

Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 2 (85). С. 85–91.
Geology, Geography and Global Energy. 2022; 2(85):85–91 (In Russ.).

Научная статья
УДК 546.296:502/504
doi 10.54398/20776322_2022_2_85

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ РАДОНОВЫХ РИСКОВ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ¹⁰

Межова Лидия Александровна¹, Луговской Александр Михайлович²✉,

Инпушкин Виктор Алексеевич³

^{1,3}Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия

²Государственный университет управления, Москва, Россия

¹lidiya09mezhova@yandex.ru

²alug1961@yandex.ru✉

³inpush777@yandex.ru

Аннотация. В последние годы отмечается рост онкологических заболеваний, среди которых одно из ведущих мест занимают рак лёгкого. Значительный вклад в систему онкологической заболеваемости вносит радон. На территории России проведены исследования по радоноопасности регионов в 2019 г., которое выявило превышение в 10 регионах ЭРОА – радона в строящихся жилых и общественных зданиях и в 20 регионах в эксплуатируемых зданиях. В этой связи усовершенствование регионального мониторинга радона приобретает значительную актуальность. Целью статьи является совершенствование методики по оценке радоноопасности жилых помещений с использованием ГИС-мониторинга. Актуальность теоретических и прикладных проблем региональной радоноопасности связаны с необходимостью создания постоянного мониторинга радона в жилых помещениях, для выявления взаимосвязи «человек – окружающая среда». Для решения региональной радоноопасности необходимо разработать научно-методические принципы и механизмы выявления радоноопасности.

Ключевые слова: радон, радоноопасность, онкологические заболевания, рак легких, алгоритм ГИС контроля, региональный мониторинг

Для цитирования: Межова Л. А., Луговской А. М., Инпушкин В. А. Методические подходы к региональной геоэкологической оценке радоновых рисков для населения // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 2 (85). С. 85–91. https://doi.org/10.54398/20776322_2022_2_85.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE REGIONAL GEO-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF RADON RISKS FOR THE POPULATION

Lydia A. Mezhova¹, Aleksandr M. Lugovskoy²✉, Victor A. Inpushkin³

^{1,3}Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia

²Institute of Sector Management, Moscow, Russia

¹lidiya09mezhova@yandex.ru

²alug1961@yandex.ru✉

³inpush777@yandex.ru

Abstract. In recent years, there has been an increase in cancer, among which one of the leading places is lung cancer. Radon makes a significant contribution to the system of cancer morbidity. On the territory of Russia conducted studies on the radon danger of the regions in 2019, which revealed an excess in 10 regions EROA - radon in residential and public buildings under construction and in 20 regions in buildings in operation. In this regard, the improvement of regional radon monitoring ac-

quires significant relevance. The aim of the article is to improve the methodology of assessing the radon hazard of residential premises using GIS-monitoring. The urgency of theoretical and applied problems of regional radon danger is connected with the necessity of creating permanent monitoring of radon in residential premises, for revealing the relationship "man-environment". To solve the regional radon danger it is necessary to develop scientific and methodological principles and mechanisms for detection of radon danger.

Keywords: Radon, radon danger, cancer, lung cancer, GIS control algorithm, regional monitoring

For citation: Mezхова Л. А., Луговской А. М., Инпушкин В. А. Methodological approaches to the regional geo-ecological assessment of radon risks for the population. *Geology, Geography and Global Energy*. 2022; 2(85):85–91. https://doi.org/10.54398/20776322_2022_2_85.

Одним из наиболее канцерогенных элементов загрязнения жилых помещений, по данным ВОЗ, является радон. В мире существует большое количество программ по выявлению радоноопасности территории и разработке эффективных мер по снижению радонового риска для населения. Интересные подходы по оценке радонового риска для населения разработаны в Швеции, США, Канаде, Финляндии, Великобритании. В России программа «Радон» принята в 1994 г., но детальных и масштабных исследований радоноопасности жилых помещений и влияние на здоровье населения не проводилось. Различными аспектами радоновой опасности в России занимались Бакаева Н. В. и Калайдо А. В., Говор М. В., Рыжакова Н. К., Ставицкая К. О., Удалов А. А. [1, 2, 9]. Изучением воздействия радона на здоровье человека занимались Карпин В. А., Кострюкова Н. К., Гудков А. Б., Никифоров Д. В., Межова Л. А. [3, 5]. Радоноопасность в высотных зданиях определяли Назиров Р. А. и Кургуз С. А. [4]. Медико-географический анализ распространения болезней органов дыхания по территории Воронежской области и оценку канцерогенного риска здоровью городского населения проводили Петрова Е. Ю., Куролап С. А., Ракитский В. Н., Стёпкин Ю. И., Клепиков О. В. [6, 7].

