

## Исследование содержания радона в жилых помещениях поселка Качуг Иркутской области

А. В. Ахтиманкина✉, А. П. Таюрская

Иркутский государственный университет, Российская Федерация  
(664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1)

**Аннотация:** Цель – оценка радоноопасности жилых помещений поселка Качуг (Иркутская область).

**Материалы и методы.** В период с декабря 2020 года по май 2022 года в 15 жилых домах поселка Качуг (Иркутская область) было выполнено измерение эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона. Исследование проведено на основе методик, заложенных в используемых приборах (детектор-индикатор SIRAD MR-106N и измерительного комплекса КАМЕРА-01), а также в соответствии с МУ 2.6.1.037-2015 «Определение среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений по результатам измерений разной длительности». Дополнительно проведен отбор проб и радиологический анализ питьевой воды из скважин.

**Результаты и обсуждение.** Установлено, что значения ЭРОА радона в жилых домах поселка Качуг в 7 из 15 исследуемых объектов превысили 200 Бк/м<sup>3</sup>. Данные объекты территориально тяготеют к одной улице. Наибольшие значения уровней радона фиксируются в подполье и снижаются с увеличением высоты, за некоторым исключением, которое может быть объяснено вовлечением радона в общую циркуляцию воздуха в помещении. Смена сезонов, влияющая на изменение характера вентиляции, отражается на снижении значений ЭРОА в весенне-летний период в сравнении с осенне-зимний. Результаты отбора проб из скважин указывают на соответствие воды санитарно-гигиеническим нормам.

**Выводы.** Для предотвращения риска неблагоприятных последствий жителям рекомендовано выполнять ряд мер, которые позволят снизить уровни ЭРОА радона. Сформировано обращение в Управление Роспотребнадзора по Иркутской области с целью выполнения дальнейшей оценки соответствия жилых домов требованиям санитарных правил.

**Ключевые слова:** радон, эквивалентная равновесная объемная активность, радоноопасность, предельно допустимый уровень, дочерние продукты распада.

**Для цитирования:** Ахтиманкина А. В., Таюрская А. П. Исследование содержания радона в жилых помещениях поселка Качуг Иркутской области // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2024, № 1, с. 105-112. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/1/105-112>

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема радиационного загрязнения окружающей среды сохраняет неизменную актуальность. В настоящее время принято выделять 3 радиоактивных семейства, изотопы которых ответственны за радиоактивность литосферы: семейство актиния (<sup>235</sup>U), семейство урана (<sup>238</sup>U), семейство тория (<sup>232</sup>Th). Из представителей данных семейств наибольшее внимание с радиационно-экологической точки зрения уделяют урану, торию, радю и радону с его дочерними продуктами распада [4].

Исследования последних двадцати лет подтверждают наличие рисков для здоровья человека, связанных с радоном и продуктами его распада. В первую очередь доказано, что радон вызывает рак легкого, что подтверждается исследованиями, в которых целевыми группами являлись подземные горняки на урановых и других рудниках [10, 11, 14, 17, 18]. Ранее, на основе исследований, выполненных еще в 50-х годах, к такому

выводу пришли исследователи, выполнявшие эксперименты на животных [9, 12, 13, 15, 17].

С 90-х годов велась деятельность по районированию и картографированию территории РФ по степени радоноопасности. Такие работы были выполнены Максимовским В. А. с соавторами [5], Уткиным В. И. [8], Тихоновым М. Н. [6]. Установлено, что, поступая через фундамент и пол из грунта или, высвобождаясь из материалов, использованных в конструкции дома, радон может накапливаться внутри жилых помещений.

Официальными данными по районированию территории РФ по степени радоноопасности являются результаты работы головного института Минприроды, выполненные в 1998 году. Стоит отметить, что согласно этим данным, в пределах Иркутской области ряд территорий являются потенциально радоноопасными, а некоторые относятся к областям широкого развития радонопродуцирующих комплексов. Однако, изучение



докладов о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Иркутской области показало, что превышения эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона фиксируются в отдельных районах области, но в пределах расположения поселка Качуг, на территории которого были осуществлены наши исследования, такие превышения выявлены не были.

В то же время, в ходе эпизодических измерений ЭРОА радона в жилых зданиях на исследуемой территории, в ноябре 2019 г. [1], авторами были выявлены превышения данного показателя более, чем в 3 раза (норматив – 200 Бк/м<sup>3</sup>). В связи с этим была поставлена цель осуществить более детальные исследования, направленные на определение концентраций радона в воздухе жилых помещений на территории поселка Качуг.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поселок Качуг, основанный в 1686 году, расположен в Качугском районе, находящемся на юго-востоке Иркутской области, в 257 км от административного центра – г. Иркутска. Территория Качугского района богата многочисленными месторождениями рудных и нерудных полезных ископаемых, минеральными ресурсами, в первую очередь, строительными материалами и агрохимическими ископаемыми: торф, фосфориты, гипсы, известняки и доломиты [3].

