

## ГИДРОГЕОХИМИЯ ЗАЕЛЬЦОВСКО-МОЧИЩЕНСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ РАДОНОВЫХ ВОД

### *Дмитрий Анатольевич Новиков*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири; Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1, доцент кафедр геологии месторождений нефти и газа и общей и региональной геологии, e-mail: NovikovDA@ipgg.sbras.ru

### *Антон Сергеевич Деркачев*

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1, бакалавр кафедры общей и региональной геологии, e-mail: DerkachevAS@ipgg.sbras.ru

### *Анна Федоровна Сухорукова*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, научный сотрудник лаборатории гидрогеологии осадочных бассейнов, e-mail: SukhorukovaAF@ipgg.sbras.ru

Приводятся результаты изучения особенностей геохимии радоновых вод Заельцовско-Мочищенской зоны города Новосибирска. Показано, что радоновые воды – трещинные, холодные с температурой 6-10 °С, залегают на глубинах 50-200 м. В гидрогеологическом разрезе развиты нейтральные и слабощелочные (рН от 6,9 до 7,8) воды преимущественно гидрокарбонатного кальциевого и гидрокарбонатного кальциево-натриевого состава с величиной общей минерализации от 322 до 895 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрации <sup>222</sup>Rn в водонасыщенных зонах гранитов варьируют от 308 до 1521 Бк/дм<sup>3</sup>, а в скважинах, вскрывших роговики составляют 37-241 Бк/дм<sup>3</sup>. Содержания <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra не превышают 0.098 мг/дм<sup>3</sup> и 3.5·10<sup>-7</sup> мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

**Ключевые слова:** радоновые воды, гидрогеохимия, радон-222, уран-238, радий-226, Заельцовско-Мочищенская зона, город Новосибирск, Западная Сибирь.

## HYDROGEOCHEMISTRY OF THE ZAELTSOVSKY-MOCHISHCHE FIELD OF RADON WATERS

### *Dmitry A. Novikov*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptuyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Head of Laboratory of Sedimentary Basins Hydrogeology of Siberia; Novosibirsk National Research State University, 1, Pirogova St., Novosibirsk, 630073, Russia, Associate Professor of General and Regional Geology and Geology of Petroleum Fields Departments, e-mail: NovikovDA@ipgg.sbras.ru

### *Anton S. Derkachev*

Novosibirsk National Research State University, 1, Pirogova St., Novosibirsk, 630073, Russia, BSc of General and Regional Geology Departments, e-mail: DerkachevAS@ipgg.sbras.ru

**Anna F. Sukhorukova**

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Researcher of Laboratory of Sedimentary Basins Hydrogeology of Siberia, e-mail: SukhorukovaAF@ipgg.sbras.ru

Results of the studies into the features of the geochemistry of radon waters from the Zaeltovsky-Mochishche zone of Novosibirsk city are reported. Radon waters are fracture, cold with the temperature of 6-10 °C, they occur at a depth of 50-200 m. In the hydrogeological section, neutral and weakly alkaline waters are developed, with pH from 6,9 to 7,8, mainly with the calcium hydrocarbonate and calcium-sodium hydrocarbonate composition, with total mineralization from 322 to 895 mg/dm<sup>3</sup>. The concentrations of <sup>222</sup>Rn in water-saturated zones of granites vary from 308 to 1521 Bq/dm<sup>3</sup>, while in the wells drilled into hornstones radon content varies within the range 37-241 Bq/dm<sup>3</sup>. The concentrations of <sup>238</sup>U and <sup>226</sup>Ra do not exceed 0.098 mg/dm<sup>3</sup> and 3.5·10<sup>-7</sup> mg/dm<sup>3</sup>, respectively.

**Key words:** radon waters, hydrogeochemistry, radon-222, uranium-238, radium-226, Zaeltovsky-Mochishche zone, Novosibirsk city, West Siberia.