В зарубежных исследованиях большое внимание уделяется радоновым рискам, которые отражены в трудах Майкла Пачи, Джанлука Бертони, Кеннета Э. Уорнера, Пола Куранта и Девида Мендеса [12, 10, 13]. Марго Т. Оге и Ульям Х. Фарланд изучали источника радона в домах различной этажности [11].

Целью исследования является изучение радоновой опасности жилых помещений для населения, проживающего в лесостепных и степных ландшафтах Центральной России. В качестве объекта исследования взяты жилые помещения с повышенной радоноопасностью для проживающего в них населения на территории Воронежской области. Радоноопасность жилых помещений возрастает в холодные сезоны, которые приводят к резкому повышению радона в зданиях за счет уменьшения интенсивности естественного проветривания. Для реализации цели исследования использовались следующие методы: геофизический, статистический, медико-биологический, картографический.

Особенностью радонового риска исследуемой территории является его увеличение в малоэтажной застройке. Доля населения Воронежской области, проживающих в небольших населенных пунктах с малой этажностью, составляет около 40 %. В этой связи проблема радонового риска затрагивает часть населения региона. При этом городское население составляет 69,04 %, а сельское – 30,96 %. Проведение масштабных измерений активности радона в жилом секторе и рабочих помещениях предприятий проводится выборочно.

Моментальные измерения радона в воздухе помещений дают быстрый результат, но не всегда достаточно надежны. Наиболее адекватные значения содержания радона в воздухе помещений можно получить, проведя длительные измерения в зимний и летний сезоны. Чаще всего такие измерения проводятся при помощи трековых детекторов. Хотя это довольно недорогие материалы, но проверка всего жилого фонда требует больших затрат средств и времени и в этой связи преобладают выборочные проверки. Наиболее распространенными способами отбора мест проведения проверок является выбор наиболее социально значимых объектов, таких как школы,

детские сады или случайно выбранные здания. Благодаря такому подходу можно с определенной долей вероятности можно судить о состоянии радоновой проблемы в различных районах России. Степень достоверности данных, полученных при выборочных измерениях, напрямую зависит от статистической и нестатистической репрезентативности выборки. Однако, суть исследований по измерению концентрации радона в воздухе помещений не только в том, чтобы получить общую картину, но в большей степени в том, чтобы найти проблемные постройки и обеспечить безопасность проживания людей.

Для этих целей необходим более целенаправленный и результативный подход в выборе объектов исследования. Наиболее эффективным кажется подход движения от самой проблемы к ее источнику. А именно: от заболеваемости раком легкого к поиску ее причин. Система медицинского обслуживания проводит тщательную регистрацию случаев заболеваемости новообразованиями. Ведется сбор статистических данных по разнице делением, заболевших по нозологическим формам. Обо всех заболевших имеются сведения, о местах их проживания и работы. При современном уровне развития геоинформационных баз данных, анализ и обобщение показателей по адресам проживания и работы, заболевших раком легкого является несложной задачей. Важно использовать имеющуюся медицинскую статистику заболеваемости раком легкого за весь период ее ведения.

Согласно данным Агентства по охране окружающей среды (EPA) США около 12% процентов случаев заболевания раком легкого в Соединенных штатах вызваны воздействием радона. По оценке Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) в разных странах этот показатель составляет от 3 до 14 %. Среди курящих людей радон признан второй по значимости, а среди не курящих – первой, причиной возникновения рака легкого. Около в 3–14 % адресов проживания заболевших можно ожидать выявления повышенного содержания радона в воздухе.

Для осуществления мониторинга радоновой опасности и влияния на здоровье населения предлагаем алгоритм проведения исследований, представленный на рисунке 1.

При применении среднемирового уровня вклада радона в развитие рака легкого примерно 60 человек по региону подвергается повышенной концентрации радона. Необходимо выявлять проблемные строения, в которых может наблюдаться повышенный уровень радона (около 4,2 %). Следуют отметить, что для региона характерен высокий процент курящих людей.

