

А. Ф. Сухорукова^{1✉}, Н. И. Яндола¹

Мониторинг радона в подземных водах Новосибирской городской агломерации

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: SukhorukovaAF@ipgg.sbras.ru

Аннотация. В работе рассматривается годовое изменения концентрации радона в подземных водах двух водоносных комплексов трещиноватых пород: субщелочных гранитоидов и глинистых сланцев в районе г. Новосибирска. Проблема изменения концентрации радона в течение года в подземных водах, используемых для обеспечения населения питьевой водой или в бальнеологических целях, остается одной из самых малоизученных для этой группы вод. Для трех объектов, эксплуатирующих воды гранитоидов отмечены концентрации радона от 107 до 597 Бк/дм³, для централизованного водозабора в глинистых сланцах «Зырянка» от 13 до 97 Бк/дм³. Выявлена закономерность - концентрация радона в воде увеличивается в теплое время года для обоих водоносных комплексов. В связи с этим необходимо проводить работу по мониторингу концентраций радона, для учета и уменьшения долгосрочных рисков здоровью, информированию населения о мерах снижения содержания радона в воде.

Ключевые слова: подземные воды, концентрация радона, годовой мониторинг радона, город Новосибирск

A. F. Sukhorukova^{1✉}, N. I. Yandola¹

Radon monitoring in groundwater in the Novosibirsk urban agglomeration

¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: SukhorukovaAF@ipgg.sbras.ru

Abstract. This paper examines annual changes in radon concentrations in groundwater in two aquifers of fractured rock: subalkaline granitoids and clay shales. The problem of annual radon concentration changes in groundwater used for drinking water or spa treatments remains one of the least studied in this group of waters. Radon concentrations ranging from 107 to 597 Bq/dm³ were recorded for three facilities exploiting granitoid water, while for the centralized water intake in the Zyryanka clay shales, they ranged from 13 to 97 Bq/dm³. A pattern has been identified: radon concentrations in water increase during the warmer months for both aquifer systems. Therefore, it is necessary to monitor radon concentrations to assess and mitigate long-term health risks and inform the public about measures to reduce radon levels in water.

Keywords: groundwater, radon concentration, annual radon monitoring, Novosibirsk

Введение

Изучение радоновых род как особого объекта подземной гидросферы проводятся уже не первое столетие во многих странах мира с различных точек зрения. Оценивается как отрицательное воздействие высоких концентраций радона,

так и положительное (бальнеологическое) воздействие радона на организм человека. При этом, необходимо отметить, что проблема изменения концентрации радона в течение года в подземных водах, используемых для обеспечения населения питьевой водой или в бальнеологических целях, остается одной из самых малоизученных для этой группы вод, которые, как известно, широко распространены в различных геолого-гидрологических условиях по всему миру. В последние годы во многих странах начали проводиться исследования по оценке изменения годовой эффективной концентрации радона в родниковых и грунтовых водах, в зависимости от геологического строения территории, сезонных климатических и неотектонических условий. В зарубежных публикациях особое внимание при этом уделяется необходимости информированию населения о способах снижения концентрации радона в питьевых водах [1-3]. В сейсмически активных районах выявляются вариации концентрации радона в подземных водах отражающие изменения регионального напряженного состояния [4]. Комплексные исследования химического и радионуклидного состава подземных вод района г. Новосибирска проводятся в лаборатории Гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири, начиная с 2018 года, получен большой объем фактического материала по радоновым водам и вмещающим породам [5-9]. В связи с этим, представляется актуальной оценка изменения концентрации радона в течение года в подземных водах четырех объектах разных гидрогеологических комплексов.

