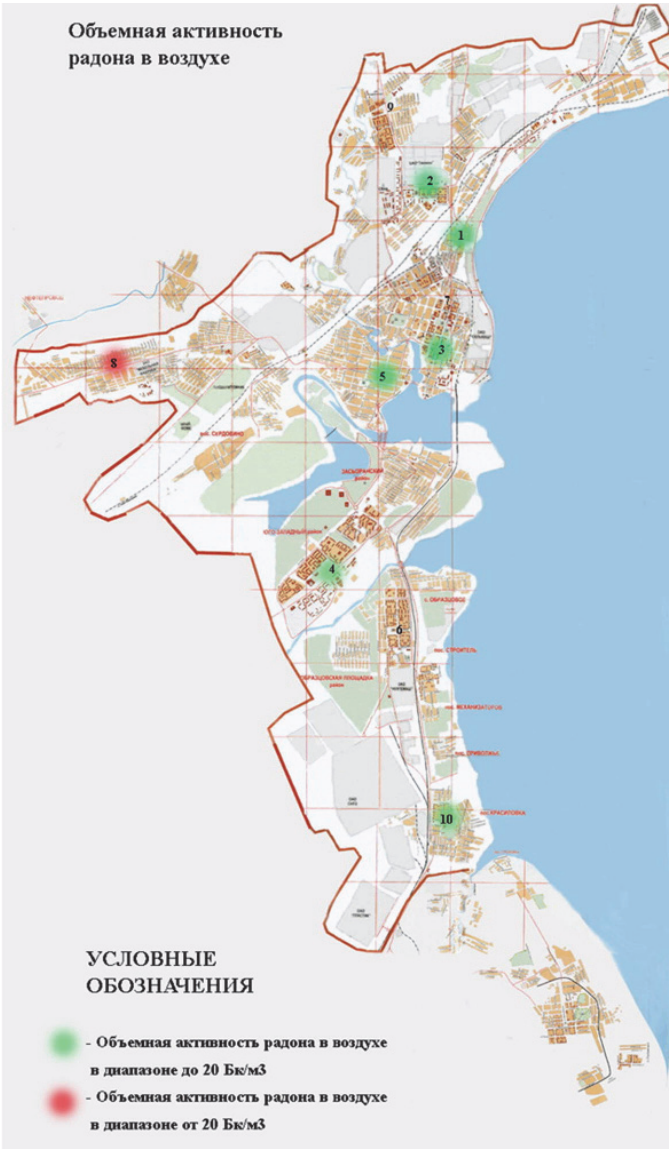

Рисунок 1 – Карта объемной активности радона в воздухе для территории городского округа Сызрань

Рисунок 2 – Карта объемной активности радона в воздухе для территории городского округа Самара

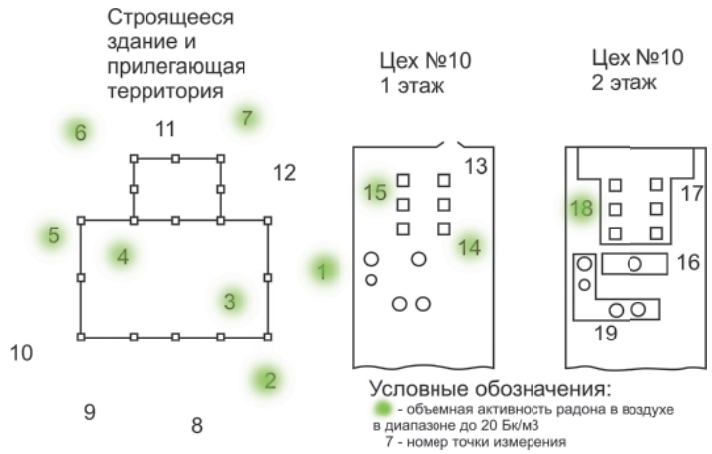

Рисунок 3 – Карта объемной активности радона в воздухе для территории цеха №10 ПАО «КуйбышевАзот»

