


Н. Ю. Черных, Т. Е. Фертикова, Е. П. Мелихова , **И. И. Либина, А. В. Скребнева, О. И. Губина**

Воронежский государственный медицинский университет, Воронеж, Россия
katerina.2109@mail.ru

ВЗАИМОСВЯЗЬ ДИНАМИКИ КОНЦЕНТРАЦИИ РАДОНА В ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЯХ С МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИМИ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена канцерогенной опасностью радона, концентрации которого имеют значительные колебания в помещениях школы. Цель работы заключалась в изучении процессов изменения концентрации радона в школах города Воронежа под влиянием метеорологических и микроклиматических факторов. В разных концентрациях радон обнаружен нами практически во всех помещениях. По результатам длительных измерений объемной активности радона в школах показана динамика его концентраций. Выявлена зависимость концентрации радона от метеорологических и микроклиматических условий.

Ключевые слова: радон, микроклимат, школьные учреждения

VOLGOGRAD SCIENTIFIC AND MEDICAL JOURNAL. 2023. Vol. 20, no. 1. P. 20–24.
ORIGINAL ARTICLE

N. Yu. Chernykh, T. E. Fertikova, E. P. Melikhova , **I. I. Libina, A. V. Skrebneva, O. I. Gubina**

Voronezh State Medical University, Voronezh, Russia
katerina.2109@mail.ru

RELATIONSHIP OF RADON CONCENTRATION DYNAMICS IN SCHOOL BUILDINGS WITH MICROCLIMATE AND METEOROLOGICAL FACTORS

Abstract. The relevance of the study is due to the carcinogenic hazard of radon, the concentration of which varies significantly in school buildings. The aim of the work was to study the processes of the concentration of radon changing in schools in the city of Voronezh under the influence of meteorological and microclimatic factors. Radon in various concentrations was detected by us in almost all rooms. According to the results of long-term measurements of radon volumetric activity in schools, the dynamics of its concentration was shown. The dependence of radon concentration on meteorological and microclimatic conditions has been revealed.

Keywords: radon, microclimate, school institutions

В последние годы выявилась особая роль радона в облучении людей в бытовых условиях и на рабочих местах, казалось бы, далеких от радиационно-опасных объектов и технологий, то есть касающихся практически каждого из нас.

Однозначно доказано, что неблагоприятные последствия воздействия радона и его дочерних продуктов проявляются в увеличении числа заболевших раком легких [1–3].

Существенной особенностью проблемы радона является непредсказуемость его концентрации в данном конкретном помещении.

Характеристика подстилающих пород, данные о содержании в них естественных радионуклидов, наличие и направленность тектонических разломов позволяют лишь предположительно судить об уровнях радона.

Фактические значения содержания радона в помещении сильно зависят от конкретной конструкции здания, вентиляции, микроклиматических, метеорологических и прочих условий и выявляются только в ходе радиационного обследования [3].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Заключалась в оценке диапазонов и изучении многофакторных зависимостей изменения концентрации радона в помещениях школ города Воронежа.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выполнения поставленной цели использовались различные методы измерения объемной активности радона – интегральные, экспрессные и непрерывные (с помощью радон-монитора).

Как известно, наибольшую погрешность в оценку среднегодового значения концентрации радона вносят временные вариации этой величины [2]. Колебания концентрации радона в воздухе помещений существенно затрудняют оценку степени ее радиационной опасности для человека.

Для того, чтобы оценить типичный диапазон этих изменений и изучить закономерности поступления радона в помещения с 22 сентября по 22 октября, каждые 4 часа осуществлялась регистрация объемной активности радона с помощью монитора. Время экспозиции составляло 40 минут. Для оценки

микrokлиматических параметров измерялась температура воздуха в помещении.

Одновременно оценивалось содержание дочерних продуктов торона в воздухе [по числу зарегистрированных α -распадов, соответствующих ^{216}Po (ThA)]. Измерения проводились на первом этаже средней школы в малом спортивном зале с досчатыми полами. Помещение располагалось непосредственно на грунте, техподполья под ним не имелось. Окна на протяжении всего периода измерений были закрыты, и возможность сквозного проветривания отсутствовала. Выбор помещения определялся высокими мгновенными значениями объемной активности радона, зарегистрированными в нем – до 581 Бк/м^3 и возрастной группой детей (в спортзале занимаются учащиеся первого-третьего классов). Эксперимент проводился в течение месяца.

