

DOI 10.21672/2077-6322-2021-81-2-131-136

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

Межова Лидия Александровна, кандидат географических наук, доцент, Воронежский государственный педагогический университет, Российская Федерация, 394043, г. Воронеж, ул. Ленина, 86, lidiya09mezhova@yandex.ru

Михеева Екатерина Анатольевна аспирант, Воронежский государственный педагогический университет, Российская Федерация, 394043, г. Воронеж, ул. Ленина, 86, micheewa1972@yandex.ru

Кузнецов Илья Евгеньевич, доктор технических наук, доцент, Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, Российская Федерация, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54а, vaiumet@mail.ru

Козлов Александр Тимофеевич, доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник, Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, Российская Федерация, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а

Семёнов Михаил Евгеньевич, доктор физико-математических наук, профессор, Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, Российская Федерация, 394064 г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а, mkl150@mail.ru

Гоцев Дмитрий Викторович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор, Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, Российская Федерация, 394064 г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а, rbgotsev@mail.ru

В статье исследуются проблемы геоэкологического влияния радонового облучения на жизнедеятельность человека в пределах агломерации. Всемирная организация здравоохранения считает радон элементом, имеющим скрытые канцерогенные свойства. В настоящее время определение радоновой опасности на региональном уровне является сложной проблемой. В областном радоновом мониторинге не разработана геоэкологическая стратегия оценки комплексного влияния радоноопасности жилых помещений. Используются статистические материалы Роспотребнадзора и экспериментальные геофизические исследования содержания радона в воздухе жилых помещений и почвенном воздухе. Целью исследования является разработка геоэкологического подхода к оценке радоновой опасности жилых помещений, обследуемых на территории города Воронежа и Воронежской области. Собранный банк информации по концентрации радона в жилых помещениях подвергался статистическому анализу, на основе которого выявлялась степень их радонозащитенности.

Ключевые слова: радон, радоноопасность, воздушная среда жилых помещений, гамма-фон, геоэкологический анализ, уровень радона, агломерация

GEO-ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE AIR ENVIRONMENT OF THE URBAN AGGLOMERATIONS

Mezhova Lydia A., Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Pedagogical University, 86 Lenina St., Voronezh, 394043, Russian Federation, lidiya09mezhova@yandex.ru

Mikheeva Ekaterina A., postgraduate, Voronezh State Pedagogical University, 86 Lenina St., Voronezh, 394043, Russian Federation, micheewa1972@yandex.ru

Kuznetsov Ilya E., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, 54a St. Starykh Bolshevikov, 394064, Voronezh, Russian Federation, vaiumet@mail.ru

Kozlov Alexander T., Doctor of Biological Sciences, Professor, Senior Researcher, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, 54a Sarykh Bolshevikov St., Voronezh, 394064, Russian Federation

Semenov Mikhail E., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, 54a Sarykh Bolshevikov St., Voronezh, 394064, Russian Federation, mkl150@mail.ru

Gotsev Dmitry V., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Professor, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, 54a Sarykh Bolshevikov St., Voronezh, 394064, Russian Federation, rbgotsev@mail.ru

The article investigates the problems of geoecological impact of radon irradiation on human life within the agglomeration. The World Health Organization considers radon to be an element with latent carcinogenic properties. Currently, determining radon hazards at the regional level is a complex problem. Regional radon monitoring has not developed a geo-ecological strategy for assessing the complex impact of the radon hazard of residential premises. The statistical materials of Rosпотребнадзор and experimental geophysical researches of radon content in inhabited rooms and soil air are used. The purpose of the research is the development of geoecological approach for estimation of radon hazard of the dwelling premises surveyed in the territory of Voronezh and Voronezh region. The collected bank of information about radon concentration in the dwelling premises was subjected to statistical analysis on the basis of which the degree of their radon protection was found out.