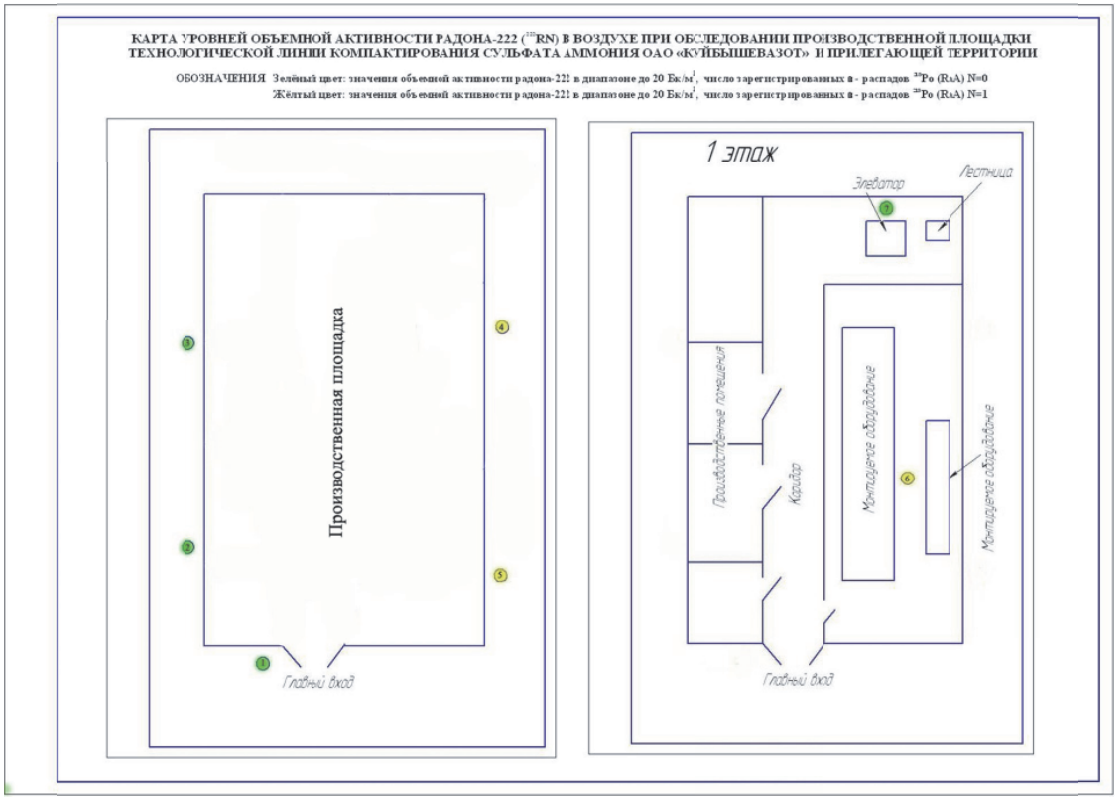

Рисунок 4 – Карта уровней объемной активности радона-222 (^{222}Rn) в воздухе при обследовании территории производственной площадки технологической линии компактирования сульфата аммония ОАО «КуйбышевАзот» и прилегающей территории

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ашихмина, Т.Я.* Комплексный экологический мониторинг регионов / Т.Я. Ашихмина, В.М. Сюткин. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 1997. – 286 с.
2. *Васильев, А.В.* Мониторинг физических полей урбанизированных территорий: современные подходы, проблемы, перспективы / А.В. Васильев // В специальном выпуске «ELPIT-2005" «Известия Самарского научного центра РАН» – 2005. – Т.1. – С. 111-118.
3. *Васильев, А.В.* Составление динамических карт физических загрязнений территории Самарской области / А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т. 11. – № 1. – С. 248-252.
4. *Васильев, А.В.* Исследование воздействия физических полей в промышленных и жилых зонах г. Тольятти / А.В. Васильев, В.В. Васильев, М.А. Школов, В.А. Шишкин, Р.Г. Каплина // В научно-теоретическом журнале по химии и химической технологии «Российский химический журнал». – 2006. – № 3. – Т. L. – С. 72-78.
5. *Васильев, А.В.* Методика экспериментальных исследований нефтесодержащих отходов с повышенной радиоактивностью как объекта экологического риска / А.В. Васильев, В.В. Ермаков, Д.Е. Щербаков // Известия Самарского научного центра РАН. – 2023. – Т. 25. – № 4. – С. 171-178.

6. *Буторина, М.В.* Инженерная экология и экологический менеджмент: Учебник / М.В. Буторина, Л.Ф. Дроздова, Н.И. Иванов и др. [Под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадина]. – М.: Логос, 2004. – 520 с.
7. *Петин, В.Г.* Зависимость синергизма факторов окружающей среды от их интенсивности / В.Г. Петин, Г.П. Жураковская, Л.Н. Комарова // Экология. – 1998. – № 5 – С. 45 -54.
8. *Сидорова, Г.П.* Радионуклиды в углях и продуктах их сжигания / Г.П Сидорова., Д.А. Крылов // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2016. – Т. 61. – № 2. – С. 75-78.
9. *Фердман, В.М.* Проблема обращения с радиоактивными отходами на предприятиях нефтедобычи / В.М. Фердман, Н.С. Минигазимов // Уральский экологический вестник. – 2014. – № 2. – С. 15-19.
10. *Шевченко, Д.П.* Программное обеспечение для автоматизированной системы экологического мониторинга физических загрязнений урбанизированных территорий / Д.П. Шевченко, А.В. Васильев // В специальном выпуске «ELPIT-2005" научного издания «Известия Самарского научного центра РАН». 2005. Т. 2. С. 292-295.
11. *Vasilyev A.V.* Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories // Safety of Technogenic Environment. 2014. № 6. Pp. 43-46.