Исследования по изучению содержания радона в природных водах ведутся достаточно широко многими научными коллективами в США, России, Болгарии, Германии, Испании, Италии, Венгрии, Китае, Турции, Иране и т. д. Концентрации радона в природных водах колеблются от 1 до 100000 Бк/дм<sup>3</sup> и более [2, 5, 7, 10, 16, 20-31, 34-36]. Наряду с районами с пониженными фоновыми концентрациями <sup>222</sup>Rn в водах имеются территории с весьма высокими, «ураганными» содержаниями. Такие регионы выявлены в Бразилии, Индии, Канаде, Турции и т.д. [24, 28]. В Иране известны родники с высокими концентрациями радона [22]. Повышенными фоновыми концентрациями радона характеризуются скандинавские страны. В России выявлены зоны с концентрацией радона в воде в 300-400 и более Бк/дм<sup>3</sup> [35]. Так, например, на Ильменском хребте (Южный Урал) имеются радоновые источники с высокой эманацией до 2000 Бк/дм<sup>3</sup> [2].

Новосибирск является единственным крупным городом России, где при широкомасштабных поисках на уран в Центральной Сибири, начатых еще в 1945 году СУ «Енисейстрой» МВД СССР, Березовской экспедицией было открыто урановое месторождение (Пригородное) [6, 19], и поэтому присутствие <sup>222</sup>Rn в подземных водах носит природный характер. Его содержания обусловлены наличием рассеянных радиоактивных минералов в гранитах и гранодиоритах крупного Новосибирского массива. Эти 12 проявлений радоновых вод в пределах Новосибирской агломерации являются наименее изученными в России (концентрации <sup>222</sup>Rn в которых варьируют от 2 до 25220 Бк/дм<sup>3</sup>), Зельцовско-Мочищенское не является исключением (рис. 1). В научной литературе приводятся лишь скудные сведения об их химическом составе и концентрациях радона [1, 4, 17], даже в обобщающих монографиях «Минеральные воды (лечебные, промышленные, энергетические)» [16] и «Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири (Новосибирская, Омская, Томская области)» [3].



Рис. 1. Местоположение Заельцовско-Мочищенского проявления радоновых вод в пределах Новосибирской городской агломерации:

1 – район исследования

Поисковые работы на радоновые воды проводились в 1960-1980-е годы гидрогеологами ПГО «Новосибирскгеология» Е.К. Вериго, Н.К. Ахмеджановой, Б.Л. Вrabий, Е.Г. Куксовой, Г.Т. Костенко, Н.А. Плаксиной, П.Л. Макидон, Л.Н. Косс, В.А. Жуковским, И.П. Карпинским и многими другими [1, 4, 17]. Заельцовско-Мочищенское проявление радоновых вод расположено в центральной части г. Новосибирска и приурочено к водообильным участкам северо-западной контактовой зоны крупного Новосибирского массива верхнепалеозойских гранитоидов, прорывающих здесь более древние породы инской серии верхнего девона – нижнего карбона. Палеозойские образования перекрыты рыхлыми четвертичными отложениями, мощностью до 50 м. Местами в пойме р. Оби они выходят на дневную поверхность. В гидрогеологическом разрезе исследуемой территории, как и в целом города Новосибирска можно выделить два водоносных комплекса [14, 18, 37]. Первый объединяет четвертичные отложения, а второй - породы палеозойского фундамента. Такие гидрогеологические условия широко развиты в прибортовых районах Западно-Сибирского артезианского бассейна [9, 11-13, 15, 32-33].

Радоновые воды Заельцовско-Мочищенской зоны являются нейтральными и слабощелочными (рН от 6,9 до 7,8), пресными с величиной общей минерали-

зации, варьирующей от 322 до 895 мг/дм<sup>3</sup>. По химическому типу (по классификации С.А. Щукарева) доминируют преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатные кальциево-натриевые воды (рис. 2, а). По содержанию радона (по классификации Н.И. Толстихина [16]) воды относятся к классам от очень слаборадоновых до сильнорадоновых с содержанием <sup>222</sup>Rn от 11 до 1521 Бк/дм<sup>3</sup> (рис. 2, б). Содержания <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra не превышают 0.098 мг/дм<sup>3</sup> и 3.5·10<sup>-7</sup> мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

