

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2023, Том 15, № 6 / 2023, Vol. 15, Iss. 6 <https://esj.today/issue-6-2023.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/81NZVN623.pdf>

1.6.21. Геоэкология (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бобков, Р. А. Изучение активности радона грунтовых вод с целью оптимизации инженерных изысканий / Р. А. Бобков, О. К. Криночкина, А. А. Лаврусевич // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/81NZVN623.pdf>

For citation:

Bobkov R.A., Krinochkina O.K., Lavrusevich A.A. Studying the activity of groundwater radon to optimize engineering surveys. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(6): 81NZVN623. Available at: <https://esj.today/PDF/81NZVN623.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 550.35:556

Бобков Роман Алексеевич

ФГБУ «Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов», Москва, Россия
Заведующий отделом «Экологическая геохимия»

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия
Аспирант

E-mail: bobkov_roman@list.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1141183

Криночкина Ольга Константиновна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия

Доцент кафедры «Инженерных изысканий и геоэкологии»
Кандидат геолого-минералогических наук

E-mail: vdovinaok@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=528830

Лаврусевич Андрей Александрович

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской
обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России», Москва, Россия

Ведущий научный сотрудник
Доктор геолого-минералогических наук

E-mail: lavrusevich@yandex.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=363994

Изучение активности радона грунтовых вод с целью оптимизации инженерных изысканий

Аннотация. Природный газ радон — повсеместно распространённый высокорadioактивный продукт распада радия. В статье описывается исследование изменчивости объемной активности радона в грунтовых водах. Оно проводилось с целью разработки предложений по оптимизации методов оценки радоноопасности территорий при проведении инженерных изысканий. Грунтовые воды, как часть геологической среды, дренирующие грунтовые массивы, выделяющие радон, могут служить индикатором радоноопасности. Мониторинг грунтовых вод, разгружаемых в виде родников в пределах Теплостанской возвышенности (Московский регион), проводился в течение годового периода. Всего наблюдалось 14 источников с преимущественно гидрокарбонатно-хлоридным, натриево-кальциевым составом вод. Методика исследования основана на дезманировании радона из пробы воды путем

барботажа и перевода его в сорбционную колонку с активированным углем и последующим измерением активности радона, сорбированного в активированном угле, по бета-излучению короткоживущих дочерних продуктов распада. По данным авторов, наблюдаемые природные источники удовлетворяют требованиям к питьевой воде по критерию содержания растворенного радона. Изменение объемной активности радона в грунтовых водах слабо зависит от колебаний температуры атмосферного воздуха, его влажности и собственно температуры вод источника при его разгрузке, что выгодно отличается от разброса измеряемых значений плотности потока радона с поверхности грунта. При установлении корреляционных связей между значениями плотности потока радона с поверхности грунта и объемной активностью радона в грунтовых водах, полученные данные позволяют предложить опробованный и описанный авторами подход для всесезонного использования при проведении инженерно-экологических изысканий и других работах экологического и гигиенического плана, связанных с оценкой радоноопасности территорий.

Ключевые слова: радон; оценка радоноопасности территорий; объемная активность радона; плотность потока радона; мониторинг грунтовых вод; грунтовые массивы; родники; инженерные изыскания; Теплостанская возвышенность

Актуальность

Активное хозяйственное освоение территорий Российской Федерации и за её пределами, строительство новых и эксплуатация существующих зданий и сооружений различного назначения, ведется в государственных масштабах. Московский регион не исключение и занимает лидирующие позиции. Высокие темпы развития строительной отрасли требуют постоянной оптимизации применяемых методов и выработки новых подходов на всех стадиях строительства.

Исследование и оценка радиационной обстановки входят в комплекс работ по инженерно-экологическим изысканиям, проводимых на участках предполагаемой застройки объектов различного назначения на предпроектном (проектном) этапе. Важнейшей составляющей является оценка потенциальной радоноопасности территории. Несмотря на огромный накопленный отраслевой опыт в проведении работ данной направленности, дискуссии о методах подхода и правомерности их применения для решения поставленных задач не утихают до настоящего времени. Сложившаяся ситуация оставляет потребность в изучении применимости существующих методов и поиске новых, компромиссных для строителей, геологов и научных сотрудников, подходов в решении вопросов оценки радоноопасности территорий.