Исследование было дополнено метеорологической информацией, полученной в Воронежском областном центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За период наблюдения объемная активность радона менялась от 4 до 334 Бк/м^3 . Среднее ариф-

метическое значение составило $54,5 \text{ Бк/м}^3$, медиана – 26 Бк/м^3 .

Суточные колебания концентрации радона в спортзале оказались практически непредсказуемыми. С несколько большей частотой максимальные значения регистрировались в 13, 17 и 21 часы (в 66 % случаев), а минимальные – в 5 и 9 часов (75 % случаев). С 9 до 17 часов, когда спортивный зал посещается детьми, объемная активность радона в отдельные дни могла почти не изменяться (27, 28 сентября и 10, 12 и 21 октября), либо меняться не более, чем в 2 раза (26 сентября и 3, 8, 9 и 19 октября), что при низких концентрациях радона, порядка $10\text{--}50 \text{ Бк/м}^3$, несущественно.

Однако в другие дни максимальные и минимальные величины этих вариаций различались в 3–8 раз, а 25, 29, 30 сентября и 5, 18 и 20 октября в 10 раз и более. Сколько-либо существенных уровней радона в помещении не было обнаружено.

Проведенное исследование показало, что работа системы отопления может оказывать влияние на концентрацию радона в помещении.

На рис. 1 приводятся значения объемной активности радона и температуры воздуха, одновременно регистрируемые в течение 30 дней в помещении.

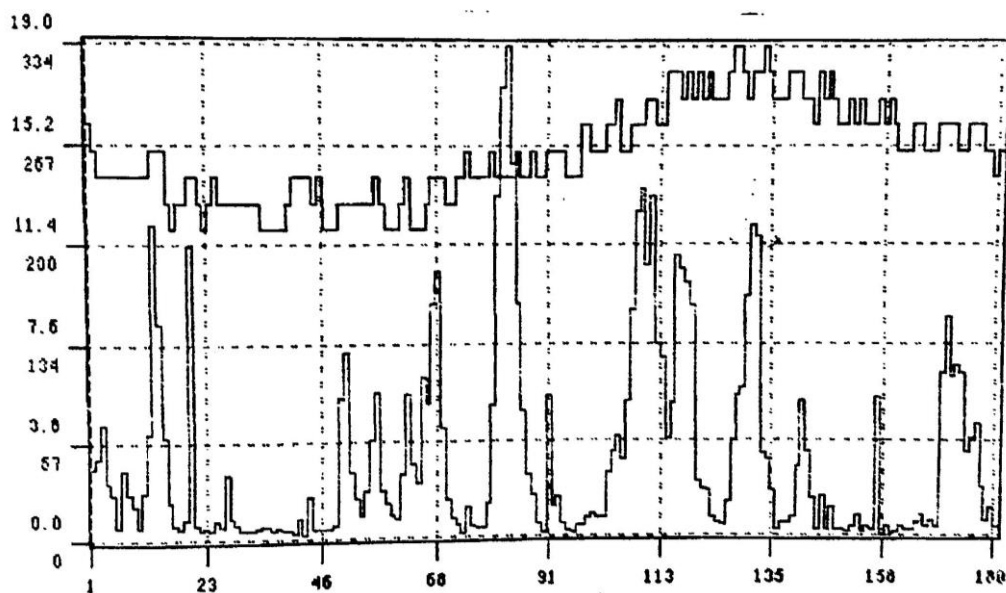


Рис. 1. Изменения во времени объемной активности радона и температуры воздуха в школьном спортивном зале

Как можно видеть на рисунка, с момента включения отопления (2 октября, вторая половина дня, соответствующий номер измерения – 61) пики радона становятся заметно шире. Расчеты показали, что средняя концентрация радона в спортзале с началом отопительного сезона увеличилась в два раза (65 Бк/м^3) по сравнению с доотопительным периодом (33 Бк/м^3). Скорее всего, это объясняется повышением потока радона за счет увеличения разности температур вне и внутри помещения. В то же время

прямой связи между температурой воздуха и объемной активностью радона в помещении не было обнаружено. Причина этого, по-видимому, кроется в том, что всасывающий эффект помещения значительно изменяется в зависимости от множества других (в том числе климатических) условий.