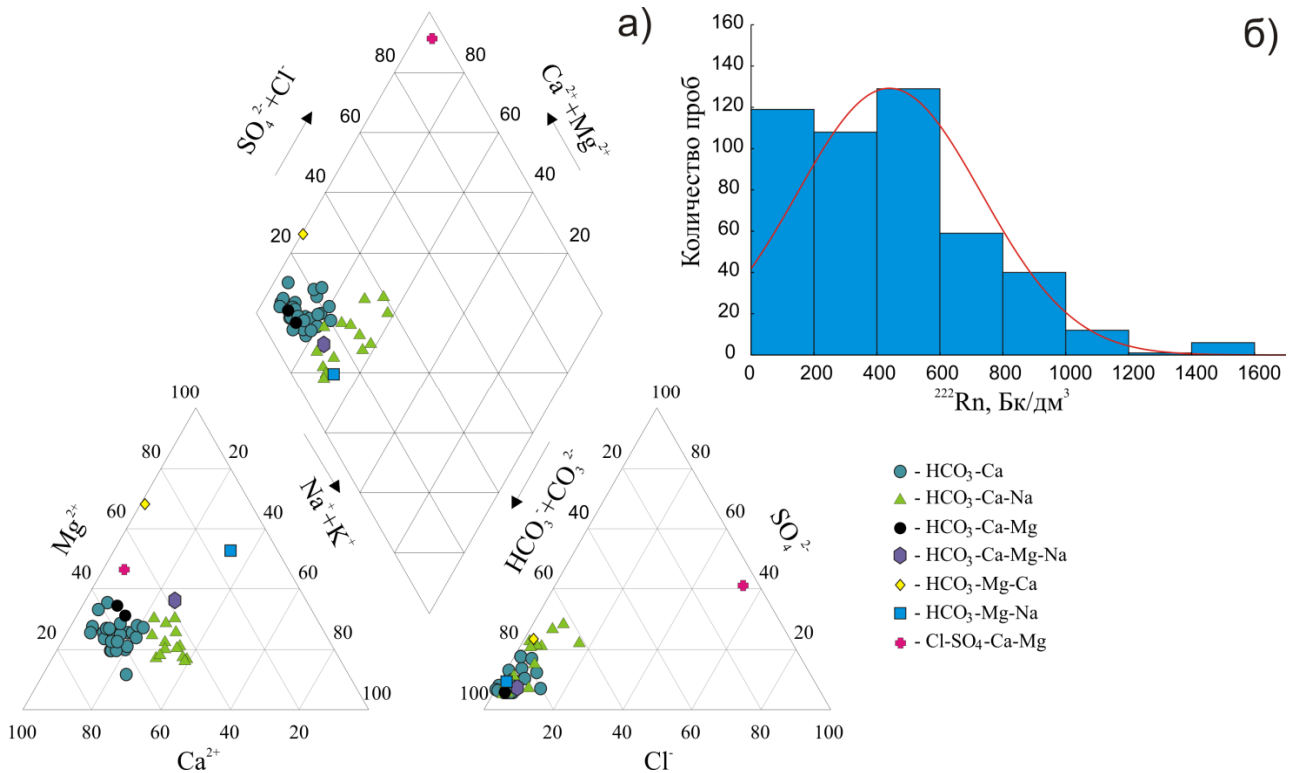


Рис. 2. Диаграмма Пайпера состава радоновых вод Заельцовско-Мочищенской зоны (а) и распределение в них радона (б)