Введение

В соответствии с международной химической номенклатурой элементу с порядковым номером 86 в 1923 г. было присвоено название «радон» по его наиболее долгоживущему природному изотопу [1]. Три основных известных в природе изотопа радона: наиболее долгоживущий ^{222}Rn (радон, период полураспада 3,824 сут); ^{220}Rn (торон, период полураспада 55,6 с); ^{219}Rn (актион, период полураспада 3,96 с).¹ Занимающих, соответственно, свое место в естественных радиоактивных рядах: $^{238}\text{U} > \dots > ^{226}\text{Ra} > ^{222}\text{Rn}$; $^{232}\text{Th} > \dots > ^{224}\text{Ra} > ^{220}\text{Rn}$; $^{235}\text{U} > \dots > ^{223}\text{Ra} > ^{219}\text{Rn}$. По сути радон — это инертный газ, не имеющий цвета и запаха, коэффициент растворимости в воде при нормальных условиях 0,285 возрастает до 0,52 при

¹ Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов кн.3. — М.: Недра, 1996.

понижении температуры воды до 0°C, в органических растворителях это значение увеличивается на порядок.² Он значительно тяжелее воздуха и поэтому наибольшая его концентрация фиксируется в приземных слоях атмосферы.

Принимая во внимание повсеместное распространение литофильных элементов урана и тория в природных ландшафтах,³ радон, несмотря на малый период полураспада, постоянно возобновляется в результате альфа-распада радия. В свою очередь в результате распада радон образует изотопы полония, свинца, висмута, таллия — дочерние продукты распада радона (ДПР). Особого внимания заслуживают самые долгоживущие из них ²¹⁰Pb (T_{1/2} = 22,3 лет) и ²¹⁰Po (T_{1/2} = 138 сут).⁴

Значение изучения радоноопасности чрезвычайно важный аспект радиационных исследований в составе инженерно-экологических изысканий, поскольку радон и его ДПР при поступлении с воздухом и водой в организм в результате распад нестабильных и накопление наиболее долгоживущих радионуклидов оказывают негативное влияние (внутреннее облучение) на дыхательную и пищеварительную систему человека. И поэтому оценка радоноопасности является весьма острой экологической проблемой. Это признано многими Международными организациями, в том числе Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ), Организацией Объединённых Наций (ООН) и другими. Отечественные и зарубежные ученые считают, что радон в мирное время является основным источником природного ионизирующего излучения. Природные источники — это постоянно и повсеместно действующий физический фактор в окружающей среде, на долю которых приходится 80 % в суммарной дозе облучения. Наибольший вклад в долю облучения от природных и техногенных источников вносит радон 42 % [2; 3]. В тоже время доля облучения, полученная при медицинских обследованиях, составляет 20 % [2].

Первые исследования и появление первых нормативов на содержание радона и ДПР относятся к началу 1980-х годов. В России согласно нормам радиационной безопасности (НРБ-99/2009),⁴ критическим путем облучения людей за счет радона, содержащегося в питьевой воде, является переход радона в воздух помещения и последующее ингаляционное поступление ДПР в организм. Уровень вмешательства для радона в питьевой воде составляет 60 Бк/кг. Определение удельной активности радона в питьевой воде из подземных источников является обязательным. К примеру, предельно допустимое содержание радона в питьевой воде по данным ВОЗ составляет 100 Бк/л [4]. Действующими нормативами определена среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений, не более 100 и 200 Бк/м³ для проектируемых и эксплуатируемых жилых и общественных зданий соответственно.

Главными признаками радоноопасности территории являются: наличие грунтов с повышенной естественной радиоактивностью, наличие ослабленных зон, присутствие радона в грунтовых водах, наличие установленных значений ЭРОА свыше 100 Бк/м³ в эксплуатируемых зданиях в районе исследований.

Единственным узаконенным критерием оценки радоноопасности территории предполагаемой под застройку является плотность потока радона (ППР) с поверхности грунта, измерение которого проводится в рамках инженерных изысканий на проектной стадии работ.

² Несмеянов А.Н. Радиохимия. — М.: Химия, 1972.

³ Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов кн.6. — М.: Недра, 1997.

⁴ Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). СП 2.6.1.2612-10. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии, Роспотребнадзора, 2010.

