

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7093684>

УДК 551.521.2

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ВАРИАЦИЙ РАДОНА ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ ПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ

И.С. Подымов,

внс., лаборатория Экологии

Т.М. Подымова,

ис, лаборатория Литодинамики и геологии,

ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН»,

г. Москва

**Аннотация:** Статья посвящена исследованиям вариаций объемной активности радона в помещении, расположенном на 5 этаже многоэтажного панельного строения (на территории г. Геленджика). Рассмотрены источники радона и их вклад в радиологическую обстановку внутри здания. Зафиксировано повышение концентрации радона до 70 Бк/м<sup>3</sup>, связанное с сезонным режимом проветривания помещений. Рассчитано время увеличения концентрации радона во внутреннем пространстве до критических значений при определенных условиях эксплуатации строения. Исследования проводились для двух сезонов года спектрометрическим методом: фиксацией энергии радионуклидов свинца (<sup>214</sup>Pb) и висмута (<sup>214</sup>Bi), бета-активных продуктов распада радона (<sup>222</sup>Rn).

**Ключевые слова:** радон, объемная активность, источники радона, спектрометрический метод, геологическое строение, строительные материалы

---

## THE RESULTS OF RADON VARIATIONS MOINITORING INSIDE A PANEL BUILDING

I.S. Podymov,

Leading researcher, the laboratory of Ecology,

T.M. Podymova,

Scientific researcher, the laboratory of Lithodynamics and geology,

P.P. Shirshov Institute of oceanology RAS,

Moscow

**Annotation:** The article is devoted to the study of radon volumetric activity variations inside the room located at the 5th floor of a multi-storey panel

structure (at the territory of Gelendzhik city). Radon sources and their contribution to the radiological situation inside the building are considered. Have fixed increasing of radon concentration up to  $70 \text{ Bq/m}^3$ , is associated with the seasonal ventilation regime of the premises. The time of increasing the radon concentration in the internal space to critical values under certain operating conditions of the structure is calculated. Investigations were carried out for two seasons in spectrometric method: by fixing radionuclides lead ( $^{214}\text{Pb}$ ) and bismuth ( $^{214}\text{Bi}$ ) energy, beta-active decay products of radon ( $^{222}\text{Rn}$ ).

**Keywords:** radon, volumetric activity, radon sources, spectrometric method, geological structure, building materials

---

Исторически вредное влияние естественной радиоактивности воздуха на человеческий организм было замечено еще в XVI веке, когда таинственная «горная болезнь» шахтеров привлекла внимание медиков [1]. Среди рудокопов некоторых шахт Чехии и Германии смертность от заболеваний легких была в 50 раз выше, чем среди прочего населения. Причина этого была объяснена в начале XX века – в воздухе шахт была высокая концентрация радона. Радон – инертный, радиоактивный газ, без цвета, без запаха. Самый тяжелый элемент нулевой группы периодической системы. Единственный из благородных газов, который не имеет стабильных и долгоживущих изотопов. 55-65 % годовой дозы природного облучения каждого жителя Земли приходится на радон [2].

В атмосфере, над земной поверхностью, радон присутствует постоянно. В атмосферу он поступает при деформациях земной коры. Также количество выделяемого с земной поверхности радона зависит от наличия радиоактивных элементов в грунте, газопроницаемости и водонасыщенности верхних слоев земли. Повышенная объемная концентрация радона в воздухе является индикатором наличия тектонических разломов, проникающих на глубины в десятки километров. Объемная активность радона (OAP) измеряется в Беккерелях на  $1\text{m}^3$  ( $\text{Бк}/\text{м}^3$ ). Один Беккерель – 1 распад альфа частицы в секунду. Предельно допустимое значение OAP в помещении – 100  $\text{Бк}/\text{м}^3$  [3].

Свойство накапливаться в замкнутых пространствах является отличительной особенностью радона. Уровень радиоактивности в местах скопления радона может быть на порядок выше, чем снаружи объекта.

В воздушное пространство помещений радон может поступать из залегающего под зданием грунта, строительных материалов, наружного воздуха, воды из системы водоснабжения, сжигаемого в здании природного газа. Сопоставление вкладов поступления радона из различных источников в пространство помещения показано на рисунке 1. Средние значения радона,

выделяемого используемыми для возведения зданий строительными материалами [4], приведены в таблице 1.