Качуг расположен в пределах средней подсвиты верхненеленской свиты. Состав подсвиты алевро-песчаниковый. В составе преобладает кварц (30–45 %), полевой шпат (10–28 %), присутствуют халцедон, карбонат, мергель, слюды, цемент кальцитовый. В составе обломочной части алевролитов также преобладают кварц (30 %), полевой шпат (12 %), цемент кальцитовый с примесью глинистого материала и гидроокислов железа [2].

Основой для проведения исследования послужили методические указания МУ 2.6.1.037-2015 «Определение среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений по результатам измерений разной длительности».

В качестве основного прибора использовался измерительный комплекс для мониторинга радона КАМЕРА-01. Комплекс зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 26748-04, сертификат RU.C.38.002.A № 17368 и допущен к применению на территории Российской Федерации. В комплексе для измерений объемной активности радона при пробоотборе используется метод сорбции радона на активированном угле с последующим измерением активности сорбированного радона в лабораторных условиях. Пробы для измерения объемной активности радона были отобраны с помощью сорбционных колонок СК-13.

В качестве альтернативного метода был использован детектор-индикатор радона SIRAD MR-106. Данный прибор предназначен для оценки ЭРОА дочерних продуктов изотопов радона в воздухе помещений по величине объемной активности радона. Изделие имеет Сертификат соответствия № 060070014 от 22.12.2006

и зарегистрировано в Реестре системы сертификации средств измерений. Сертификат выдан ФГУП «ВНИИФТРИ» Определение ЭРОА основано на электростатическом осаждении на поверхность детектора заряженных частиц дочерних продуктов радона. Изделие оценивает активность радона в воздухе помещений по величине объемной активности радона с установленным значением коэффициента равновесия ( $K=0,5$ ) между радоном и его дочерними продуктами распада. Поэтому для получения согласованных результатов по приборам при расчете ЭРОА был использован коэффициент равновесия равный 0,5.

Исследование было выполнено в 15 жилых объектах поселка, характеристики которых представлены в таблице 1. От жителей обследуемых домов было получено добровольное и осознанное согласие на проведение измерений, разъяснена цель исследования. На всех объектах в качестве материала постройки использовано дерево – материал с наименьшим выделением радона. Застройка является типовой, однако установить какой материал использовался в качестве отсыпного и фундамента не представляется возможным, так как администрация поселка такой информацией не располагает, а проведение инженерно-экологических изысканий как самостоятельное направление стало обязательным в 90-х годах, уже позже постройки рассматриваемых объектов.

Исследование проводилось в 3 этапа, выбор временного интервала которых обусловлен сменой сезонов и возникающими новыми задачами на основе результатов предыдущих этапов.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Первый этап исследования* проходил в период с 27 декабря 2020 года по 11 февраля 2021 года. Данный период соответствует отопительному, измерения проводились при работе печного и электрического отопления. Были выбраны 7 объектов, которые располагаются в разных частях исследуемой территории. В каждом объекте обследованы помещения с различным функциональным назначением: спальня и ванная, при отсутствии ванной комнаты измерения были проведены в кухне. Подполья обследованы не были ввиду несоответствия температурных условий требуемым.

В ходе замеров, выполненных SIRAD MR-106N, в 3 из 7 объектов (№ 3, № 10, № 11) значения ЭРОА превысили 200 Бк/м<sup>3</sup>. На объекте № 11 абсолютный максимум достиг 485 Бк/м<sup>3</sup> в кухне. На объекте № 10 максимальное значение наблюдалось в ванной комнате – 510 Бк/м<sup>3</sup>. На 3 объекте (улица Краснова, дом 12а) было зарегистрировано единичное превышение допустимого уровня, которое составило 204 Бк/м<sup>3</sup> и было зафиксировано в спальне. На остальных объектах ЭРОА не превысило 200 Бк/м<sup>3</sup> [1].