PECULIARITIES AND RESULTS OF MONITORING OF RADON RADIATION IN CONDITIONS OF URBAN TERRITORIES ON THE EXAMPLE OF SAMARA REGION

© 2026 A.V. Vasilyev, A.I. Ganin

Samara State Technical University, Samara, Russia

Peculiarities and results of monitoring of radon radiation in conditions of urban territories have been considered. Results of measurements of radon radiation in living territory of Samara region have been described, including industrial sites. Maps of radon radiation have been designed. General conclusions have been suggested that in the territory of Samara region there is a number of zones with increased content of volume activity of radon-222 in air. Taking it in account, it is necessary to develop the measures to reduce negative impact of radon radiation to the humans health.

Key words: radon radiation, monitoring, urban territories, industrial sites, maps of radon radiation

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-2(2)-261-266
EDN: UDKBRR

REFERENCES

1. *Ashihmina, T.Ya.* Kompleksnyj ekologicheskij monitoring regionov / T.Ya. Ashihmina, V.M. Syutkin. – Kirov: Izd-vo VyatGGU, 1997. – 286 s.
2. *Vasil'ev, A.V.* Monitoring fizicheskih polej urbanizirovannyh territorij: sovremennye podhody, problemy, perspektivy / A.V. Vasil'ev // V special'nom vypuske «ELPIT-2005» «Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN» – 2005. – T.1. – S. 111-118.
3. *Vasil'ev, A.V.* Sostavlenie dinamicheskih kart fizicheskih zagryaznenij territorii Samarskoj oblasti / A.V. Vasil'ev // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – 2009. – T. 11. – № 1. – S. 248-252.
4. *Vasil'ev, A.V.* Issledovanie vozdejstviya fizicheskih polej v promyshlennyh i zhilyh zonah g. Togliatti / A.V. Vasil'ev, V.V. Vasil'ev, M.A. Shkolov, V.A. Shishkin, R.G. Kaplina // V nauchno-teoreticheskom zhurnale po himii i himicheskoj tekhnologii «Rossijskij himicheskij zhurnal». – 2006. – № 3. – T. L. – S. 72-78.
5. *Vasil'ev, A.V.* Metodika eksperimental'nyh issledovanij neftesoderzhashchih othodov s povyshennoj radioaktivnost'yu kak ob»ekta ekologicheskogo riska / A.V. Vasil'ev, V.V. Ermakov, D.E. Shcherbakov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – 2023. – T. 25. – № 4. – S. 171-178.
6. *Butorina, M.V.* Inzhenernaya ekologiya i ekologicheskij menedzhment: Uchebnik / M.V. Butorina, L.F. Drozdova, N.I. Ivanov i dr. [Pod red. N.I. Ivanova, I.M. Fadina]. – M.: Logos, 2004. – 520 s.
7. *Petin, V.G.* Zavisimost' sinergizma faktorov okruzhayushchej sredy ot ih intensivnosti / V.G. Petin, G.P. Zhurakovskaya, L.N. Komarova // Ekologiya. – 1998. – № 5 – S. 45 -54.
8. *Sidorova, G.P.* Radionuklidy v uglyah i produktah ih szhiganiya / G.P Sidorova., D.A. Krylov // Medicinskaya radiologiya i radiacionnaya bezopasnost'. – 2016. – T. 61. – № 2. – S. 75-78.
9. *Ferdman, V.M.* Problema obrashcheniya s radioaktivnymi othodami na predpriyatiyah neftedobychi / V.M. Ferdman, N.S. Minigazimov // Ural'skij ekologicheskij vestnik. – 2014. – № 2. – S. 15-19.
10. *Shevchenko, D.P.* Programmnoe obespechenie dlya avtomatizirovannoj sistemy ekologicheskogo monitoringa fizicheskih zagryaznenij urbanizirovannyh territorij / D.P. Shevchenko, A.V. Vasil'ev // V special'nom vypuske «ELPIT-2005» nauchnogo izdaniya «Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN». 2005. T. 2. S. 292-295.
11. *Vasilyev A.V.* Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories // Safety of Technogenic Environment. 2014. № 6. Pp. 43-46.

Andrey Vasilyev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Technosphere Safety and Quality Management, Director of Research and Development Center of Technosphere Safety and New Materials. E-mail: vasilyev.av@samgtu.ru
Aleksey Ganin, Engineer of Research and Development Center of Technosphere Safety and New Materials, Samara State Technical University, the Russian Federation. E-mail: ganin163tlt@gmail.com