Минимальный уровень вклада радона в заболеваемость раком легкого по оценкам ВОЗ составляет 3 %. Можно отметить, что из 1 000 ежегодно заболевающих в регионе около 30 человек подвергаются высоким дозам облучения радоном. Если проводит в каждом случае измерения активности радона, то эффективность поиска строений с высоким уровнем радона составляет около 1,5 %. В домашних условиях человек проводит около 60 % времени, или 14,4 ч. Поэтому измерение содержания радона на рабочих местах можно исключить из рассмотрения. В таком случае, приблизительная результативность обнаружения помещений с повышенными уровнями радона составит около 8 %, а минимальный показатель около 3 %. Гамма-фон на территории региона по данным территориального органа Роспотребнадзора составляет 9–14 мкР/ч. В исследованиях, посвященных корреляции гамма-фона и концентрации радона в воздухе помещений при уровнях гамма-фона соответствующих средним по Воронежской области было получено следующее распределение жилых зданий по уровням ЭРОА: 78,1 % – менее 100 Бк/м³; 10,3 % – от 100 до 200 Бк/м³; 11,6 % – более 200 Бк/м³.

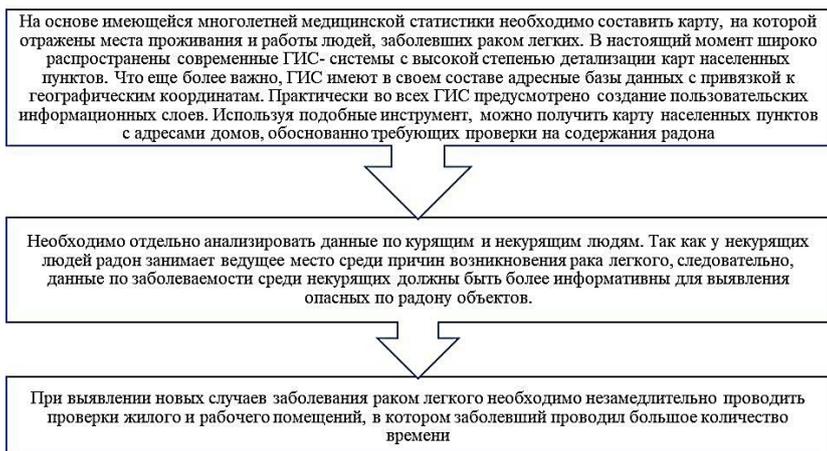


Рисунок 1 – Алгоритм по организации мониторинга региональной радоновой опасности

Проблема радонового риска в той или иной степени может затрагивать около 50 млн человек на территории нашей страны. Приблизительная эффективность выявления проблемных строений должна составлять около 5 %.

На рисунке 2 представлен индекс роста общей заболеваемости среди населения по основным классам заболеваемости.

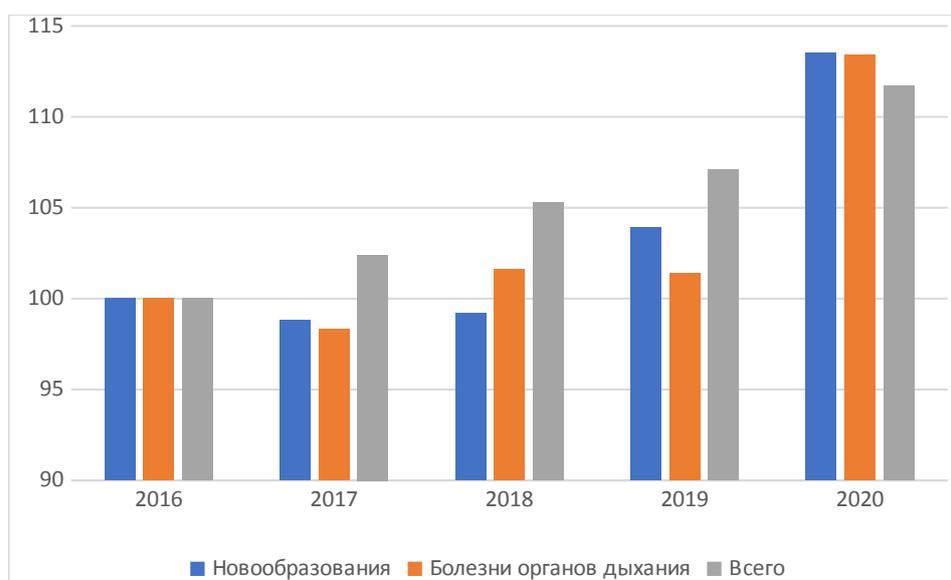


Рисунок 2 – Индекс роста общей заболеваемости среди населения по основным классам болезней, % [8]

На основе анализа статистических данных болезней органов дыхания в общей структуре заболеваемости Воронежской области занимают около 19,6 %. За последние десятилетия выявлен рост до 22,5 %. Данные по онкологическим заболеваниям представлены на рисунке 3 в сравнении со среднероссийскими показателями.