Keywords: radon, radon hazard, residential air environment, gamma-background, geoecological analysis, radon level, agglomeration

Опасность воздействия природных источников ионизирующего излучения сравнительно недавно стала восприниматься как глобальная экологическая проблема. Оказалось, что малые дозы радиации, характерные для природных источников, не безопасны для здоровья населения. Основное внимание было обращено на воздействие радона и его продуктов распада на человеческий организм. С одной стороны, примерно половина радиационного воздействия на человека приходится на радон. С другой стороны, было установлено, что причиной «болезни рудокопов» – рака легких – является повышенное содержание радона в воздухе горных выработок. В 80-е годы XX века активизировались исследования по определению опасности, которую представляет радон для обычных людей, работа которых не связана с источниками ионизирующего излучения. В результате этих исследований было установлено, что повсеместно в мире встречаются жилые дома, уровень радона в которых является опасным для человека. В настоящее время, практически во всех странах существуют государственные программы по снижению риска воздействия радона на население. Поступление радона от различных источников в жилой фонд представлено на рисунке 1.

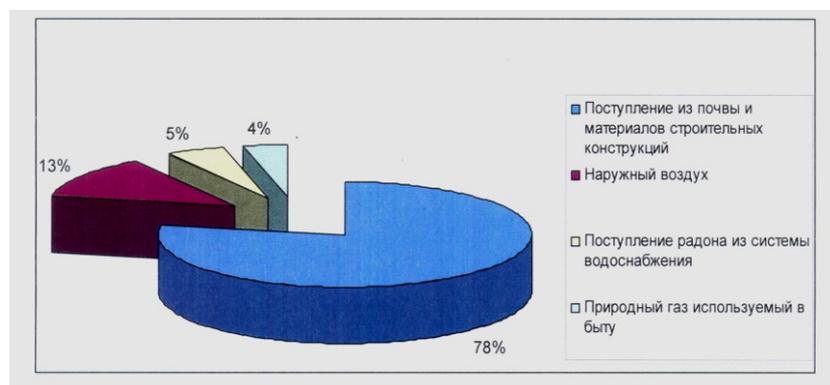


Рис. 1. Основные источники поступления радона в жилой фонд

В России такая программа была принята в 1994 году. Одним из направлений этой программы является обследование жилых и общественных зданий с целью контроля концентрации радона во внутреннем воздухе помещений и выявлении зданий требующих принятия мер по снижению количества радона. Проводить тотальные измерения активности радона в жилом секторе и рабочих помещениях предприятий представляется мало осуществимой задачей [4].

Моментальные измерения радона в воздухе помещений, выполняемые с помощью портативных приборов контроля, дают быстрый результат, но не всегда достаточно надежный. Наиболее адекватные значения содержания радона в воздухе помещений можно получить, проводя длительные измерения в зимний и летний сезоны. Чаще всего такие измерения проводятся при помощи трековых детекторов. Хотя это достаточно недорогие устройства, но проверка всего жилого фонда требует больших затрат средств и времени. Поэтому в настоящее время проводятся выборочные проверки. Наиболее распространенными способами отбора мест проведения проверок является выбор либо наиболее социально-значимых объектов, таких как школы, детские сады, др. учреждения, либо случайно выбранные здания. Благодаря такому подходу можно с определенной долей вероятности говорить об общем состоянии радоновой проблемы в определенном районе.

Степень достоверности данных, полученных при выборочных измерениях, напрямую зависит от статистической и нестатистической репрезентативности выборки. Исследования проводились для выявления проблемных жилых помещений с повышенной концентрацией радона, оказывающие влияние на онкологическую заболеваемость [6]. Для этих целей необходим более целенаправленный и результативный подход в выборе объектов исследования. Наиболее эффективным, в данном случае, может оказаться подход, который предполагает движение от последствий к источнику. А именно: от заболеваемости раком легкого к поиску возможных канцерогенных факторов. Система медицинского обслуживания проводит тщательную регистрацию случаев заболеваемости злокачественными новообразованиями [1]. Ведется сбор статистических данных с разделением, заболевших по нозологическим формам. Обо всех заболевших имеются сведения, о местах их проживания и работы. При современном уровне развития геоинформационных систем, анализ и обобщение данных по адресам проживания и работы, заболевших раком легкого является несложной задачей. Имеет смысл использовать имеющуюся медицинскую статистику заболеваемости раком легкого за весь период ее ведения.