Измерения *второго этапа исследования* были проведены с 2 октября по 20 октября 2021 года. В рамках данного этапа были обследованы 5 объектов – это дома по улице Восточная, так как на 1 этапе максимальные значения тяготели к этой улице. В обследованных объ-

Характеристика объектов исследования  
[Table 1. Characteristics of the study objects]

№ объекта / No. object	Адрес / Address	Площадь / Square	Год постройки / Year the buildings	Наличие скважины / Well availability	Места потенциально повышенных уровней радона / Locations of potentially elevated radon levels	
					Ванная / Bathroom	Подполье / Underground
1	ул. Юбилейная, д. 32, кв. 11	68 м <sup>2</sup>	1986	нет	нет	есть
2	ул. Краснова, д. 4, кв. 1	45 м <sup>2</sup>	1965	нет	нет	есть
3	ул. Краснова, д. 12а, кв. 1	72 м <sup>2</sup>	1993	нет	есть	есть
4	ул. Верхнеленская, д. 10	120 м <sup>2</sup>	информация отсутствует	есть	есть	есть
5	ул. Дружбы, д. 6, кв. 2	80 м <sup>2</sup>	информация отсутствует	есть	есть	есть
6	ул. Комсомольская, д. 2Б	70 м <sup>2</sup>	информация отсутствует	нет	нет	есть
7	ул. Восточная, д. 1, кв. 1	59 м <sup>2</sup>	1980	нет	нет	есть
8	ул. Восточная, д. 2, кв. 2	59 м <sup>2</sup>	1981	нет	нет	есть
9	ул. Восточная, д. 3, кв. 1	68 м <sup>2</sup>	1983	есть	нет	есть
10	ул. Восточная, д. 3, кв. 2	68 м <sup>2</sup>	1983	есть	есть	есть
11	ул. Восточная, д. 4, кв. 1	68 м <sup>2</sup>	1982	есть	есть	есть
12	ул. Восточная, д. 5, кв. 2	68 м <sup>2</sup>	1985	есть	есть	есть
13	ул. Восточная, д. 6, кв. 2	59 м <sup>2</sup>	1984	нет	нет	есть
14	ул. Восточная, д. 12, кв. 1	68 м <sup>2</sup>	1987	есть	есть	есть
15	ул. Восточная, д. 23, кв. 3	68 м <sup>2</sup>	1989	есть	есть	есть

ектах использовалось печное и электрическое отопление, которое на момент измерений функционировало более недели.

Данные, полученные с применением SIRAD MR-106N, показали, что в 2 (№ 10 и № 11) из 5 обследованных объектов значения превысили 200 Бк/м<sup>3</sup>. На объекте № 11 во всех обследованных помещениях средние значения активности радона превысили 200 Бк/м<sup>3</sup> с максимальным значением – 382 Бк/м<sup>3</sup>.

Абсолютный максимум составил 570 Бк/м<sup>3</sup> в ванной комнате. На объекте № 10 абсолютный максимум ЭРОА радона в жилых помещениях составил 238 Бк/м<sup>3</sup>, среднее значение достигло величины, равной 128 Бк/м<sup>3</sup>. Во всех остальных обследованных объектах значения ЭРОА не превысили 200 Бк/м<sup>3</sup>.

Минимальное значение ЭРОА зарегистрировано на объектах № 14 и № 15 – 50 Бк/м<sup>3</sup>, которое соответствует нижнему порогу измерения прибора [1]. Так как результаты, полученные детектор-индикатором радона SIRAD MR-106N, не могут использоваться для официальных заключений о радиационной обстановке и степени загрязнения, поэтому для оценки достоверности полученных превышений ЭРОА радона на втором этапе был использован еще один прибор – измерительный комплекс КАМЕРА-01.

Результаты, полученные приборным комплексом КАМЕРА-01, также выявили максимумы на объектах

№ 10 и № 11, во всех помещениях. Максимальное значение ЭРОА в жилых помещениях составило – 1 295 Бк/м<sup>3</sup> и зафиксировано в спальне объекта № 11. Минимальное значение зарегистрировано на объекте № 15 в спальне и составило 27,5 Бк/м<sup>3</sup>. На объектах № 6, № 14, № 15 значения ЭРОА не превысили 200 Бк/м<sup>3</sup> [1].

Также на объекте № 11 были проведены измерения на разных высотах: на двух уровнях в зале и подполье (рис. 1). Это сделано с целью выявления вертикального распределения радиоактивного газа.

При вертикальном распределении (см. рис. 1) максимальное значение наблюдается в самой нижней точке дома – 1 уровень подполья. По результатам измерения ЭРОА радона с увеличением высоты уменьшается, что характерно для данного газа.

Третий этап исследования проходил в период с 20 по 23 мая 2022 года, что соответствует теплomu периоду года. Для проведения измерений были выбраны 7 объектов, включающие помещения, в которых ранее были выявлены максимумы ЭРОА. Ближайшие к ним дома были выбраны с целью выявления границ распространения радона. На данном этапе измерения были выполнены комплексом КАМЕРА-01, так как с помощью сорбционных колонок СК-13 есть возможность произвести отбор проб одновременно во всех объектах, что сравнительно сокращает период измерений и влияние различий в окружающих условиях.