Рисунок 1 – Вклад радона в пространство помещения из разных источников

Таблица 1 – Выделение радона строительными материалами

| Строительный материал | Средние значения ОАР, $\text{Бк}/\text{м}^3$ |
|-----------------------|--|
| Керамический кирпич   | 110  |
| Силикатный кирпич     | 130  |
| Дерево                | 112  |
| Бетонные панели       | 108  |

Помимо комплекса природных факторов, влияющих на распределение радона внутри помещения, немаловажную роль играет режим эксплуатации помещения.

Цель работы – исследование вариаций радона в жилом помещении, расположенном на 5 этаже многоэтажного панельного дома. Дом находится на территории г. Геленджика, в 7 км от Маркхотского тектонического разлома. Вариации радона фиксировались при искусственно создаваемых режимах эксплуатации помещения для двух сезонов года.

**Методика исследований.** Непрерывный мониторинг объемной активности радона во время исследований производился для двух сезонов года спектрометрическим методом: фиксацией суммарной энергии дочерних короткоживущих продуктов бета-линий распада радона ( $^{222}\text{Rn}$ ). К ним относятся радионуклиды свинца ( $^{214}\text{Pb}$ ) и висмута ( $^{214}\text{Bi}$ ) [5]. Разработанный аппаратно-программный комплекс (АПК) со спектрометрическим

измерителем радона CANARY детально представлен в [6]. Здесь следует оговориться. Во всех наших рассуждениях под термином “радон” подразумевается изотоп  $^{222}\text{Rn}$ . Эманации изотопов  $^{219}\text{Rn}$  (актинона) и  $^{220}\text{Rn}$  (торона), исходя из их физических свойств, не способны к миграции на сколько-нибудь заметные расстояния от ядер-предшественников. По этой причине их вклад в радиологическую обстановку внутри здания незначителен.

Спектрометрический метод выбран по причине того, что приборы, фиксирующие ОАР по энергии распада альфа-частиц, имеют повышенную погрешность [7], связанную с вариациями метеорологических параметров и прочими помехами на пути распространения ионизирующего излучения. В конечном итоге зафиксированные значения ОАР могут существенно отличаться от реальной концентрации радона.

**Постановка эксперимента.** Измерения ОАР производились непрерывно, ежечасно, автоматически. Информация заносилась в буферную память АПК. Данные за сутки ежедневно переносились на жесткий диск компьютера. Режим эксплуатации помещения менялся по следующей схеме.

1. Продолжительное проветривание (2-3 недели) внутреннего пространства помещения. Непрерывная запись вариаций радона в проветриваемом объеме. Ежедневная обработка данных.

2. Остановка вентиляции внутреннего пространства на 6-10 дней. Непрерывная запись вариаций радона. Ежедневная обработка данных.

3. Восстановление вентиляции. Непрерывная запись и обработка данных. Продолжительность мониторинга ОАР до восстановления исходных значений.

**Результаты и обсуждение.** Как было сказано выше, исследования проводились для двух сезонов года. Статистика многолетних наблюдений показала, что концентрация радона в приземной атмосфере связана с сейсмической активностью на планете. А по данным Европейско-Средиземноморского Сейсмологического Центра (ЕССЦ) [8] максимальное количество землетрясений происходит в зимний период. Поэтому первый цикл измерений был сделан за период декабрь 2017 года – январь 2018 года. До 25 декабря внутреннее пространство помещения эксплуатировалось с хорошей вентиляцией. С 25 декабря по 5 января были плотно закрыты все возможные источники поступления наружного воздуха. С 6 января режим вентиляции помещения был восстановлен. График вариаций ОАР за период первой части эксперимента показан на рисунке 2.