Методы и материалы

В период 2020-2023 годов сотрудниками лаборатории Гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири ИНГГ СО РАН с целью годового мониторинга концентрации радона были отобраны 38 проб воды. Для трех объектов отбор проводился ежемесячно в течении года: месторождение «Тулинское» (скважина государственной клинической больницы №34); частная скважина в СНТ Аэрофлот-1; скважина для обеспечения нужд бетонного завода 4 моста через Обь (Четвертый мост), один раз в квартал для скважин водозабора «Зырянка» Новосибирского научного центра (рис.1а). Определение концентрации радона-222 осуществлялось на альфа-радиометре «Альфарад +» не позднее 2 суток после отбора проб. В настоящей работе также использованы: фондовые материалы ТФГИ по Сибирскому федеральному округу и ФГУП «Управления энергетики и водоснабжения» (ФГУП УЭВ) г. Новосибирска, а именно: более 150 замеров суммарных альфа и бета активностей, концентрации радона, сведения о среднесуточном водоотборе за период с 2002 по 2023 года для скважин водозабора «Зырянка». Гидрометеорологическая информация о количестве осадков в теплые и холодные периоды получена с сайта Западно-Сибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Геолого-гидрогеологические условия

В геологическом отношении территория города Новосибирска расположена в пределах области погружения Колывань-Томской складчатой зоны, которая является краевой структурой Алтае-Саянской складчатой области. В ее строении принимают участие близко залегающие слаботрециноватые породы юргинской

свиты верхнедевонского возраста и залегающий на них комплекс четвертичных отложений надпойменных террас р. Оби и отложений краснодубровской свиты. На большей части территории в долине р. Оби, где отсутствует кора выветривания, подземные воды палеозойских пород гидравлически связаны с подземными водами аллювиальных отложений и эксплуатируются совместно. Водозабор «Зырянка» ННЦ расположен на III надпойменной террасе р. Оби, на берегу Новосибирского водохранилища, начиная с 1962 года эксплуатирует подземные воды палеозойских пород, представленные трещиноватыми девонскими глинистыми сланцами. Питание водоносного комплекса происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, подтока со стороны Приобского плато и подпора Новосибирского водохранилища.

В строении фундамента участвуют интрузивные образования представленные позднепермско-раннетриасовыми субщелочными комплексами гранитоидного состава. Под большей частью мегаполиса залегают породы второй фазы приобского комплекса Новосибирского гранитоидного массива (на глубинах от первых десятков до 100 и более метров). Массив является постоянно действующий источником эманации радона, который фиксируется в пониженных участках, цокольных и подвальных этажах, подземных сооружениях и, конечно, подземных водах. Скважины месторождение «Тулинское» СНТ Аэрофлот; «Четвертый мост» вскрывают и эксплуатируют трещинные воды гранитоидов, питание которых в большей степени осуществляется за счет более глубокозалегающих водоносных горизонтов, в меньшей степени за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока со стороны р. Обь (наиболее существенно для скважины «Четвертый мост»).

Мониторинг радона в подземных водах

Проведенные исследования концентрации радона в течении года в подземных водах города Новосибирска показали, что максимально высокие его значения отмечены, для объектов, эксплуатирующее водоносный горизонт субщелочных гранитоидов приобской фазы внедрения (таблица 1).

По результатам мониторинга выявлены следующие закономерности. Наибольшее содержание радона зафиксировано на объекте «Четвертый мост» в скважине глубиной 41 м (от 159 до 597 Бк/дм³), режим откачек в которой определяется производственными нуждами бетонного завода и непостоянен в течение года. В воде скважины (глубиной 153 м) «СНТ Аэрофлот-1» значения остаются устойчиво высокими (в диапазоне 196–352 Бк/дм³).

Таблица 1

Объект, год исследования	кол-во проб	Общая β активность, мБк/дм³	Концентрация радона, Бк/дм³	
			Теплый период: апрель-октябрь	Холодный период: ноябрь март
Водоносный комплекс трещиноватых субщелочных гранитоидов				
Месторождение «Тулин- ское», 2019-2020	11	80	107-247 188	110-276 201
«СНТ Аэрофлот-1», 2022-2023	12	855	224-352 289	196-325 250