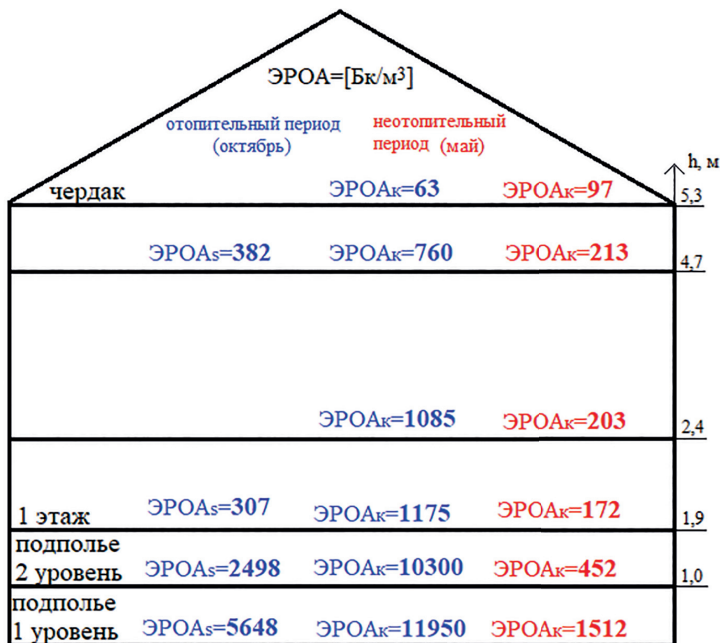


Рис. 1. Вертикальное распределение эквивалентной равновесной объемной активности радона на объекте № 11. ЭРОА<sub>с</sub> – ЭРОА, полученная прибором SIRAD MR-106N; ЭРОА<sub>к</sub> – ЭРОА, полученная комплексом КАМЕРА-01 [Fig. 3. Vertical distribution of the equilibrium equivalent radon concentration (EEC) at object № 11. ЭРОА<sub>с</sub> – EEC, obtained by the equipment SIRAD MR-106N; ЭРОА<sub>к</sub> – EEC, by the measuring complex KAMERA-01]

Для оценки динамики были обследованы помещения того же функционального назначения: кухня, спальня, ванная (при наличии), проведено исследование вертикального распределения радона на объекте № 11, отбор проб был произведен по схеме предыдущего этапа исследования (см. рис. 1).

Во всех объектах были обследованы подполья, которые устроены одинаково: имеется деревянный короб и выступы грунта. В основном подполья выполняют функцию погреба, в объектах, где имеется скважина, в них расположена система подачи воды. Так как выполнить

работы по измерению плотности потока радона не представлялось возможным, было решено расположить СК-13 в подполье на выступах грунта. Схема устройства подполья и расположения колонок изображена на рисунке 2.

Наибольшая ЭРОА радона наблюдаются на 1 уровне подполья. Во всех объектах с увеличением высоты значение активности уменьшается. На объектах № 7, № 8, № 12, № 13 на 2 уровнях подполья зафиксированы значения, превышающие 200 Бк/м³. На объекте № 9 высокий уровень радона зарегистрирован в подполье и спальне, на объектах № 10 и № 11 – в ванной.

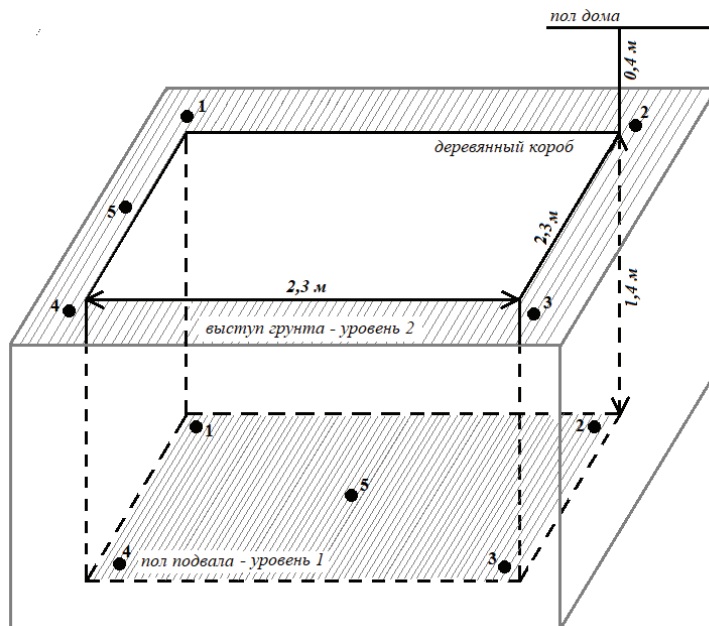


Рис. 2. Схема расположения сорбционных колонок СК-13 в подполье [Fig. 5. Scheme of the sorption columns SK-13 location in the underground]