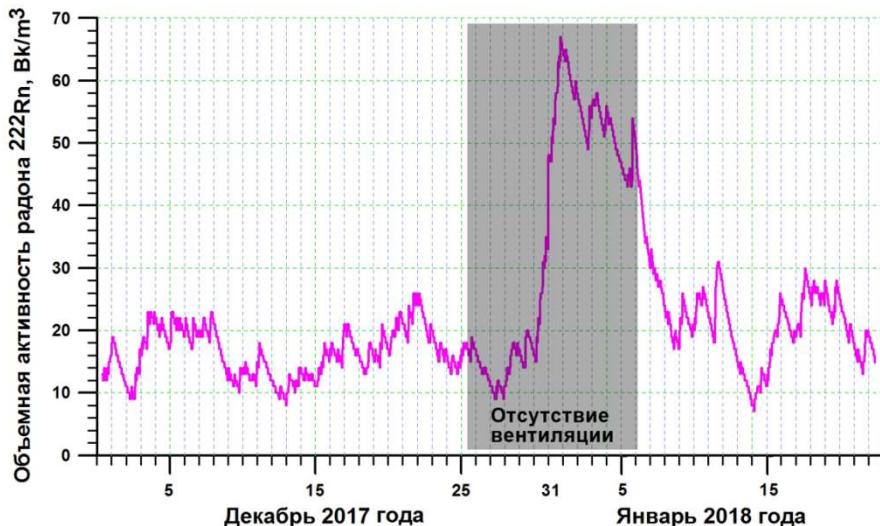


Рисунок 2 – Вариации ОАР внутри помещения во время зимнего эксперимента

Аналогичные измерения были выполнены с 15 по 30 сентября 2020 года. В этот период времени стояла теплая и сухая погода. До 19 сентября помещение эксплуатировалось с хорошей вентиляцией. С 19 по 25 сентября, как и во время первой части эксперимента, источники поступления наружного воздуха были перекрыты. С 25 сентября режим вентиляции помещения был восстановлен. График вариаций ОАР за время второй части эксперимента показан на рисунке 3.

По рисункам 2 и 3 видно, что блокировка вентиляции в здании приводит к увеличению в 4,5-5 раз концентрации радона внутри помещений относительно среднего значения ОАР за время нормальной эксплуатации.

Что еще можно увидеть на графиках рисунков 2 и 3. Пик максимального наполнения радоном внутреннего объема помещения происходит через 5-6 суток с момента блокировки вентиляции. После восстановления режима вентиляции концентрация радона возвращается к нормальным значениям через 4-5 суток. Для полноты информации можно добавить, что измерительное оборудование размещалось в помещении, объем которого составлял, примерно,  $30 \text{ m}^3$ . Еще раз напомним, что исследования проводились в помещении, расположенном на 5 этаже панельного здания. Аналогичные наблюдения проводились в другом регионе юга России [9]. Отличие заключалось в том, что мониторинг ОАР осуществлялся как на

верхних этажах здания, так и на первом. Результат исследований показал, что при всех прочих равных условиях концентрация радона внутри помещения на первом этаже (при заблокированной вентиляции) в 2-2,5 раза превышала результаты замеров на верхних этажах.

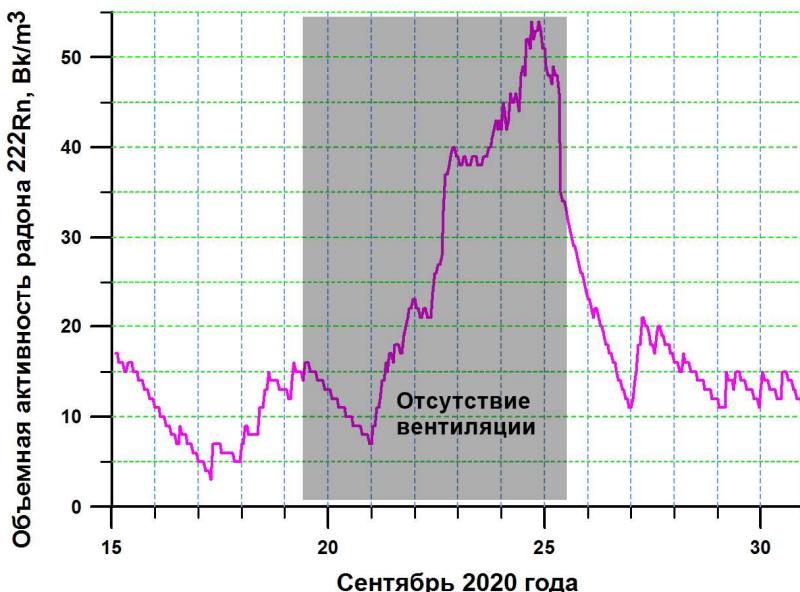


Рисунок 3 – Вариации ОАР внутри помещения во время второго эксперимента

В данной работе рассмотрен конкретный случай замера вариаций радона внутри помещения панельного здания, расположенного в районе города Геленджика. Для других регионов, для сконструированных из других строительных материалов строений, для регионов со сложной тектонической структурой территорий, – вариации абсолютных значений ОАР могут существенно отличаться как в меньшую сторону, так и в большую.

**Заключение.** Из всего вышеизложенного можно сделать вывод. Поскольку радон присутствует вокруг нас постоянно и обладает свойством накапливаться в замкнутых пространствах, необходимо как можно чаще проветривать рабочие и жилые помещения. Нужно помнить, что утепление помещений в зимний период за счет снижения вентиляции может привести к превышению критической концентрации радона внутри помещения.

Исследования выполнены по теме № 0128-2021-0013 «Морские природные системы: эволюция и современная динамика гидрофизических, гидрохимических, биологических, береговых и литодинамических процессов».