Американскими учеными было доказано, что около 12 % заболеваемости онкологией легких вызвано влиянием радона. По оценке Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) в разных странах этот показатель варьирует от 3 до 14 % [2]. Среди курящих людей радон признан второй по значимости, а среди не курящих – первой, причиной возникновения рака легкого.

Численность населения Воронежской агломерации составляет 1,3 миллиона чел. Средняя заболеваемость раком легкого по области составляет 41,07 случаев на 100000 чел. За год в Воронежской агломерации выявляется около 937 заболевших. В домах, где проживают заболевшие и на предприятиях, где они работают, в закрытых помещениях необходимо проводить измерения концентрации радона в воздухе, что в среднем может составлять около 1800 измерений в год. Если принять среднемировой уровень вклада радона в развитие рака легкого за отправную точку, то 8,5 % заболевших (примерно 80 человек по Воронежской агломерации), подвергаются повышенной экспозиции радоном. Приблизительная эффективность выявления проблемных строений должна составлять около 4,5 %. В связи с тем, что в России высок процент курящих людей, а также с тем, что Воронежская область не является зоной повышенных радоновых рисков можно ожидать, что показатели значительно меньше среднемировых данных [3].

Минимальный уровень вклада радона в заболеваемость раком легкого по оценкам ВОЗ составляет 3 %. Если исходить из этого значения, то из примерно 1000 ежегодно заболевающих в Воронежской агломерации около 30 человек подвергаются

высоким дозам облучения радоном. Если проводить в каждом случае измерения активности радона в домашних и рабочих помещениях, то эффективность нахождения строений с высоким уровнем радона составляет около 1,5 %.

В расчетах использовано предположение, что все заболевшие работают в закрытых помещениях на протяжении продолжительного времени. В этой связи исчезает необходимость в части случаев проводить замеры в рабочих помещениях. Кроме того, на работе человек проводит намного меньше времени, чем дома, поэтому воздействию радона человек в основном подвергается в жилых помещениях. В среднем человек проводит у себя дома около 60 % своего времени, а в связи с пандемией эта цифра возрастает до 80–90 % [5]. Поэтому измерения содержания радона на рабочих местах малоэффективны. В таком случае приблизительная результативность обнаружения помещений с повышенными уровнями радона составит около 8 %, а минимальный уровень – около 3 %. Роспотребнадзором по Воронежской области за пять лет было проведено более 12 тысяч измерений радона в воздухе помещений, при этом не выявлено ни одного случая превышения норм радиационной опасности. Более того, только в 12 из 12000 замеров обнаружено концентрация радона, превышающая 100 Бк/м³. Измерение объемной активности радона в жилом фонде города и области за 2020 год выявили среднегеометрические отклонения, составляющие около 25,9 Бк/м³. Усредненные показатели гамма-фона по исследуемому региону достигает 10 мкР/ч.

Были проведены измерения радона в жилых зданиях (600 проб) и в почвенном воздухе (300 проб) в городе Воронеже, результаты измерения представлены на рисунках 2 и 3.