В сравнении с предыдущим этапом измерений, ЭРОА радона на объекте № 10 и № 11 снизилась. Например, максимальное значение, зафиксированное на 1 уровне объекта № 11, уменьшилось в 6,7 раз. Это связано с разными периодами измерений. В весенне-летний период увеличилось количество проветриваний, были открыты отверстия для вентиляции подполья (продухи).

Все полученные результаты по измерениям ЭРОА радона в обследованных жилых помещениях представлены на рисунке 3.

Также на объекте № 11 проведено измерение активности радона на разных высотах (см. рис. 1). Для 1 и 2 уровня подполья было рассчитано среднее из 5 по-

лученных значений, так как не выявлено закономерности распространения радона в разных точках подполья одного уровня (см. рис. 2). С увеличением высоты до отметки 1,9 м (пол дома) ЭРОА радона снижается, но на следующих двух уровнях – 50 см от пола и под потолком, уровень активности увеличивается, в сравнении с 1 этажом, на 31 Бк/м<sup>3</sup> и 41 Бк/м<sup>3</sup> соответственно. Результаты измерений на этих высотах не соответствуют допустимому уровню. На чердаке значение ЭРОА соответствует нормативу. Но оно увеличилось в сравнении с отопительным периодом. Это может быть связано с разными метеорологическими условиями при проведении измерений, так как характер вентиляции изменен не был.