Для установления корреляции между концентрацией радона в помещении и пятью метеорологическими переменными параметрами – температурой атмосферного воздуха, барометрическим давлением,

скоростью и направлением движения ветра и относительной влажностью, анализировались усредненные по шести измерениям (среднесуточные) объём-

ные активности радона в помещении. Зависимость между концентрацией радона и метеорологическими факторами иллюстрирует рис. 2.

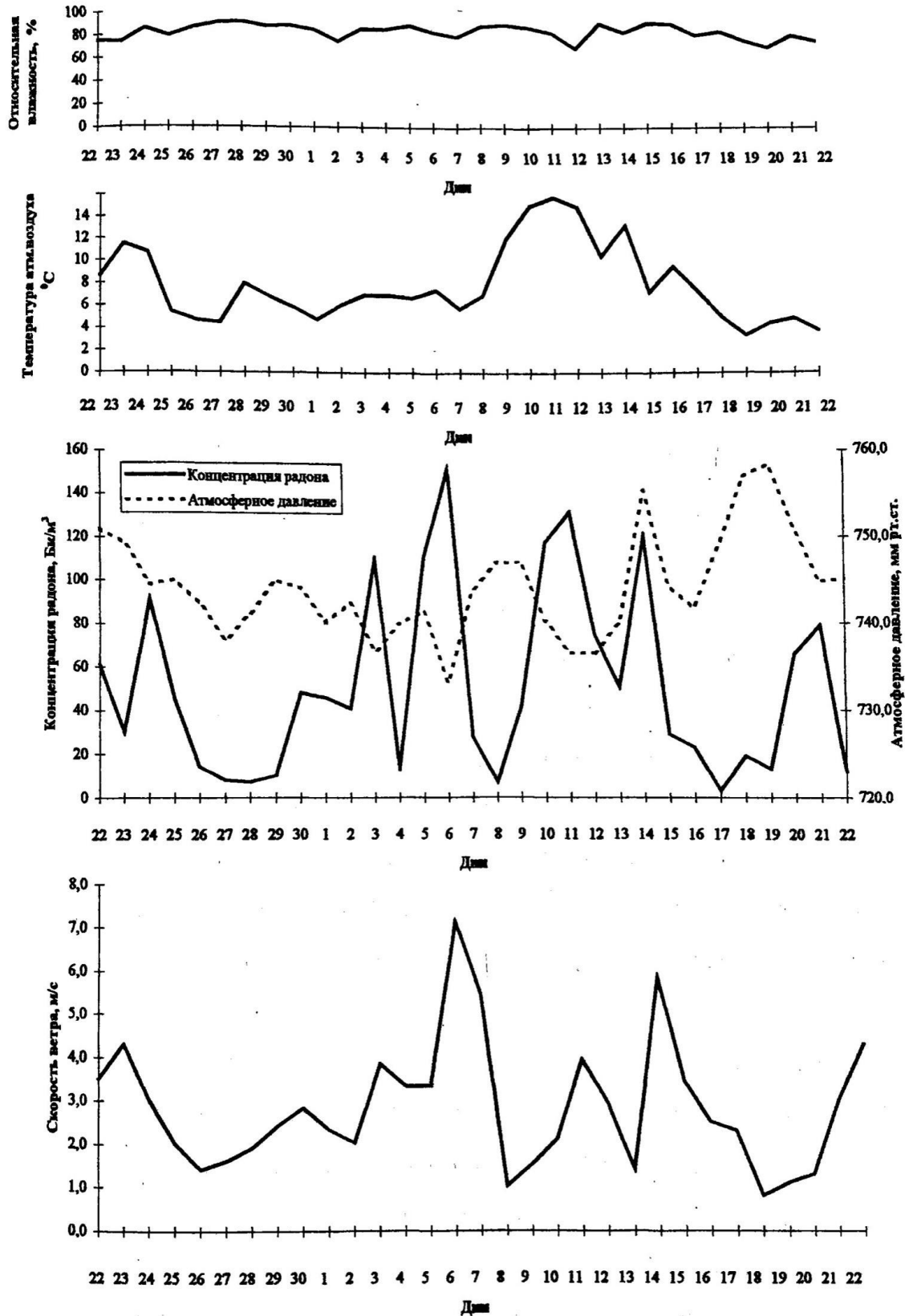


Рис. 2. Вариации концентрации радона и метеорологических параметров в помещении школы