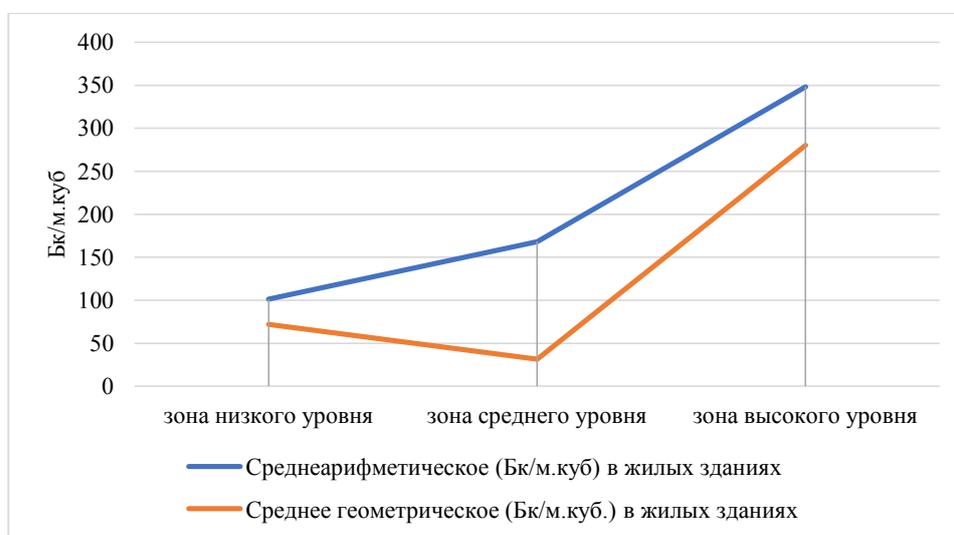


Рис. 2. Результаты измерения радона в жилых зданиях

Рассчитанное среднее геометрическое содержание радона в домах достигает 31,5 Бк/м³.

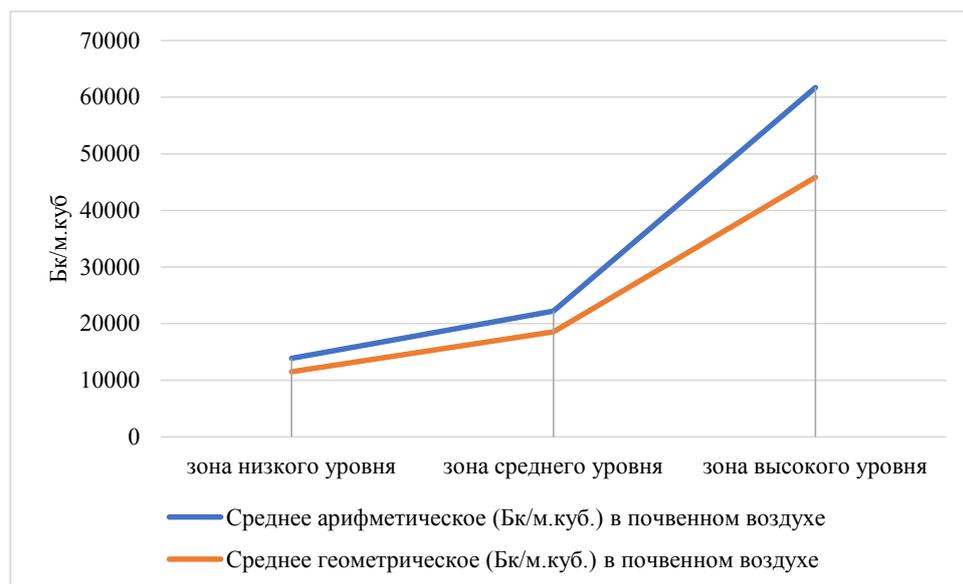


Рис. 3. Результаты измерения радона в почвенном воздухе

Измерения гамма-фона на территории области по данным Роспотребнадзора составляет 9–14 мкР/ч. Более высокие показатели имеет только территория Шкурлатского месторождения гранита в Павловском районе, где гамма-фон составляет 18–22 мкР/ч (площадь «пятна» составляет 726 га). В работах по корреляции гамма-фона и концентрации радона в воздухе помещений в испанской провинции Галисия (Galicia) [1] при уровнях гамма-фона, соответствующих средним по Воронежской агломерации, 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.

На основе многолетней медицинской статистики необходимо составить карту, на которой важно отразить места проживания и работы людей, заболевших раком легких. В настоящий момент широко распространены современные ГИС – системы с высокой степенью детализации карт населенных пунктов. Адресные базы данных с привязкой к географическим координатам дают возможность выявить геоэкологическую ситуацию радоновой опасности времени.