В соответствии с ОСПОРБ-99/2010,⁵ под строительство выбираются участки с ППР с поверхности грунта не более 80 мБк/(м²*с) для жилых и общественных строений и не более 250 мБк/(м²*с) для зданий производственного назначения, в противном случае проектом должна предусматриваться противорадоновая защита.

В настоящее время большинство отечественных и зарубежных ученых, занимающихся проблемами радоноопасности предлагают наибольшее внимание уделять изучению условий выделения радона из геологической среды (ГС), поскольку концентрация радона в закрытых помещениях зависит от многих случайных факторов таких как степень их замкнутости, функционирование системы вентиляции и пр. [5]. Согласно концепции геогенного радонового потенциала в основе лежит качественная и количественная оценка способности ГС к выделению радона, основным источником поступления радона являются грунтовые толщи [6]. Активное выделение радона особенно хорошо заметно в высокопроницаемых зонах земной коры, к которым относятся зоны тектонических разломов. В Московском регионе такие зоны, как правило, проявляются в виде пониженных линейных форм рельефа, которые трассируются речными артериями.

Результаты работ по изучению плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта и объемной активности (ОА) радона в зданиях всесторонне описаны и хорошо освещены в научной литературе. Комплексные долгосрочные мониторинговые исследования формирования радоновых полей грунтовых массивов [7] показали большие временные вариации результатов измерения ППР на экспериментальных площадках в различных климатических и геологических условиях. Сезонные и дневные изменения температуры, атмосферного давления, влажности грунта и т. д. значительно сказываются на эманации радона. Разница значения измеренной ППР в различные периоды времени достигает нескольких раз. Многократные долгосрочные измерения на экспериментальных площадках показывают, как в течение года измеренные значения на одной площадке могут многократно переходить установленные границы количественного критерия оценки радоноопасности территории в 80/250 мБк/(м²*с). Данный подход к оценке радоноопасности территории более двух десятков лет продолжает оставаться дискуссионным, а вопросы изучения альтернативных методов актуальными.

В поисках новых решений авторы обращают внимание на грунтовые воды, как на нижнюю границу зоны аэрации массива грунтов, преимущественно задействованных в хозяйственной деятельности человека. Изучение грунтовых вод, в связи с инфильтрацией атмосферных осадков, дренированием грунтового массива в полужакрытой системе грунты — грунтовые воды, определенно должно найти свое отражение в решении вопроса о способности ГС к выделению радона в целом и о потенциальной радоноопасности территории застройки в частности. К изучению представляется возможным привлекать пробы грунтовых вод, отобранных из близлежащих родников, дренирующих тот же водоносный горизонт, поскольку быстрый распад радона исключает его дальнюю миграцию от первичных источников¹ или непосредственно на площадках изысканий из буровых скважин.

Целью данного исследования является изучение изменчивости объемной активности (ОА) радона грунтовых вод во времени, на примере Теплостанской возвышенности.

Материалы и методы

В данной статье пойдет речь об экспериментальных наблюдениях за объемной активностью радона в грунтовых водах. Всего в разной степени было изучено 14 родников (табл. 1).

⁵ Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПин 2.6.1.2523-09. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.

В общей сложности в параллели отобрано и проанализировано 70 проб грунтовых вод (далее по тексту представлены усредненные результаты измерений ОА радона по каждой параллели проб). Исследования проводились в Московском регионе на территории ЗАО и ЮЗАО, в структурно-геоморфологическом плане на Теплостанской возвышенности. Основные данные по циклу систематических наблюдениях получены в пределах Сетуньской депрессии, разделяющей Кунцевский и Теплостанский блоки [8].

Выбор основного объекта исследований в долине реки Сетунь не случаен. Он обусловлен приуроченностью к ослабленным зонам Теплостанской возвышенности, в пределах которой отмечаются повышенные значения ППР до 115 МБк/(м²*с) [3].

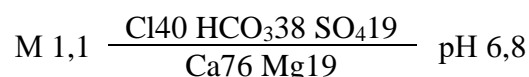
Разгрузка грунтовых вод осуществляется в виде родника в точке наблюдения (т. н.) № 1 (рис. 1) на правом берегу реки Сетунь из надбюрского горизонта,⁶ в 320 метрах на ЗСЗ от вестибюля метро «Давыдково». Родник относится к памятникам природы регионального значения согласно Постановлению Правительства № 361-ПП от 15.05.2007 г.⁷



Рисунок 1. Общий вид т.н. № 1 (фото Р.А. Бобкова)

По данным, полученным авторами при инженерно-экологических изысканиях, вода по составу гидрокарбонатно-хлоридная, кальциевая.