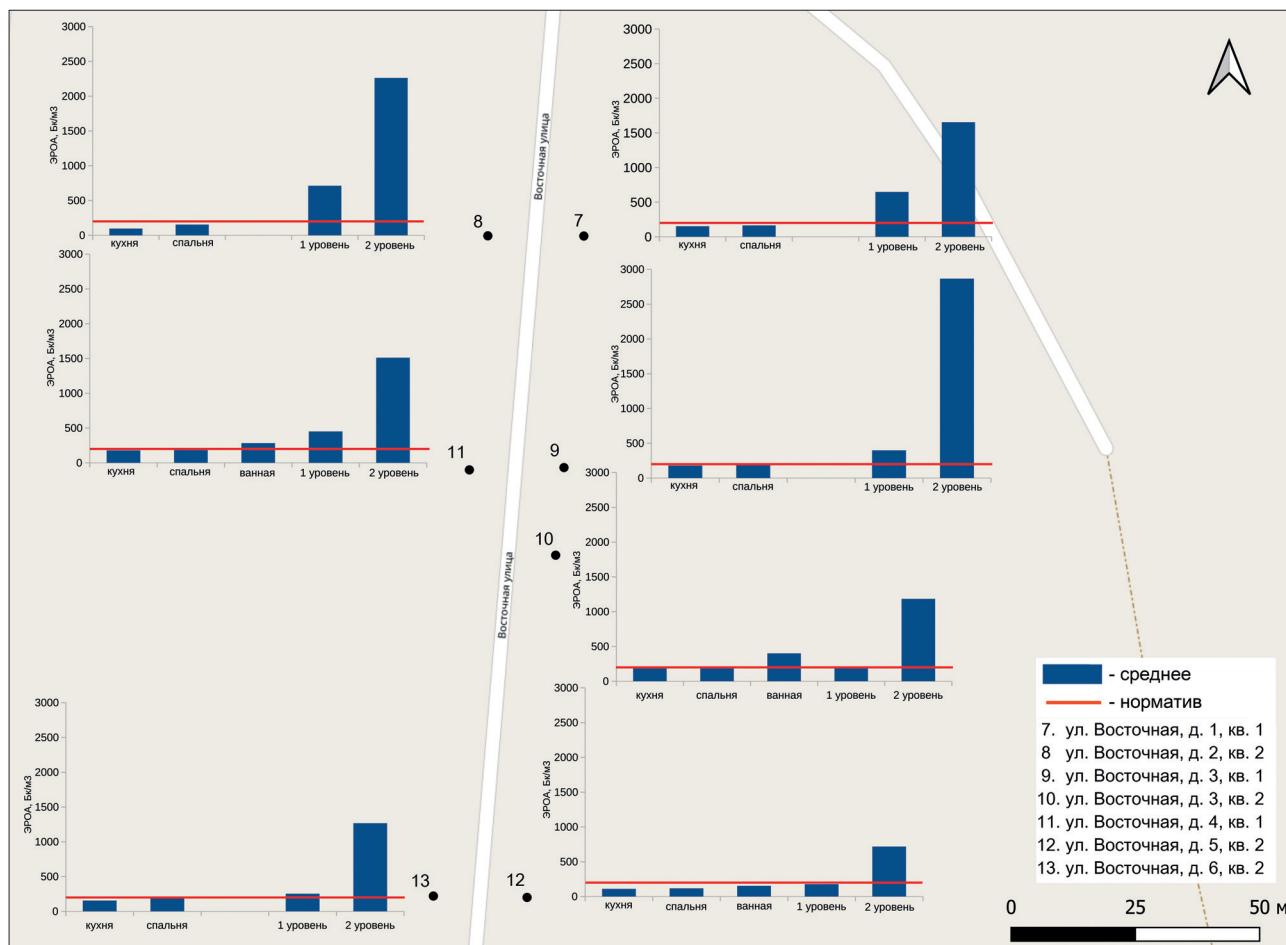


Рис. 3. Карта значений измеренной ЭРОА радона в объектах исследования (жилых помещениях), полученных измерительным комплексом КАМЕРА-ой на третьем этапе исследования  
 [Fig. 6. The map of the equilibrium equivalent radon concentration values at the objects of study (residential premises), obtained by the measuring complex KAMERA-01 at the third stage of investigation]

Как было сказано ранее, радон может содержаться в воде. Согласно санитарным правилам и нормам СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», допустимый уровень в воде составляет 60 Бк/кг. При превышении показателей проводится анализ содержания радионуклидов в воде. Определение радона для подземных источников водоснабжения является обязательным.

Содержание радона в пробах воды, отобранных на 2 этапе исследования, в скважинах объектов № 10 и № 11, не превышает допустимый уровень. Результаты исследования представлены в таблице 2.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По официальным данным и радиационно-гигиеническому паспорту Иркутской области с 2015 по 2021 годы на территории Качугского района радиационных

Результаты исследования воды  
[Table 2. Results of water analysis]

Место отбора / Place of selection	Дата и время отбора / Date and time selection	Дата и время доставки в ИЛЦ / Date and time of delivery to ILC	Удельная активность Rn-222 ± характеристика погрешности, Бк/кг / Specific activity Rn-222 ± characteristic errors, Bq/kg
ул. Восточная д. 4, кв. 1	28.03.22 с 06:48 до 06:49	28.03.22 10:10	26,0 ± 4,6
ул. Восточная д. 3, кв. 2	28.03.22 с 06:45 до 06:46	28.03.22 10:10	30,6 ± 5,3

аномалий и загрязнений не зафиксировано. Таким образом, повышенные значения ЭРОА радона носят локальный характер, причиной которого может быть радоноопасность отсыпного материала, используемого при строительстве. Жителям данных домов выданы рекомендации по использованию помещений с целью снижения концентраций радона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахтиманкина А. В., Таюрская А. П. Определение эквивалентной равновесной объемной активности радона в жилых зданиях (на примере пос. Качуг, Иркутская область) // *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле»*, 2022, т. 39, с. 3-15.

2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Ангаро-Енисейская. Лист N-48 — Иркутск. Объяснительная записка. Санкт-Петербург: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. 574 с.

3. Общие сведения о Качугском районе. — URL: <https://kachug.irkmo.ru/about/index.php> (дата обращения: 10.06.2022). — Текст: электронный.

4. Радиоэкология: учебное пособие / Е. И. Трошин, Р. М. Васильев, Р. О. Васильев и др. Санкт-Петербург: СПбГАВМ, 2019. 75 с.

5. Районирование территории России по степени радоноопасности / В. А. Максимовский, М. Г. Харламов, А. В. Мальцев и др. // *АНРИ*, 1996/97, №3, с. 66-73.

6. Тихонов М. Н. Опасные пятна на карте России // *Атомная стратегия*, 2004, № 14, с. 25-26.

7. Тихонов М. Н. Радон: источники, дозы и нерешенные вопросы // *Атомная стратегия*, 2006, № 23, 62 с.

8. Уткин В. И. Газовое дыхание Земли // *Соросовский Образовательный журнал*, 1997, № 1, с. 57-64.

9. Cross F. T. and G. Monchaux. *Risk assessment of radon health effects from experimental animal studies. A joint review of PNNL (USA) and CEA- COGEMA (France) data.* p. 85-105 in: *Indoor Radon Exposure and its Health Consequences. Quest for the True Story of Environmental Radon and Lung Cancer (J. Ina-*

*ba, H. Yonehara, M. Doi, eds.)*. Kodansha Scientific Limited, Tokyo, 1999.