Изображенные на рисунке данные измерений показывают колебания концентрации радона в помещении при изменении атмосферного давления, носящие противофазный характер. То есть пять радоновых пиков из шести (максимумы 24.09; 03.10; 06.10; 11.10 и 21.10) формируются на фоне практически синхронного падения атмосферного давления, одновременно увеличивается и скорость ветра. Так, с 23-го на 24-е сентября, при снижении атмосферного давления на 4,8 мм рт. ст., объемная активность радона увеличилась в 3 раза (с 30 до 90 Бк/м³). Скорость ветра составила 3 м/с.

Со 2-го на 3-е октября атмосферное давление уменьшилось на 5,6 мм рт. ст., а концентрация радона возросла в 2,7 раза (с 41 до 110 Бк/м³). Скорость ветра составила 3,8 м/с. С 9-го по 11-е октября при снижении атмосферного давления на 10,6 мм рт. ст. уровень радона вырос более чем в 3 раза (с 42 до 132 Бк/м³). Ветер усилился с 1,5 до 3,9 м/с.

С 19-го по 21-е октября давление уменьшилось на 13,6 мм рт. ст., концентрация радона увеличилась в 6 раз (с 13 до 79 Бк/м³), а скорость ветра выросла с 1,1 до 3,0 м/с.

Самый высокий пик концентрации радона наблюдался с 4-го по 6-е октября. Атмосферное давление упало на 6,8 мм рт. ст., а объемная активность радона увеличилась почти в 12 раз (с 13 до 152 Бк/м³). Скорость ветра возросла с 3,3 до 7,1 м/с. В эти же дни была зарегистрирована максимальная мгновенная объемная активность радона.

Таким образом, по времени совпали следующие критические величины: минимальное зафиксированное атмосферное давление – 733,2 мм рт. ст., максимальные мгновенная и среднесуточная концентрации радона – 334 и 152 Бк/м³ и максимальная за период наблюдения скорость ветра – 7,1 м/с.

С 13-го по 14-е октября увеличение концентрации радона в помещении происходило при одновременном возрастании атмосферного давления. Однако рассматриваемый период отличался от остального резкого увеличения (в 4 раза) силы ветра (до 5,8 м/с) и изменением его направления. Как известно, более низкие показатели давления воздуха в помещении возникают, в частности, и из-за обдувающего окна наружного воздуха, а разница в давлениях в одну десятитысячную атмосферы может обуславливать всасывающий эффект. По-видимому, в данной ситуации большая ветровая нагрузка на здание и явилась определяющим фактором. Представленные данные по относительной влажности и температуре атмосферного воздуха в сопоставлении с объемной активностью радона в помещении не поддаются анализу. Здесь необходимы специальные измерения с обеспечением постоянства прочих, влияющих на концентрацию радона условий.

Обращают на себя внимание сравнительно низкие концентрации радона, зафиксированные в сентябре, по сравнению с данными, полученными во

время зимнего отопительного сезона. Так, в результате 2-недельных интегральных измерений, проведенных с 3-го по 18-е апреля, среднее значение объемной активности радона составило 510 Бк/м³. К нему близка концентрация, полученная в ходе массовых измерений (581 Бк/м³).