Формула солевого состава грунтовых вод, отобранных в т. н. № 1.



Несмотря на более высокую минерализацию, данный состав грунтовых вод всё же характерен для надбюрского горизонта исследуемой территории и хорошо коррелируется с имеющимися данными. Преимущественный состав вод гидрокарбонатно-хлоридный, натриево-кальциевый (табл. 2).

⁶ Геологический атлас Москвы. Под. Ред. Антипова А.В. — М.: Мосгоргеотрест, 2010.

⁷ Постановление Правительства Москвы №361-ПП от 15.05.2007 г. О создании особо охраняемых природных территорий регионального значения — памятников природы. — URL: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/14944220/?ysclid=lqf5sqtym701597723> (дата обращения 22.12.2023).

Таблица 1

Привязка точек наблюдения (родников)

№ т. н. (родник)	Координаты, с.ш., в.д.
1	55,715634, 37,446938
2	55,631653, 37,576761
3	55,632273, 37,556828
4	55,632279, 37,556900
5	55,613887, 37,545570
6	55,610306, 37,523165
7	55,632542, 37,504984
8	55,687638, 37,505969
9	55,654109, 37,459679
10	55,712039, 37,468108
11	55,711222, 37,460919
12	55,715555, 37,447774
13	55,654945, 37,342002
14	55,662802, 37,337074

Составлено авторами

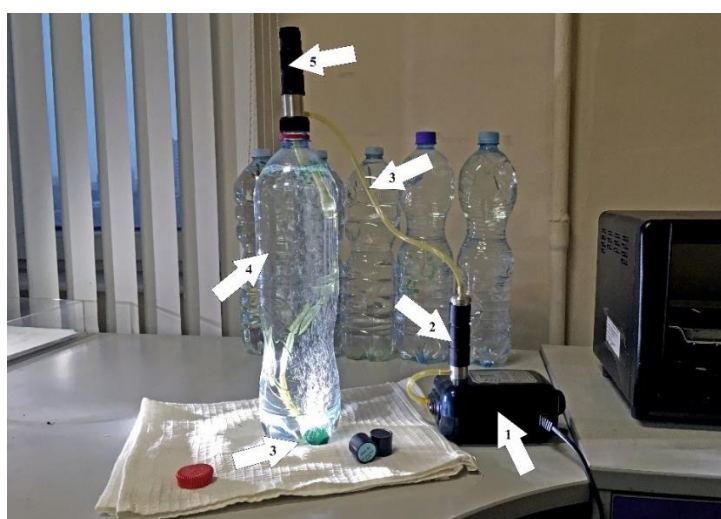
Таблица 2

Макрокомпонентный состав вод родников (мг/л)

№ т. н.	М**	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻
1	1089	304	45	21	3,1	0,1	451	184	277	38,0
2*	407	68	17	10	0,8	0,3	269	28	12	2,2
3*	418	58	18	42	4,3	1,0	116	36	140	4,3
6*	503	83	24	10	0,3	0,2	300	34	39	12,9
7*	649	117	26	34	1,7	0,6	236	66	148	19,0

Примечание: * — Опубликованные данные [9], ** — М — общая минерализация. Составлено авторами

Материалами исследования послужили результаты авторских систематических наблюдений за объемной активностью радона в подземных водах бассейна р. Сетунь (т. н. № 1), а также единичные наблюдения за другими источниками (т. н. 2–14) в пределах Теплостанской возвышенности. Сопряженно в т. н. № 1 замерялись и другие метео- и гидрогеологические параметры, такие как температура воды, воздуха и пр.