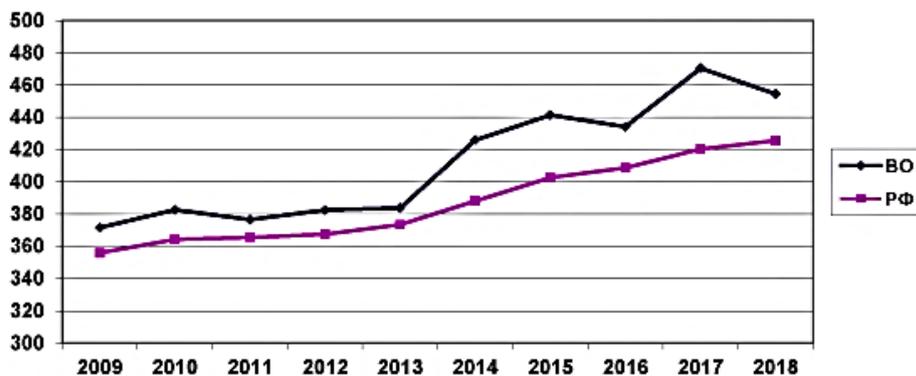


Рисунок 3 – Динамика уровня заболеваемости ЗНО в Российской Федерации и Воронежской области (на 100 тыс. населения) [8]

Следует отметить, что количество онкобольных по области превышает 70 тыс. человек и это почти каждый 33-й житель. Для Воронежской области характерны высокие показатели заболеваемости раком трахеи, бронхов, легких, при этом значительную долю составляет мужское население.

В строениях, где будет выявлен повышенный уровень радона, необходимы дополнительные исследования и проводить проверки уровня радона в соседних помещениях и зданиях. В домах с индивидуальным водоснабжением необходимо проанализировать пробы воды из систем водоснабжения.

По данным С. А. Куролапа высокая онкологическая заболеваемость характерна на севере области, особенно в северо-западной части. На основе статистической информации им было проведено картографическое моделирование [6].

Высокие показатели заболеваемости раком легкого определены в ближнем Подворонежье, усредненные данные характерны для долины реки Дон и северных районах в пределах Окско-Донской низменности. Низкие параметры выявлены на юге области.

Следует отметить, что на основе анализа онкологических заболеваний легких можно определить зоны возможного радонового риска с учетом природного фона, тектонического и геологического строения, а также особенностей жилых помещений.

Таким образом, проведение типологии региона позволит провести районирование по степени геоэкологического риска радона на основе обработки информации с использованием ГИС-технологий и оперативно строить картографические модели. Такая база данных радоноопасности в пределах Воронежской области, поможет усовершенствовать систему радонового мониторинга и определить геоэкологические риски для здоровья населения.

Список источников

1. Бакаева Н. В., Калайдо А. В. Механизмы поступления радона в здания и сооружения // Строительство и реконструкция. 2016. № 5 (67). С. 51–59.
2. Говор М. В. Обеспечение радиационной безопасности жилых зданий на территориях с повышенным содержанием радона в воздухе // Биотехнологии и безопасность в техносфере: мат-лы Всерос. конф. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политех. ун-т Петра Великого, 2021. С. 18–20.
3. Карпин В. А., Кострюкова Н. К., Гудков А. Б. Радиационное воздействие на человека радона и его дочерних продуктов распада // Гигиена и санитария. 2005. № 4. С. 13–17.
4. Назиров Р. А., Кургуз С. А. К вопросу оценки радоноопасности высотных зданий // Материалы XVII региональной научно-технической конференции. Красноярск: Красноярская гос. архитектур.-строит. акад., 1999. С. 115–116.