Радоновые воды незначительно отличаются по своему химическому составу и содержанию основных макро- и микрокомпонентов. Формулы химического состава гидрокарбонатных кальциевых, кальциево-натриевых, кальциево-магниевых-натриевых и магниевых-кальциевых вод имеют следующий вид (в формуле М.Г. Курлова концентрация <sup>222</sup>Rn приведена в нКи/дм<sup>3</sup>):

$$Rn11,8M0,65 \frac{HCO_3^- 90Cl^- 5SO_4^{2-} 5}{Ca^{2+} 68(Na^+ + K^+) 19Mg^{2+} 13} pH6,9T6,7 - 7,3, (скв. 36)$$

$$Rn18,5M0,79 \frac{HCO_3^- 78SO_4^{2-} 18Cl^- 4}{Ca^{2+} 55(Na^+ + K^+) 33Mg^{2+} 12} pH7,2T6,9 - 7,5, (скв. 29)$$

$$Rn16,5M0,32 \frac{HCO_3^- 89Cl^- 9SO_4^{2-} 2}{Ca^{2+} 41Mg^{2+} 30(Na^+ + K^+) 29} pH7,6T7,2 - 8,3, (скв. 20)$$

$$Rn7,1M0,80 \frac{HCO_3^- 77SO_4^{2-} 18Cl^- 5}{Mg^{2+} 62Ca^{2+} 33(Na^+ + K^+) 5} pH7,2T6,9 - 7,0, (скв. 62)$$

В изученных водах наиболее тесная связь с общей минерализацией отмечается у суммы натрия и калия, кальция, гидрокарбонат-иона, сульфат-иона и хлорид-иона концентрации которых варьируют в интервалах 7-107, 28-160, 207-488, 3-126 и 4-100 мг/дм<sup>3</sup>. Выявлено, что содержания гидрокарбонат-иона начинают снижаться при величине общей минерализации радоновых вод около 750-800 мг/дм<sup>3</sup>. Это сопровождается закономерным ростом в анионном составе концентраций сульфат- и хлорид-ионов и сменой химического типа вод. Установленные особенности накопления основных солеобразующих компонентов четче проявляются в разных химических типах радоновых вод. Так, например, в гидрокарбонатных кальциевых водах содержание натрия составляет 7-56, кальция – 79-159 мг/дм<sup>3</sup>, тогда как в кальциево-натриевых изменяется в диапазоне 27-107 и 43-111 мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

Сравнительный анализ особенностей геохимии радоновых вод Заельцовско-Мочищенского проявления и ряда месторождений Алтая, Тувы, Италии и других регионов [7, 23, 26, 29, 35-36] показал, что каждое месторождение имеет свой уникальный спектр распределения основных макро- и микрокомпонентов. Помимо химического состава радоновые воды значительно отличаются по величине общей минерализации от ультрапресных и пресных в пределах Заельцовско-Мочищенской зоны в Новосибирске, Белокурихинского, Каменского, Рахмановского месторождений на Алтае и Шивелигского в Туве до соленых вод с величиной общей минерализации до 19,9 г/дм<sup>3</sup> на острове Джерба в Тунисе [35] и более. Установлено, что концентрации радона не зависят от химизма вод. В значительно большей степени она контролируется ее температурой, что связано с уменьшением растворимости газа с повышением ее температуры. Поскольку период полураспада <sup>222</sup>Rn в ряду урана-радия составляет 3,823 сут., миграция его на расстояние более первых десятков метров от источника эманации практически невозможна, что также сказывается на концентрациях радона в воде. Поэтому <sup>222</sup>Rn содержится в значимых количествах как в ультрапресных водах, пресных, так и в солоноватых и соленых. Таким образом, концентрация радона в водах не определяется их геохимическим типом и связана, прежде всего, с минералогическим составом (в акцессорной и рудной частях) водовмещающих пород, степенью дезинтеграции пород и наличием изотопных продуктов распада ряда урана-радия (эманлирующего коллектора). Это утверждение подтверждается ростом концентраций радона в скважинах по мере приближения к контакту между гранитами и роговиками (рис. 3, а). Так, если в скважине № 29 на расстоянии 25 метров его содержание составляет 686,1 Бк/дм<sup>3</sup>, то в скважине № 37 только 78 Бк/дм<sup>3</sup>. Выявлено закономерное снижение его содержания по мере роста концентраций в воде растворенного кислорода (рис. 3, б). Таким образом, чем дальше изучаемый объект от источника эманации (гранитов) тем ниже его концентрация.