Более низкие концентрации радона в сентябре предположительно могут быть связаны с небольшим градиентом температур между атмосферным воздухом и воздухом помещения, установившимся в этот период. В холодные месяцы года, когда действует отопительная система, перепад температур оказывается существенно большим.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом зависимость концентрации радона от метеорологических и микроклиматических условий не вызывает сомнения. Однако по результатам эксперимента можно сделать вывод, что соотношение этих процессов является достаточно сложным, влияние отдельных факторов трудно вычленишь, так как они могут быть взаимозависимы, и одни из них перекрывают действие других.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Роль экологических факторов в формировании индивидуального и популяционного здоровья детей в Астраханской области / О. А. Бабушкина, М. В. Богданьянц, А. А. Джумагазиев [и др.] // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2022. Т. 19, № 2. С. 118–124.
2. Оценка экологического риска для здоровья населения от загрязнения радоном объектов селитебных территорий Волгоградской области и обоснование управленческих решений / В. И. Петров, Н. И. Латышевская, Д. К. Квартковкина [и др.]. // Волгоградский научно-медицинский журнал. 2008. № 1. С. 3–6.
3. Природные источники ионизирующего излучения: дозы облучения, радиационные риски, профилактические мероприятия : монография / И. К. Романович, И. П. Стамат, Т. А. Кормановская, Д. В. Кононенко. Санкт-Петербург: Изд-во ФБУН НИИРГ им. П. В. Рамзаева, 2018. 432 с.
4. Радон: От фундаментальных исследований к практике регулирования : монография / С. М. Киселев, М. В. Жуковский, И. П. Стамат, И. В. Ярмошенко. М.: Изд-во ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, 2016. 432 с.
5. Обоснование методических подходов к контролю содержания радона в воздухе помещений эксплуатируемых общественных зданий с некруглосуточным пребыванием людей / А. С. Васильев, И. К. Романович, Д. В. Кононенко [и др.] // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 3. С. 29–40.

REFERENCES

1. Babushkina O. A., Bogdanyants M. V., Dzhumagaziev A. A. et al. The role of environmental factors in the formation of individual and population health of children in the Astrakhan region. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta = Journal of Volgograd State Medical University*. 2022;19(2):118–124. (In Russ.).

2. Petrov V. I., Latyshevskaya N. I., Kwartovkina D. K. et al. Assessment of the environmental risk to public health from radon contamination of residential areas of the Volgograd region and justification of management decisions. *Volgogradskii nauchno-meditsinskii jurnal = Volgograd Medical Scientific Journal*. 2008;1:3–6. (In Russ.).

3. Romanovich I. K., Stamat I. P., Kormanovskaya T. A., Kononenko D. V. Natural sources of ionizing radiation: radiation doses, radiation risks, preventive measures. Monograph. St. Petersburg: Publishing House of the P.V. Ramzaev Federal Research Institute; 2018. 432 p. (In Russ.).

4. Kiselyov S. M., Zhukovsky M. V., Stamat I. P., Yarmoshenko I. V. Radon: From fundamental research to regulatory practice. Monograph. Moscow: Publishing House of the A. I. Burnazyan SSC FMBC of the FMBA of Russia; 2016. 432 p. (In Russ.).

5. Vasiliev A. S., Romanovich I. K., Kononenko D. V. et al. Substantiation of methodological approaches to the control of radon content in the air of premises of operated public buildings with non-round-the-clock stay of people. *Radialis hygiene = Radiation hygiene*. 2021;14(3):29–40. (In Russ.).

Информация об авторах

Наталья Юрьевна Черных – кандидат медицинских наук, nt.chernykh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8957-0461>

Татьяна Евгеньевна Фертикова – кандидат медицинских наук, tefertikova@vrngmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4370-9197>

Екатерина Петровна Мелихова – кандидат биологических наук, katerina.2109@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7963-107X>

Ирина Ивановна Либина – кандидат биологических наук, libinai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-1018>

Анна Владимировна Скребнева – кандидат медицинских наук, skreanna@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1573-2103>

Ольга Ивановна Губина – кандидат медицинских наук, olga@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8236-0613>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 04.02.2022; одобрена после рецензирования 31.01.2023; принята к публикации 14.02.2023.

Information about the authors

Natalya Yu. Chernykh – Candidate of Medical Sciences, nt.chernykh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8957-0461>

Tatyana E. Fertikova – Candidate of Medical Sciences, tefertikova@vrngmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4370-9197>

Ekaterina P. Melikhova – Candidate of Biological Sciences, katerina.2109@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7963-107X>

Irina I. Libina – Candidate of Biological Sciences, libinai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-1018>

Anna V. Skrebneva – Candidate of Medical Sciences, skreanna@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1573-2103>

Olga I. Gubina – Candidate of Medical Sciences, olga@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8236-0613>

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted on 04.01.2022; approved after reviewing 31.01.2023; accepted for publication 14.02.2023.