1 — микрокомпрессор; 2 — защитная СК-13; 3 — трубки подачи воздуха с распылителем; 4 — проба воды; 5 — накопительная СК-13

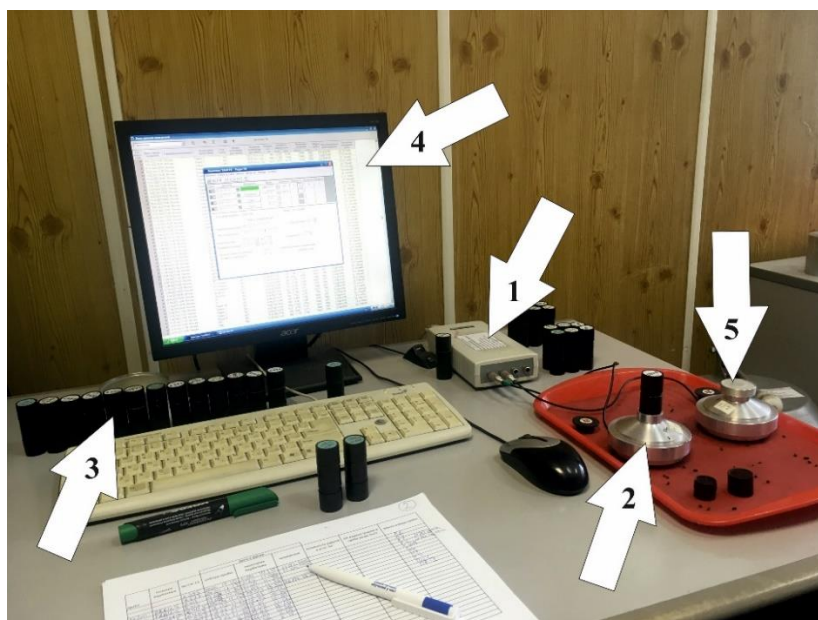
Рисунок 2. Процесс барботажки пробы воды (фото Р.А. Бобкова)

Мониторинговые наблюдения проводились с января по декабрь 2023 года. Периодичность наблюдений приближена к двум наблюдениям в месяц, единичные наблюдения проводились параллельно в этот же период.

Отбор проб производился в пластиковую тару объемом 1,5 литра при помощи специальной пробки с патрубком и длинной трубки, максимально снижая возможное дезманирование радона.

Дальнейшая методика исследований подразумевает пробоподготовку и непосредственно измерение. Пробоподготовка основана на переводе радона, растворенного в пробе воды, в сорбционную колонку с активированным углём (СК-13) путем барботажа (рис. 2).

Измерения активности радона в угле выполнялись по бета-излучению короткоживущих дочерних продуктов распада радона — ^{214}Pb и ^{214}Bi с помощью измерительного комплекса для мониторинга радона «КАМЕРА-01» (рис. 3), Госреестр № 26748-04. Весь процесс измерений проводился согласно утвержденной методике измерений содержания радия и радона в природных водах.⁸



1 — коммутатор; 2 — блок детектирования бета-излучения; 3 — сорбционные колонки (СК-13) с активированным углем; 4 — программный комплекс «Радон 98»; 5 — контрольный источник

Рисунок 3. Измерительный комплекс для мониторинга радона «КАМЕРА-01» (фото Р.А. Бобкова)

Результаты и обсуждения

В ходе режимных наблюдений за грунтовыми водами в т. н. № 1 были получены данные по объемной активности радона и другие метео- и гидрогеологические параметры за почти годичный период.

Результаты измерений представлены в таблице 3.

⁸ Методика измерения содержания радия и радона в природных водах. — М.: НТЦ «НИТОН», 2003.

Таблица 3

Результаты режимных наблюдений 2023 года (в точке наблюдения № 1)

№ пп	Дата	Температура воздуха, °С	Атмосферное давление, мм рт. ст.	Влажность воздуха, %	Температура воды, °С	ОА радона, Бк/дм ³
1	25.01.2023	-1	758	79,6	7,5	19,2
2	08.02.2023	-3	765	73,6	7,2	18,8
3	01.03.2023	-2	744	58,3	7,2	18,9
4	17.03.2023	5	756	54,3	7,8	18,8
5	27.03.2023	9	737	84,5	8,0	18,7
6	06.04.2023	14	755	48,9	8,2	18,9
7	20.04.2023	16	759	34,6	8,1	19,0
8	04.05.2023	15	754	33,2	8,2	19,2
9	18.05.2023	25	752	51,6	8,2	20,8
10	06.06.2023	20	752	35,9	8,5	17,9
11	26.06.2023	24	747	33,9	8,6	19,0
12	10.07.2023	18	745	82,9	8,6	19,3
13	24.07.2023	16	742	80,0	8,9	19,0
14	07.08.2023	30	746	43,8	9,0	18,6
15	21.08.2023	21	749	41,7	9,0	18,8
16	11.09.2023	20	750	68,2	8,9	19,1
17	25.09.2023	17	759	63,2	9,0	19,5
18	09.10.2023	4	737	88,0	8,9	18,8
19	23.10.2023	5	737	97,2	8,8	19,8
20	08.11.2023	9	744	84,2	8,4	19,6
21	22.11.2023	-9	746	89,6	8,2	16,9
22	03.12.2023	-6	749	65,3	8,2	16,7