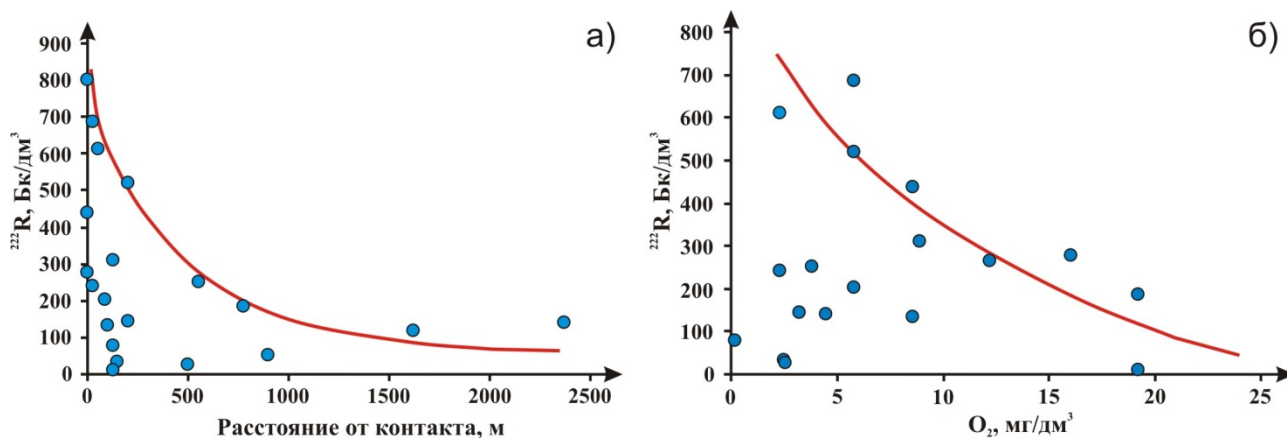


Рис. 3. Изменение концентрации радона в зависимости от расстояния скважины до контакта с гранитами (а) и содержания кислорода в воде (б)

Резюмируя вышесказанное можно сделать следующие выводы: 1) В гидрогеологическом отношении радоновые воды Заельцовско-Мочищенской зоны связаны с водоносными зонами верхнедевонско-нижнекаменноугольных глинистых сланцев и роговиков, а также верхнепалеозойских гранитов. Водообильность отложений изменяется в широких пределах, дебиты скважин составляют от 25 до 110 м<sup>3</sup>/сут. 2) Радоновые воды – трещинные, холодные с температурой 6-10 °С, залегают на глубинах 50-200 м. Воды по химическому составу (по классификации С.А. Щукарева) преимущественно гидрокарбонатного кальциевого и гидрокарбонатного кальциево-натриевого состава с величиной общей минерализации 322-895 мг/дм<sup>3</sup>. 3) Концентрации радона в воде варьируют в широких пределах от 11 до 1521 Бк/дм<sup>3</sup>, то есть по содержанию <sup>222</sup>Rn воды относятся к классам от очень слаборадоновых до сильнорадоновых, минеральным (по классификации Н.И. Толстихина). Содержания <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra не превышают 0.098 мг/дм<sup>3</sup> и 3.5·10<sup>-7</sup> мг/дм<sup>3</sup> соответственно. 4) Поскольку период полураспада <sup>222</sup>Rn в ряду урана-радия составляет 3,823 сут., миграция его на расстояние более первых десятков метров от источника эманиции практически невозможна, что также сказывается на концентрации радона в воде родников. Поэтому <sup>222</sup>Rn содержится в значимых количествах как в ультрапресных водах, пресных, так и в солоноватых. Таким образом, концентрация радона в водах не определяется их геохимическим типом и связана, прежде всего, с минералогическим составом (в аксессуарной и рудной частях) водовмещающих пород, степенью дезинтеграции пород и наличием изотопных продуктов распада ряда урана-радия (эманирующего коллектора).