10. Darby S., D. Hill and R. Doll. Radon: a likely carcinogen at all exposures. *Ann. Oncol.* 12 (10): 1341- 1351 (2001).

11. Darby S.C. and D.C. Hill. Health effects of residential radon: a European perspective at the end of 2002. *Radiat. Prot. Dosim.* 104 (4): 321-329 (2003).

12. Mitchel R. E. J., J. S. Jackson and B. Heinmiller. Inhaled uranium ore dust and lung cancer risk in rats. *Health Phys.* 76 (2): 145-155 (1999).

13. Monchaux G. Contribution of animal experimental data for the risk assessment of exposure to radon decay products. p. 66-76 in: *Radioactivity in the Environment, Vol. 7: The Natural Radiation Environment VII. Seventh International Symposium on the Natural Radiation Environment (NRE-VII)* (J.P. McLaughlin, S.E. Simopoulos and F. Steinhäusler, eds.). Elsevier Ltd., London, 2005.

14. *National Council on Radiation Protection and Measurements. Evaluation of occupational and environmental radon risk.* NCRP SC 65 (2004).

15. Petitot F., J. P. Morlier M. Debroche et al. A new method specifically designed to expose cells isolated in vitro to radon and its decay products. *Radiat. Res.* 157 (6): 693-699 (2002).

16. *United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation.* United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1993 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations sales publication E.94.IX.2. United Nations, New York, 1993.

17. *United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation.* Volume I: Sources; Volume II: Effects. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations sales publications E.00.IX.3 and E.00.IX.4. United Nations, New York, 2000.

**Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 24.01.2023

Принята к публикации: 01.03.2024

## Study of Radon Content in Residential Premises of the Kachug Settlement in the Irkutsk Region

A. V. Akhtimankina , A. P. Tayurskaya

*Irkutsk State University, Russian Federation  
(1, Karl Marks str., Irkutsk, 664003)*

**Abstract:** The purpose is to assess the radon hazard of residential premises in Kachug settlement (Irkutsk Region).

**Materials and methods.** In the period from December 2020 to May 2022, in 15 residential buildings of the Kachug settlement (Irkutsk Region), the equivalent equilibrium volumetric activity of radon was measured. The study was carried out on the basis of the methods incorporated in the instruments used (the SIRAD MR-106N detector-indicator and the KAMERA-01 measuring complex), as well as guidelines 2.6.1.037-2015 «Determination of the average annual equivalent equilibrium volumetric activity values of radon isotopes in indoor air based on the results of measurements of different duration». Additionally, sampling and radiological analysis of drinking water from wells was carried out.

**Results and discussion.** It was found that the values of radon equivalent equilibrium volumetric activity in residential buildings of Kachug settlement in 7 out of 15 investigated objects exceeded 200 Bq/m<sup>3</sup>. These objects are geographically connected to one street. The highest values of radon levels are recorded in the basement and decrease with increasing height, with some exceptions that can be explained by the involvement of radon in the general circulation of air in the room. The change of seasons, affecting the change of ventilation patterns, is reflected in the decrease of equivalent equilibrium volumetric activity values in the spring-summer period compared to the autumn-winter period. The results of sampling from the wells indicate that the water conforms to sanitary and hygienic standards.

**Conclusion.** To prevent the risk of adverse consequences, residents are recommended to take a number of measures that will reduce the levels of equivalent equilibrium volumetric activity of radon. An appeal to the Department of Rosпотребнадзор for the Irkutsk Region was formed in order to carry out further assessment of the compliance of residential buildings with the requirements of sanitary rules.


**Key words:** radon, equivalent equilibrium volumetric activity, radon hazard, maximum allowable level, decay products.

**For citation:** Akhtimankina A. V., Tayurskaya A. P. Study of Radon Content in Residential Premises of the Kachug Settlement in the Irkutsk Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografija. Geoekologija*, 2024, no. 1, pp. 105-112 (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/1/105-112>