Примечание: расход источника (около 0,2 л/с) стабилен в течение наблюдаемого периода. Составлено авторами

Анализ данных режимных наблюдений за грунтовыми водами в т. н. № 1 показывает, что температура воды зимой в среднем 7–8 градусов, а летом — 8–9 градусов. При среднем значении ОА радона в 18,9 Бк/дм³ (медиана 19,0), отклонение измеренных значений от среднего не превышает 12 %. При небольшом объеме выборки, 86 % измеренные значения ОА радона лежат в пределах двух стандартно квадратичных отклонений (СКО) и 100 % в пределах 3 СКО (рис. 4).

Результаты разовых наблюдений за ОА радона в т. н. 2–14 представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты разовых наблюдений за ОА радона в т. н. 2–14

№ т. н.	Дата отбора	ОА, Бк/дм ³	№ т. н.	Дата отбора	ОА, Бк/дм ³
2	09.04.2023	32,7	9	25.04.2023	7,2
3	09.04.2023	38,9	10	18.05.2023	15,9
4	09.04.2023	27,3	11	18.05.2023	32,0
5	09.04.2023	2,1	12	19.05.2023	13,7
6	09.04.2023	6,5	13	21.05.2023	18,8
7	11.04.2023	10,7	14	21.05.2023	19,5
8	19.04.2023	31,0	-	-	-

Составлено авторами

Разброс значений, полученных в результате единичных измерений ОА радона в водах из 13 подземных источников в пределах Теплостанской возвышенности, составляет от 2,1 до 38,9 Бк/дм³.

При учете вариативности в 12 %, полученной экспериментальным способом, опираясь на разовые измерения, можно утверждать, что все опробованные источники отвечают требованиям норм радиационной безопасности (ОА радона менее 60 Бк/дм³).