*Исследования проводились при финансовой поддержке проекта ФНИ № 0331-2019-0025 «Геохимия, генезис и механизмы формирования состава подземных вод арктических районов осадочных бассейнов Сибири» и Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Новосибирской области в рамках научного проекта № 19-45-540004.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вериго Е.К., Быкова В.В., Гусев В.К. Заельцовское месторождение радоновых вод (Новосибирское Приобье) // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. – 1979. – Вып. 14. – С.47-51.
2. Гаврилкина С.В. Радоновые воды Ильменского хребта // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 8-1. – С. 55-57.
3. Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Том II Полезные ископаемые. / Под ред. Н.А. Рослякова, В.Г. Свиридова. – Новосибирск: НИЦ ОИГГМ, 1998. – 299 с.
4. Гусев В.К., Вериго Е.К. Радоновые воды Колывань-Томской складчатой зоны, их использование и охрана // Изменение природных условий под влиянием деятельности человека. – Новосибирск. – 1984. – С. 99-107.
5. Діденко П.І. Radon of ground waters of Ukraine // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2011. – № 3. – С. 123-128.
6. Долгушин А.П., Царук И.И. Урановорудный потенциал Центрально-Сибирского региона // Разведка и охрана недр. – 2015. – № 10. – С. 28-34.
7. Елисеев В.А. Радоновые азотно-термальные воды Алтая // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2010. – № 5. – С. 38-40.
8. Корнеева Т.В., Новиков Д.А. Механизмы накопления микроэлементов в радоновых водах Заельцовского месторождения (юг Западной Сибири) // Подземные воды Востока России: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России (XXII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием). – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. – С. 270-276.
9. Кох А.А., Новиков Д.А. Гидродинамические условия и вертикальная гидрогеохимическая зональность подземных вод в западной части Хатангского артезианского бассейна // Водные ресурсы. – 2014. – Т. 41. – № 4. – С.375-386.
10. Матвеев А.В., Стародубова А.П., Кудельский А.В., Айзберг Р.Е., Найденов И.В., Карабанов А.К., Капора М.С. Радон в природных и техногенных комплексах Беларуси // Литосфера. – 1996. – № 5. – С. 151-161.
11. Новиков Д.А. Геолого-гидрогеологические условия палеозойского фундамента Новопортовского нефтегазоконденсатного месторождения // Известия Вузов. Нефть и газ. – 2005. – № 5. – С.14-20.
12. Новиков Д.А., Сухорукова А.Ф. Гидрогеологические условия нефтегазоносных отложений Березовского нефтегазоносного района (Западная Сибирь) // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 2009. – № 5. – С. 45-56.
13. Новиков Д.А. Гидрогеологические предпосылки нефтегазоносности западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геодинамика и тектонофизика. – 2017. – Т. 8. – № 4. – С.881-901.
14. Новиков Д.А., Сухорукова А.Ф., Корнеева Т.В. Гидрогеология и гидрогеохимия Заельцовско-Мочищенского проявления радоновых вод (юг Западной Сибири) // Геодинамика и тектонофизика. – 2018. – Т. 9. – № 4. – С.1255-1274.
15. Новиков Д.А. Разведка месторождений нефти и газа в юрско-меловых отложениях полуострова Ямал на основе изучения водно-газовых равновесий // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 4. – С.16-21.
16. Посохов Е.В., Толстихин Н.И. Минеральные воды (лечебные, промышленные, энергетические). – Л.: Недра, 1977. – 240 с.
17. Росляков Н.А., Жмодик С.М., Пахомов В.Г. Естественные радионуклиды в геологической среде Новосибирской области // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы IV Международной конференции. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2013. – С. 461-464.