### REFERENCES

1. Akhtimankina A.V., Tajurskaja A.P. Opredelenie jekvivalentnoj ravnovesnoj ob'emnoj aktivnosti radona v zhilyh zdaniyah (na primere pos. Kachug, Irkutskaja oblast') [Determination of the equivalent equilibrium volumetric activity of radon in residential buildings (according to the principle of the village of Kachug, Irkutsk region)]. *Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Nauki o Zemle»*, 2022, vol. 39, pp. 3-15. (In Russ.)
2. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1: 1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Angaro-Enisejskaja. List N-48 – Irkutsk. Ob'jasnitel'naja zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1,000,000 (third generation). Angara-Yenisei series. Sheet N-48 – Irkutsk. Explanatory letter]. Saint Petersburg: Kartfabrika VSEGEI, 2009. 574 p. (In Russ.)
3. General information about the Kachugsky district. – URL: <https://kachug.irkmo.ru/about/index.php> (accessed 10.06.2022). – Text: electronic. (In Russ.)
4. Radiojekologija: uchebnoe posobie [Radioecology: textbook] / E.I. Troshin, R.M. Vasil'ev, R.O. Vasil'ev i dr. Saint Petersburg: SPbGAVM, 2019. 75 p. (In Russ.)
5. Rajonirovanie territorii Rossii po stepeni radonopasnosti [Zoning of the territory of Russia according to the degree of radon hazard] / V.A. Maksimovskij, M. G. Harlamov, A. V. Mal'cev i dr. ANRI, 1996/97, no. 3, pp. 66-73. (In Russ.)
6. Tihonov M. N. Opasnye pjatna na karte Rossii [Dangerous defects on the map of Russia]. *Atomnaja strategija*, 2004, no. 14, pp. 25-26. (In Russ.)
7. Tihonov M. N. Radon: istochniki, dozy i nereshennye voprosy [Radon: sources, doses and unresolved issues]. *Atomnaja strategija*, 2006, no. 23, 62 p. (In Russ.)
8. Utkin V.I. Gazovoe dyhanie Zemli [Gas breathing of the Earth]. *Sorosovskij Obrazovatel'nyj zhurnal*, 1997, no. 1, pp. 57-64. (In Russ.)
9. Cross F. T. and G. Monchaux. Risk assessment of radon health effects from experimental animal studies. A joint review of PNNL (USA) and CEA-COGEMA (France) data. p. 85-105 in: *Indoor Radon Exposure and its Health Consequences. Quest for the True Story of Environmental Radon and Lung Cancer* (J. Inaba, H. Yonehara, M. Doi, eds.). Kodansha Scientific Limited, Tokyo, 1999.
10. Darby S., D. Hill and R. Doll. Radon: a likely carcinogen at all exposures. *Ann. Oncol.* 12 (10): 1341-1351 (2001).

© Akhtimankina A. V., Tayurskaya A. P., 2024

 Anastasiya V. Akhtimankina, e-mail: [anastasiya.ahitimankina@mail.ru](mailto:anastasiya.ahitimankina@mail.ru)



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

11. Darby S.C. and D.C. Hill. Health effects of residential radon: a European perspective at the end of 2002. *Radiat. Prot. Dosim.* 104 (4): 321-329 (2003).

12. Mitchel R. E. J., J.S. Jackson and B. Heinmiller. Inhaled uranium ore dust and lung cancer risk in rats. *Health Phys.* 76 (2): 145-155 (1999).

13. Monchaux G. Contribution of animal experimental data for the risk assessment of exposure to radon decay products. p. 66-76 in: Radioactivity in the Environment, Vol. 7: *The Natural Radiation Environment VII. Seventh International Symposium on the Natural Radiation Environment (NRE-VII)* (J.P. McLaughlin, S.E. Simopoulos and F. Steinhäusler, eds.). Elsevier Ltd., London, 2005.

14. Petitot F., J.P. Morlier, M. Debroche et al. A new method specifically designed to expose cells isolated in vitro to radon and its decay products. *Radiat. Res.* 157 (6): 693-699 (2002).

15. *National Council on Radiation Protection and Measurements. Evaluation of occupational and environmental radon risk.* NCRP SC 65 (2004).

Ахтиманкина Анастасия Владимировна  
доцент кафедры гидрологии и природопользования географического факультета Иркутского государственного университета, г. Иркутск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-4006-2965, e-mail: anastasiya.ahimankina@mail.ru

Таюрская Анна Павловна  
магистр кафедры гидрологии и природопользования географического факультета Иркутского государственного университета, г. Иркутск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-1641-7428, e-mail: ann.tayurskay21@gmail.com

16. *United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation.* United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1993 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations sales publication E.94.IX.2. United Nations, New York, 1993.

17. *United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation.* Volume I: Sources; Volume II: Effects. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations sales publications E.00.IX.3 and E.00.IX.4. United Nations, New York, 2000.

**Conflict of interests:** The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 24.01.2023

Accepted: 01.03.2024

Anastasiya V. Akhtimankina  
Assoc. Prof. at the Department of Hydrology and Nature Management, Faculty of Geography, Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-4006-2965, e-mail: anastasiya.ahimankina@mail.ru

Anna P. Tayurskaya  
Master's student of the Hydrology and Nature Management Department, Faculty of Geography, Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-1641-7428, e-mail: ann.tayurskay21@gmail.com