5. Никифоров Д. В., Межова Л. А., Кульнев В. В., Луговской А. М., Никанов А. Н., Кизеев А. Н., Репина Е. М. Здоровье населения радоноопасных территорий // *Экология человека*. 2019. № 1. С. 40–50.
6. Петрова Е. Ю., Куролап С. А. Медико-географический анализ распространения болезней органов дыхания среди населения Воронежской области // *Региональные эколого-географические исследования: сб. науч. ст. Воронеж: Воронежский гос. ун-т*, 2020. С. 145–151.
7. Ракитский В. Н., Стёпкин Ю. И., Клепиков О. В., Куролап С. А. Оценка канцерогенного риска здоровью городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания // *Гигиена и санитария*. 2021. Т. 100, № 3. С. 188–195.
8. Региональная программа «Укрепление общественного здоровья» в Воронежской области от 30 января 2020 г.
9. Ръжакова Н. К., Ставицкая К. О., Удалов А. А. Новый подход к проблеме оценки радоноопасности участков застройки // *Радиационная гигиена*. 2020. Т. 13, № 2. С. 57–64.
10. Bertoni Gianluca, Mohamad El Hajj Thammiris, Gandolla Mauro. Radon risk assessment and mitigation deadlines // *Journal of the European Radon Association*. 2022.
11. Oge Margo, Farland William. Radon Risk in the Home // *Science*. 1992.
12. Paci Michael. Radon risks // *Canadian Medical Association Journal*. 2015.
13. Warner Kenneth, Courant Paul, Mendez David. Radon risks // *Environmental Health Perspectives*. 1996. Vol. 104. P. 134–134.

References

1. Bakaeva N. V., Kalajdo A. V. Mechanisms of Radon Entry into Buildings and Structures. *Stroitelstvo i rekonstruktsiya*. 2016; 5(67):51–59.
2. Govor M. V. Ensuring radiation safety of residential buildings in areas with high radon content in the air. *Biotekhnologii i bezopasnost' v tekhnosfere*. St. Petersburg: St. Petersburg State Polytechnic University named after Peter the Great; 2021:18–20.
3. Karpin V. A., Kostryukova N. K., Gudkov A. B. Radiation exposure of humans to radon and its decay products. *Gigiena i sanitariya*. 2005; 4:13–17.
4. Nazirov R. A., Kurguz S. A. On the issue of assessing the radon hazard of high-rise buildings. *Materialy XVII regionalnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Architectural and Construction Academy; 1999:115–116.
5. Nikiforov D. V., Mezхова L. A., Kulnev V. V., Lugovskoy A. M., Nikanov A. N., Kizeev A. N., Repina E. M. Population health in radon-affected areas. *Ekologiya cheloveka*. 2019; 1:40–50.
6. Petrova E. Yu., Kurolap S. A. Medico-geographical analysis of the spread of respiratory diseases among the population of the Voronezh region. *Regionalnye ekologo-geograficheskie issledovaniya*. Voronezh: Voronezh State University; 2020:145–151.
7. Rakitskiy V. N., Styopkin Yu. I., Klepikov O. V., Kurolap S. A. Assessment of carcinogenic risk to the health of the urban population caused by exposure to environmental factors. *Gigiena i sanitariya*. 2021; 100(3):188–195.
8. *Regional Program "Strengthening Public Health" in the Voronezh Oblast from January 30, 2020*.
9. Ryzhakova N. K., Stavickaya K. O., Udalov A. A. A New Approach to the Problem of Assessing the Radon Danger of Building Sites. *Radiatsionnaya gigiena*. 2020; 13(2):57–64.
10. Bertoni Gianluca, Mohamad El Hajj Thammiris, Gandolla Mauro. Radon risk assessment and mitigation deadlines. *Journal of the European Radon Association*. 2022.
11. Oge Margo, Farland William. Radon Risk in the Home. *Science*. 1992.
12. Paci Michael. Radon risks. *Canadian Medical Association Journal*. 2015.
13. Warner Kenneth, Courant Paul, Mendez David. Radon risks. *Environmental Health Perspectives*. 1996; 104:134–134.

Информация об авторах

Межова Л. А. – кандидат географических наук, доцент;
Луговской А. М. – доктор географических наук, профессор;
Инпушкин В. А. – аспирант.

Information about the authors

Mezhova L. A. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Lugovskoy A. M. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor;
Inpushkin V. A. – postgraduate student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.05.2022; одобрена после рецензирования 16.05.2022;
принята к публикации 18.05.2022.

The article was submitted 13.05.2022; approved after reviewing 16.05.2022; accepted for
publication 18.05.2022.