Окончание табл. 1

Объект, год исследования	кол-во проб	Общая β активность, мБк/дм³	Концентрация радона, Бк/дм³	
			Теплый период: апрель-октябрь	Холодный период: ноябрь март
Водоносный комплекс трещиноватых субщелочных гранитоидов				
«Четвертый мост», 2023-2024	12	349	285-597 450	159-475 309
Водоносный комплекс трещиноватых глинистых сланцев				
Водозабор «Зырянка», 2002-2023	156	27	51-97 68	13-76 54

Примечание. В знаменателе диапазон значений, в числителе средние

Для вод «Тулинского» месторождения, которые вскрыты скважиной глубиной 176 м для обеспечения водолечебницы радоновыми водами, концентрация радона несколько ниже, чем у вышеназванных объектов и находится в пределах 107-276 168 Бк/дм³. Все объекты эксплуатируют водоносный горизонт трещиноватых субщелочных гранитов, но с разными целями: «СНТ Аэрофлот-1» для питьевого и хозяйственного водоснабжения частного домовладения; «Четвертый мост» для нужд бетонного завода; месторождение «Тулинское» для бальнеологического использования. Для всех исследованных вод отмечается колебание концентрации радона по месяцам, при этом отмечена тенденция увеличения его концентрации в теплый период года, по сравнению с холодным периодом, за исключением «Тулинского». Для вод «Тулинского» в течение года происходит хаотичное колебание содержания радона, при этом для 5 замеров из 11 радона содержится менее 185 Бк/дм³, что ниже чем необходимо для бальнеологических целей. Скважина пройдена непосредственно из подвального помещения водолечебницы на территории городской клинической больницы №34, которая практически вся занята сооружениями или заасфальтирована, что исключает инфильтрацию атмосферных осадков из процесса питания водоносного горизонта для конкретной скважины.

По данным Западно-Сибирского УГМС за холодный период выпадает 95 мм осадков, а за теплый 330 мм, что оказывает влияние на питание водоносного горизонта остальных изученных объектов и предположительно на концентрацию радона в воде. Возможным фактором влияния на концентрацию радона может служить водоотбор, увеличение которого в теплый период года также приводит к повышению концентрации радона, за счет подтягивания нижележащих объемов воды. Этим фактом можно объяснить увеличение концентрации радона в теплый период в скважине «СНТ Аэропорт-1», так как со слов хозяина, в теплое время года существенно увеличивается расход воды на полив приусадебного участка.

Новосибирский научный центр (ННЦ) г. Новосибирска с момента своего образования имеет централизованное водоснабжение за счет подземных вод, один из двух водозаборов «Зырянка» поставяет воду в коттеджную зону, на улицы Академическая, Золотодолинская, в также пос. Кирова и Геологов. приурочены к водоносному комплексу, представленному гидравлически взаимосвязанными

трещинными водами глинистых сланцев верхнего девона и водоносным горизонтом аллювиальных отложений р. Оби. Повышенное содержание радона в подземных водах водозаборного участка "Зырянка" является характерной чертой их качественного состава, концентрация которого изменяется в диапазоне от 13 до 97 Бк/мг³ (по данным скважины 24э в период с 2002 по 2023 года), при общей бета активности не превышающей 27 мБк/дм³ (табл.1). Здесь также наблюдается тенденция повышения концентрации в теплое время года до средних значений 68 Бк/дм³, что незначительно превышает ПДК, по действующему в России Сан-Пину. В настоящее время ведется работа по анализу взаимосвязи среднесуточного и среднемесячного водозабора, уровня воды в Новосибирском водохранилище и концентрации радона в подземных водах.

Воды водозабора Зырянка подаются населению без водоподготовки, разводящая сеть является пусть и простейшей, но системой водоподготовки, позволяющей освободить подземные воды и радона. Учитывая недлительный период полураспада радона (3,8 сут), в воде подаваемых потребителям концентрации радона снижаются до величин в среднем не более 55 Бк/дм³.