### Список литературы

- [1] Бекман И.Н. Радон: враг, врач и помощник. [Электронный ресурс]. – URL: <http://profbeckman.narod.ru/rad.files/Rad2SS.pdf>. (дата обращения: 22.06.2022).
- [2] Радон [Текст]: учебное пособие / сост. М.Н. Левин, О.П. Негров, В.Р. Гитлин, О.В. Селиванова, О.А. Иванова. – Воронеж: Изд. полигр. Центр ВГУ, 2008. 43 с.
- [3] Измерение радиации в квартире. [Электронный ресурс]. – URL: <https://stroychik.ru/normy/radiaciya#i-10>. (дата обращения: 22.06.2022).
- [4] СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ -99/2009). Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 14 августа 2009 года, регистрационный № 14534.
- [5] Исследование радоноопасности территорий Таманского полуострова. [Электронный ресурс]. – URL: [https://mud-volcano.coastdyn.ru/radium\\_emanation.html](https://mud-volcano.coastdyn.ru/radium_emanation.html). (дата обращения: 22.06.2022).
- [6] Подымов И.С. Некоторые результаты долговременного мониторинга объемной активности радона в приземной атмосфере северо-восточного сектора Черного моря / И.С. Подымов, Т.М. Подымова // В книге «Современные исследования в сфере естественных, технических и физико-математических наук». – Киров: АНО ДПО МЦИТО, 2018. 243-256 с.
- [7] Батраков Г.Ф. Радиоактивные изотопы в атмосфере и океане. / Г.Ф. Батраков – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2012. 376 с.
- [8] Latest Earthquakes in the World. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/world/>. (дата обращения: 22.06.2022).
- [9] Бураева Е.А. Результаты мониторинга радона в воздухе жилых зданий некоторых территорий юга России / Е.А. Бураева, Ю.В. Попов, Е.В. Дергачева, И.А. Колесников, Т.А. Михайлова, В.К. Кубрина, В.В. Проценко // Успехи современного естествознания. – 2016. № 12. 356-360 с.

### Bibliography (Transliterated)

- [1] Beckman I.N. Radon: enemy, doctor and helper. [Electronic resource]. – URL: <http://profbeckman.narod.ru/rad.files/Rad2SS.pdf>. (date of access: 06/22/2022).

[2] Radon [Text]: textbook / comp. M.N. Levin, O.P. Negrobov, V.R. Gitlin, O.V. Selivanova, O.A. Ivanova. – Voronezh: Ed. polygraph Center of VSU, 2008. 43 p.

[3] Measurement of radiation in an apartment. [Electronic resource]. – URL: <https://stroychik.ru/normy/radiaciya#i-10>. (date of access: 06/22/2022).

[4] SP 2.6.1.758-99. Radiation safety standards (NRB -99/2009). Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on August 14, 2009, registration number 14534.

[5] Study of the radon hazard of the territories of the Taman Peninsula. [Electronic resource]. – URL: [https://mud-volcano.coastdyn.ru/radium\\_emanation.html](https://mud-volcano.coastdyn.ru/radium_emanation.html). (date of access: 06/22/2022).

[6] Podymov I.S. Some results of long-term monitoring of radon volumetric activity in the surface atmosphere of the northeastern sector of the Black Sea / I.S. Podymov, T.M. Podymova // In the book "Modern research in the field of natural, technical and physical and mathematical sciences." – Kirov: ANO DPO MCITO, 2018. 243-256 p.

[7] Batrakov G.F. Radioactive isotopes in the atmosphere and ocean. / G.F. Batrakov – Sevastopol: SPC "ECOSY-Hydrophysics", 2012. 376 p.

[8] Latest Earthquakes in the World. [Electronic resource]. – URL: <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/world/>. (date of access: 06/22/2022).

[9] Buraeva E.A. Results of radon monitoring in the air of residential buildings in some territories of the south of Russia / E.A. Buraeva, Yu.V. Popov, E.V. Dergacheva, I.A. Kolesnikov, T.A. Mikhailova, V.K. Kubrina, V.V. Protsenko // Successes of modern natural science. – 2016. No. 12. 356-360 p.

© И.С. Подымов, Т.М. Подымова, 2022

Поступила в редакцию 05.06.2022  
Принята к публикации 15.06.2022

---

#### Для цитирования:

Подымов И.С., Подымова Т.М. Результаты мониторинга вариаций радона внутри помещения панельного здания // Инновационные научные исследования. 2022. № 6-2(20). С. 43-50. URL: <https://ip-journal.ru/>