18. Сухорукова А.Ф., Новиков Д.А. Гидрогеология Заельцовско-Мочищенского проявления радоновых вод (г. Новосибирск) // Подземные воды Востока России: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России (XXII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием). – Новосибирск: ИПЦ НГУ. – 2018. – С. 473-480.
19. Царук И.И., Дундуков Н.Н. Основные вехи создания минерально-сырьевой базы урана России и Ближнего Зарубежья // Разведка и охрана недр. – 2015. – № 10. – С. 3-17.
20. Яфасов А.Я., Яфасов А.А. Радоновые поля на территории центральной Азии // АНРИ. – 2003. – № 3. – С. 13-17.
21. Alonso H., Cruz-Fuentes T., Rubiano J.G., González-Guerra J., Cabrera M.C., Arnedo M. A., Tejera A., Rodríguez-Gonzalez A., Pérez-Torrado F.J., Martel P. Radon in Groundwater of the Northeastern Gran Canaria Aquifer // Water. – 2015. – V. 7. – P. 2575-2590.
22. Beitollahi M., Ghiassi-Nejad M., Esmaeli A., Dunker R. Radiological studies in the hot spring region of Mahallat, central Iran // Radiat Prot Dosim. – 2007. – V. 123. – № 4. – P. 505-508.
23. Bertolo A., Bigliotto C. Radon concentration in waters of geothermal Euganean basin-Veneto, Italy // Radiat Prot Dosim. – 2004. – V. 111. – № 4. – P. 355-358.
24. Böhm C. Radon in Wasser–Überblick für den Kanton Graubünden // Jahresbericht Naturforschende Gesellschaft Graubünden. – 2002. – V. 111. – 49 p.
25. Chaudhuri H., Nisith K.D., Bhandari R.K., Sen P., Sinh B. Radon activity measurements around Bakreswar thermal springs // Radiat Meas. – 2010. – V. 45. – P. 143-146.
26. Duenas C., Fernandez M.C., Enraquez C., Carretero J., Liger E. Natural radioactivity levels in Andalusian spas // Water Res. – 1998. – V. 32. – № 8. – P. 2271-2278.
27. Eross A., Madl-Szonyi J., Surbeck H., Horvath A., Goldscheider N., Csoma A.E. Radionuclides as natural tracers for the characterization of fluids in regional discharge areas, Buda Thermal Karst, Hungary // J. Hydrol. – 2012. – V. 426-427. – P. 124-137.
28. Gurler O., Akar U., Kahraman A. Measurements of radon levels in thermal waters of Bursa, Turkey // Fresenius Environ Bull. – 2010. – V. 19. – P. 3013-3017.
29. Hoehn E., von Gunten H.R. Radon in Groundwater: A Tool to Assess Infiltration From Surface Waters to Aquifers // Water resources research. – 1989. – V. 25. – № 8. – P. 1795-1803.
30. Kamenova-Totzeva R.M., Kotova R.M., Tenev J.G., Totzev A.V., Badulin V.M. Natural radioactivity content in Bulgarian drinking waters and consequent dose estimation // Radiat Prot Dosimetry. – 2015. – V. 164. – № 3. – 402-7.
31. Kies A., Hengesch O., Tosheva Z., Nawrot A. P., Jania J. Overview on radon measurements in Arctic glacier waters // The Cryosphere Discuss. – 2015. – V. 9. – P. 2013-2052.
32. Novikov D.A., Sukhorukova A.F. Hydrogeology of petroleum deposits in the northwestern margin of the West Siberian Artesian Basin // Arabian Journal of Geosciences. – 2015. – V. 8. – № 10. – P. 8703-8719.
33. Novikov D.A. Hydrogeochemistry of the Arctic areas of Siberian petroleum basins // Petroleum Exploration and Development. – 2017. – Vol. 44. – № 5. – P. 780-788.
34. Santos T.O., Bonotto D.M.  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  and hydrochemistry in the Bauru Aquifer System, São José do Rio Preto (SP), Brazil // Applied Radiation and Isotopes. – 2014. – V. 86. – P. 109-117.
35. Telahigue T., Agoubi B., Souid F., Kharroubi A. Groundwater chemistry and radon-222 distribution in Jerba Island, Tunisia. J. // Journal of Environmental Radioactivity. – 2018. – № 182. – P. 74-84.
36. Voronov A. N. Radon-rich waters in Russia // Environmental Geology. – 2004. – V. 46. – P. 630-634.
37. Novikov D.A., Korneeva T.V. Microelements in Radon Waters of The Zaelsovsky field (The Southern Part of West Siberia) // Journal of Physics: Conf. Series. – 2019. – V. 1172. – 012096.

© Д. А. Новиков, А. С. Деркачев, А. Ф. Сухорукова, 2019