Заключение

Полученные результаты подчеркивают необходимость постоянного мониторинга уровня радона в водоносных комплексах г. Новосибирска. В границах зон внедрения гранитоидного массива распространены трещинные подземные воды, которые характеризуются значениями концентрации радона, позволяющие использовать их в качестве бальнеологических, с другой они создают высокую радиологическую нагрузку на население. Воды трещиноватых глинистых сланцев, широко используемые для водоснабжения сельского населения восточной части Новосибирской области (аналогичные водам водозабора «Зырянка» ННЦ) характеризуются относительно невысокими, но часто превышающими ПДК концентрациями радона. Необходимо отметить, что концентрация радона в воде увеличивается в теплое время года для обоих водоносных комплексов. В связи с этим необходимо проводить работу по мониторингу концентраций радона в регионе для снижения долгосрочных рисков здоровью, а также информированию населения о способах снижения содержания радона в воде.

Благодарности

Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта № 25-17-20024 Российского научного фонда и Правительства Новосибирской области (№ 30-2025-000896).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yehia Manawi, Arzoo Hassan, Muataz Ali Atieh, Jenny Lawler Overview of radon gas in groundwater around the world: Health effects and treatment technologies, Journal of Environmental Management, Volume 368, 2024, 122176, ISSN 0301-4797, doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122176.
2. Jeyeon Kim, Kang-Kun Lee Seasonal effects on hydrochemistry, microbial diversity, and human health risks in radon-contaminated groundwater areas, Environment International, Volume 178, 2023, 108098, ISSN 0160-4120, doi.org/10.1016/j.envint.2023.108098.)

3. Yuanxin Zhao, Zhaofei Liu, Ying Li, Le Hu, Zhi Chen, Fengxia Sun, Chang Lu A case study of 10 years groundwater radon monitoring along the eastern margin of the Tibetan Plateau and in its adjacent regions: Implications for earthquake surveillance, *Applied Geochemistry*, Volume 131, 2021, 105014, ISSN 0883-2927, <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.105014>.

4. Семинский А.К. Радон в подземных водах Южного Прибайкалья: результаты мониторинга и прогноз концентраций // *Известия Сиб. Отдел. Секции наук о Земле Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых*. 2017. Т. 40. № 4. С. 57–68. doi: 10.21285/2541-9455-2017-40-4-57-68

5. Новиков, Д.А. Об открытии слаборадоновых вод – Инские источники / Д.А. Новиков, Ю.Г. Копылова, А.Ф. Сухорукова, Л.Г. Вакуленко, А.Н. Пырьев, А.А. Максимова, А.С. Деркачев, А.Н. Фиге, А.А. Хващевская, Ф.Ф. Дульцев, А.В. Черных, М.С. Мельгунов, П.Н. Калинин, С.А. Растигеев // *Геология и геофизика*. – 2022. – Т. 63. – № 12. – С. 1714-1733.

6. Novikov, D.A. Monitoring of radionuclides in the natural waters of Novosibirsk, Russia / D.A. Novikov, F.F. Dultsev, A.F. Sukhorukova, A.A. Maksimova, A.V. Chernykh, A.S. Derkachyov // *Groundwater for Sustainable Development*. – 2021. – V. 15. – 8 p.

7. Сухорукова А.Ф., Плаксина Н.А., Максимова А.А., Яндола Н.И. Гидрогеохимический мониторинг водозабора Новосибирского научного центра // *Химия в интересах устойчивого развития* – том 32 – № 6 – С. 783-792 – 2024

8. Новиков Д.А., Дульцев Ф.Ф., Вакуленко Л.Г., Сухоруков В.П., Фомина Я.В., Яндола Н.И., Максимова А.А., Черных А.В., Сухорукова А.Ф., Деркачев А.С. Радиоактивность водовмещающих пород Обь-Зайсанской складчатой области // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири* – № 1 – С. 110-120 – 2024

9. Деркачев А.С., Новиков Д.А., Черных В.В. Оценка эффективной дозы облучения населения радоном из подземных вод (восточные районы Новосибирской области) // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири* – № 46 – С. 162-172 – 2025 doi 10.20403/2078-0575-2025-46-162-172

© А. Ф. Сухорукова, Н. И. Яндола, 2026