Практически во всех ГИС предусмотрено создание пользовательских информационных слоев. Используя подобные инструмент, можно получить карту населенных пунктов с адресами домов, обоснованно требующих проверки на содержания радона. Необходимо методом анкетирования выявлять курящих и некурящих людей. Так как у некурящих людей радон занимает ведущее место среди причин возникновения рака легкого, следовательно, данные по заболеваемости среди некурящих должны быть более информативны для выявления опасных по радону объектов. При выявлении новых случаев заболевания раком легкого необходимо проводить сопряженный анализ с оценкой концентрации радона в жилом фонде.

Таким образом, для организации региональной системы мониторинга за концентрациями радона в жилых помещениях необходимо использовать методику, которая не позволяет объективно оценить состояние радоновой проблемы в Воронежской агломерации. Для повышения эффективности мониторинга важно разработать алгоритм ГИС-контроля радоноопасности, который позволит определить уровень дискомфорта проживания населения. При комплексном геоэкологическом мониторинге радоноопасности жилых помещений важно учитывать его содержание как в природном фоне, так и конструкцию зданий и анализ статистических показателей заболеваемости населения, проживающих в них. Длительный период проживания

в таких помещениях приводит к аккумулятивным эффектам и формированию онкологических заболеваний.

Список литературы

1. Al-Zoughool, M. Health effects of radon: A review of the literature / M. Al-Zoughool, D. Krewski // *International journal of radiation biology*. 2009. – P. 57–69.
2. Dixon, D. Understanding radon sources and mitigation in buildings / D. Dixon, Ch. Scivyer // *Journal of Building Appraisal*. – 2005. – Vol. 1, № 2. – P. 164–176.
3. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2019 году». – Воронеж : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2020. – 200 с.
4. Жуковский, М. В. Радон: измерение, дозы, оценка риска / М. В. Жуковский. – Екатеринбург : Ин-т промышленной экологии УрО РАН, 1997. – 230 с.
5. Карабанов, А. Радон: здоровье, опасность, защитные мероприятия / А. Карабанов, И. Жук, О. Ярошевич, М. Конопелько, Ж. Лукашевич, Л. Василевский // *Наука и инновации*. – 2013. – № 4 (122). – С. 63–67.
6. Нешто, К. Я. Оценка существующих подходов к определению параметров поступления и стока радона в помещениях жилых и общественных зданий / К. Я. Нешто, С. Ю. Гончарова // *Молодой ученый*, 2016. – № 26 (130). – С. 68–74. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/130/35047/> (дата обращения: 08.04.2021).

References

1. Al-Zoughool, M., Krewski, D. Health effects of radon : A review of the literature. *International journal of radiation biology*. 2009, pp. 57–69.
2. Dixon, D., Scivyer, Ch. Understanding radon sources and mitigation in buildings. *Journal of Building Appraisal*. 2005, vol. 1, no 2, pp. 164–176.
3. *Report "On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Voronezh region in 2019"*. Voronezh, Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Voronezh region Publ. House, 2020, 200 p.
4. Zhukovsky, M. V. *Radon: izmerenie, dozy, otsenka riska* [Radon: Measurement, doses, risk assessment]. Yekaterinburg, Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Згидю Ршгыу, 1997, 230 p.
5. Karabanov, A., Zhuk, I., Jaroshevich, O., Konopelko, M., Lukashevich, J., Vasilevsky, L. Radon: zdorove, opasnost, zashchitnye meropriyatiya [Radon: health, danger, protective measures]. *Nauka i innovatsii* [Science and Innovation]. 2013, no 4 (122), pp. 63–67.
6. Neshto, K. Y., Goncharova, S. Y. Otsenka sushchestvuyushchikh podkhodov k opredeleniyu parametrov postupleniya i stoka radona v pomeshcheniyakh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy [Evaluation of existing approaches to determining the parameters of radon inflow and outflow in the premises of residential and public buildings]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist]. 2016, no 26 (130), pp. 68–74. Available at: <https://moluch.ru/archive/130/35047/> (Accessed: 08.04.2021).