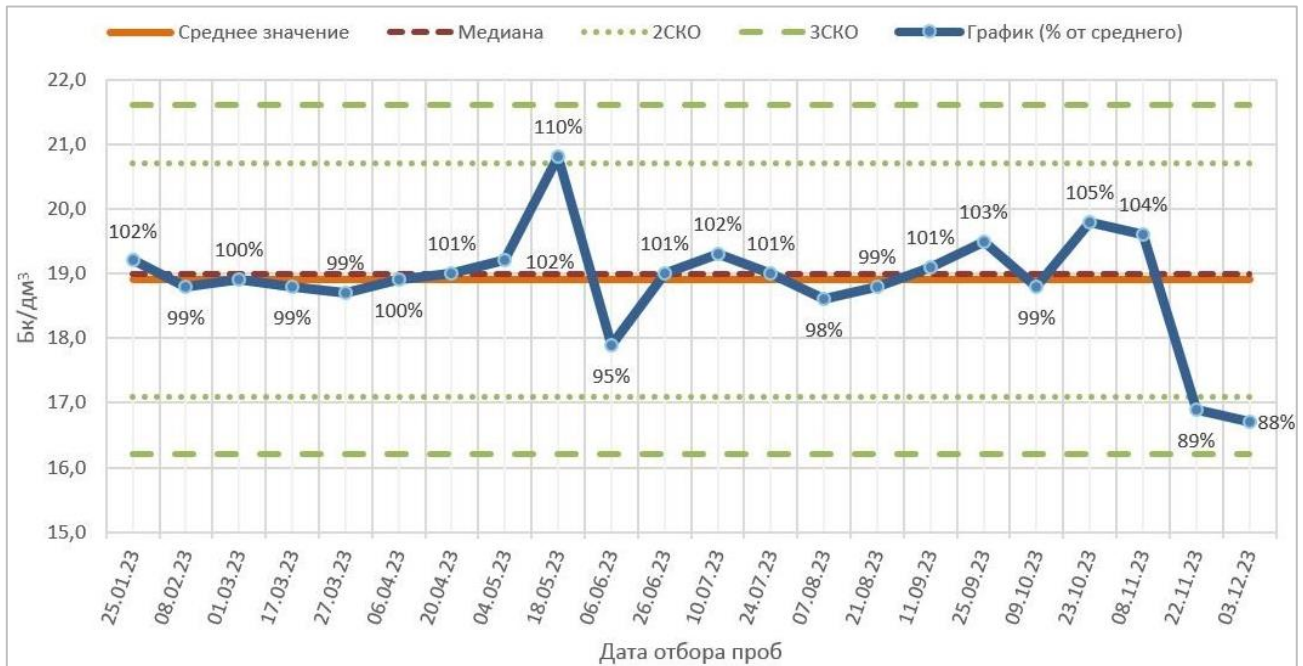


Рисунок 4. График изменчивости объемной активности радона грунтовых вод в т. н. № 1 (составлено авторами)

Схожие по фактуре исследования проводились в г. Хабаровске в 2011 году [10]. Результаты проведенных измерений представлены на рисунке 5 в авторском варианте.

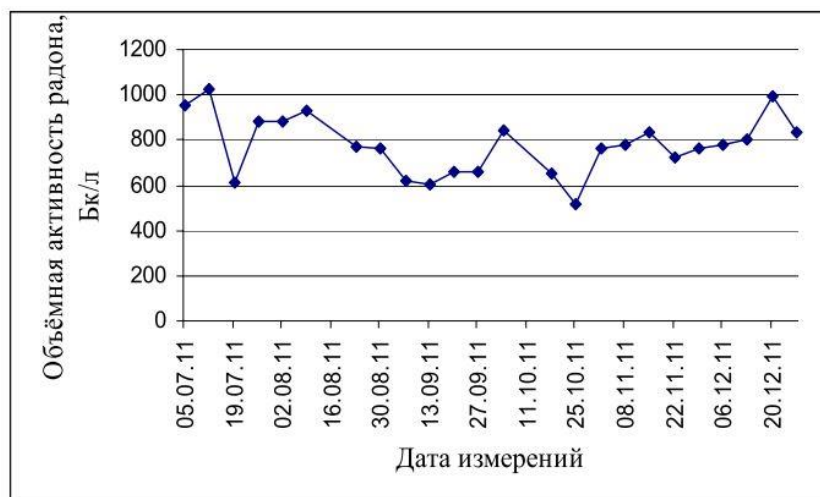


Рисунок 5. Изменение объемной активности радона в воде из подземного источника [10]

Измерения проводились в период с мая по декабрь 2011, изменчивость значений от 513 до 1 024 Бк/л, при среднем значении 776 Бк/л. За весь период наблюдений максимальное отклонение от среднего значения составило 35 %. Данные отклонения значительно превышают полученные авторами, но следует отметить, что исследования выполнялись на территории с другим геологическим строением и большей сейсмической активностью.

Выводы

Подводя итоги проведенного исследования можно прийти к следующим выводам:

- ОА радона при замерах в подземных водах исследуемой территории слабо зависит от колебаний температуры атмосферного воздуха, его влажности и собственно температуры вод источника при его разгрузке. Отклонение разовых замеров от среднегодового значения ОА радона в грунтовых водах не более 15 %, что выгодно отличается от разброса измеряемых значений ППР с поверхности грунта;
- анализ результатов опробования грунтовых вод в пределах Теплостанской возвышенности показывает большой разброс значений ОА радона, что при последующем рассмотрении может послужить основой для выработки критерия районирования территории;
- единичные измерения ППР с поверхности грунта являются более прямым, но при этом весьма вариативным во времени методом изучения потенциальной радоноопасности территорий предполагаемой застройки. При установлении и проработке корреляционных связей между значениями ППР с поверхности грунта и ОА радона в грунтовых водах, дренирующих тот же грунтовый массив, полученные предварительные данные позволяют предложить опробованный и описанный выше подход для всепогодного его использования при проведении инженерно-экологических изысканий и других работах экологического и гигиенического плана, связанных с оценкой радоноопасности территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврорин В.В., Красичкова Р.Н., Нефедов В.Д., Торопова М.А. Современное состояние химии радона // Успехи химии. — 1982. — № 1. — С. 23–39.
2. Маренный А.М., Микляев П.С., Цапалов А.А., Петрова Т.Б. Закономерности формирования радонового поля в геологической среде. — М.: Издательство «Перо», 2016.
3. Дорожко А.Л. Природный радон: проблемы и решения // Разведка и охрана недр. — 2005. — № 8. — С. 50–56.
4. Семенищев В.С., Воронин А.В., Титова С.М., Томашова Л.А. Влияние условий пробоотбора на результаты анализа методом гамма-спектрометрии удельной активности радона-222 в питьевой воде // Водное хозяйство России. — 2020. — № 3. — С. 128–138.
5. Gruber V., Bossew P., De Cort M. and Tollefsen T. The European map of the geogenic radon potential // J. Radiol. Prot. — 2013. — Т. 33. — С. 51–60.
6. Микляев П.С., Петрова Т.Б., Макеев В.М., Климшин А.В. Аномалии плотности потока радона на территории Москвы // Гэоэкология. — 2017. — № 5. — С. 39–47.
7. Маренный А.М., Микляев П.С., Цапалов А.А., Климшин А.В., Петрова Т.Б., Пенезев А.В. Комплексные мониторинговые исследования формирования радоновых полей грунтовых массивов. Ч. 6 — Анализ закономерностей временных вариаций радонового поля // АНРИ. — 2015. — № 4. — С. 9–21.

8. Москва: Геология и город. Под. ред. Осипова В.И., Медведева О.П. — М.: Московские учебники и картолитогрфия, 1997 — 399 с.
9. Липатникова О.А., Лубкова Т.Н. Яблонская Д.А., Филатова О.Р. Гидрохимическая характеристика родников особо охраняемых природных территорий запада и юго-запада города Москвы // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: труды V Всероссийской научной конференции с международным участием имени профессора С.Л. Шварцева / Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета. — 2023. — С. 259–262.
10. Андреев А.И., Чекунаев В.В. Экспериментальные исследования содержания радона в воде из подземного источника // Вестник ТОГУ. — 2012. — № 3. — С. 123–130.

Bobkov Roman Alexeevich

Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystalchemistry of rare Elements, Moscow, Russia
Moscow State Construction University, Moscow, Russia
E-mail: bobkov_roman@list.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1141183

Krinochkina Olga Konstantinovna

Moscow State Construction University, Moscow, Russia
E-mail: vdovinaok@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=528830

Lavrusevich Andrey Aleksandrovich

All-Russian Scientific Research Institute for Civil Defence and Emergencies of the EMERCOM of Russia, Moscow, Russia
E-mail: lavrusevich@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=363994

Studying the activity of groundwater radon to optimize engineering surveys

Abstract. Natural gas radon is a ubiquitous, highly radioactive decay product of radium. The study of the variability of the volumetric activity of radon in groundwater was carried out with the aim of developing proposals for optimizing methods for assessing the radon hazard of territories during engineering surveys. Groundwater, as part of the geological environment, draining soil masses that emit radon, can serve as an indicator of radon hazard. Monitoring of groundwater discharged in the form of springs within the Teplostan Upland (Moscow region) was carried out over a one-year period. A total of 14 springs with a predominantly hydrocarbonate-chloride, sodium-calcium composition of water were observed. The research methodology is based on the de-emanation of radon from a water sample by bubbling and transferring it to a sorption column with activated carbon and subsequent measurement of the activity of radon sorbed in activated carbon by beta radiation from short-lived daughter decay products. The observed natural sources meet the requirements for drinking water according to the criterion of dissolved radon content. The change in the volumetric activity of radon in groundwater weakly depends on fluctuations in the temperature of the atmospheric air, its humidity and the actual temperature of the source water during its discharge, which compares favorably with the spread of the measured values of radon flux density from the ground surface. By establishing correlations between the values of radon flux density from the ground surface and the volumetric activity of radon in groundwater, the data obtained make it possible to propose a tested and described by the authors approach for all-season use when conducting engineering and environmental surveys and other environmental and hygienic work related to the assessment of radon hazard territories.

Keywords: radon; assessment of radon hazard of territories; volumetric activity of radon; radon flux density; groundwater monitoring; soil massifs; springs engineering survey; Teplostanskaya upland