

## РАДИОНУКЛИДНЫЙ СОСТАВ ПРИРОДНЫХ ВОД НОВОСИБИРСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Д. А. Новиков<sup>1</sup>, А. С. Деркачев<sup>1</sup>, А. А. Максимова<sup>1</sup>, Ф. Ф. Дульцев<sup>1</sup>,  
А. А. Хвашевская<sup>2</sup>, А. Ф. Сухорукова<sup>1</sup>, А. В. Черных<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН

Новосибирск, Россия, NovikovDA@ipgg.sbras.ru

<sup>2</sup>Томский политехнический университет

Томск, Россия, unpc\_voda@mail.ru

## RADIONUCLIDES COMPOSITION OF THE NATURAL WATERS IN THE NOVOSIBIRSK AREA

D. A. Novikov<sup>1</sup>, A. S. Derkachev<sup>1</sup>, A. A. Maksimova<sup>1</sup>, F. F. Dultsev<sup>1</sup>,  
A. A. Khvashchenskaya<sup>2</sup>, A. F. Sukhorukova<sup>1</sup>, A. V. Chernykh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS

Novosibirsk, Russia, NovikovDA@ipgg.sbras.ru

<sup>2</sup>Tomsk Polytechnic University

Tomsk, Russia, unpc\_voda@mail.ru

Results of the studies of  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{222}\text{Rn}$  distribution in the natural waters of the Novosibirsk Area are presented. Dominating in chemical composition are  $\text{HCO}_3$  Mg–Ca,  $\text{HCO}_3$  Na–Mg–Ca and  $\text{SO}_4$ – $\text{HCO}_3$  Na–Mg–Ca waters with TDS 127 to 1568 mg/dm<sup>3</sup>, and silicon content 0.14 to 17.63 mg/dm<sup>3</sup>. These waters are characterized by pH from neutral to alkaline (6.6–9.5). The values of Eh vary from reductive –164.2 mV to oxidative +509.5 mV with dissolved oxygen content  $\text{O}_{2\text{dissolved}}$  within the range of 0.16–20.78 mg/dm<sup>3</sup>. The concentrations of natural radionuclides are (mg/dm<sup>3</sup>):  $^{238}\text{U}$  ( $2.70 \cdot 10^{-6}$ –6.5),  $^{232}\text{Th}$  ( $1.86 \cdot 10^{-7}$ – $2.16 \cdot 10^{-3}$ ),  $^{226}\text{Ra}$  ( $2.46 \cdot 10^{-10}$ – $3.7 \cdot 10^{-7}$ ). The activity of radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) varies within a broad range from 1 to 43764 Bq/dm<sup>3</sup>. The  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  ratio varies from  $2.63 \cdot 10^{-5}$  to 2.96. The nature of radioactivity of the studied waters is due mainly to uranium because the waters are characterized by the oxidative parameters of the geochemical medium, with maximum uranium concentrations in the scattering halo of the Prigorodnoe deposit.

### Введение

Россия является одной из законодательниц в изучении радионуклидного состава природных вод. В. И. Вернадскому в истории Академии наук принадлежит научное начинание по изучению радиоактивных элементов и организации поисков радиоактивных руд на ее территории. Вскоре после открытия радия М. Кюри-Складовской он едет за границу изучать новый элемент, а в 1909 году поднимает вопрос о поисках в России радиоактивных элементов и руд. Он основал в 1922 году Радиевый Институт и был первым его директором [15]. Таким образом, наравне с гидрогеохимией [4], возникло новое научное направление.  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  – три природных актиноида, сохранившиеся до наших дней в значительных количествах на планете, которые медленно трансформируются в стабильные изотопы свинца. При этом цепочки распада включают целый ряд нестабильных нуклидов. За единственным исключением все они являются нелетучими элементами. Этим исключением является радон, благородный газ, способный к активному перемещению в окружающей среде как путем диффузии, так и конвекции после выделения из матрицы твердого тела. В зависимости от геологических и гидрогеологических условий в различных

регионах Земли созданы природные условия для формирования широкого спектра фоновых концентраций радионуклидов.

На территории Новосибирской городской агломерации (НГА) и в ее окрестностях широко распространены радоновые воды. Распределение  $^{222}\text{Rn}$  обусловлено наличием рассеянных радиоактивных минералов в гранитоидных массивах, расположенных в изучаемом регионе. В 1980–90-е годы здесь открыто более десяти месторождений радоновых вод (Заельцовское, Южно-Колыванское, Станиславское и др.). Наибольший вклад в изучение гидрогеологических условий региона внесли И. П. Карпицкий, Е. К. Вериги, В. С. Кусковский, Г. Л. Самсонов, Н. К. Ахмеджанова, С. В. Шабанов, И. П. Карпинский, П. Л. Макидон, Т. В. Терехова, Е. П. Виценко, Б. Л. Вробиц, Н. Н. Бусоргина, М. Н. Козлова, В. П. Мочалов и многие другие. Как показали результаты геологоразведочных работ содержание радона в подземных водах НГА варьирует от 0,1 до 43764,6 Бк/дм<sup>3</sup>. Выявленные месторождения радоновых вод к настоящему времени крайне слабо описаны в научной литературе [2, 3, 5, 13, 14]. Последние сведения приводятся в работах [6–9, 11–12, 16–18].

В настоящей работе приводятся результаты обобщения архивных и новых данных по распре-

делению  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{222}\text{Rn}$  в природных водах НГА, распространенных в четвертичных, неогеновых, палеогеновых и верхнедевонско-нижнекаменноугольных отложениях, а также в верхнепалеозойских гранитах. Местоположение объектов, изученных во время полевых сезонов 2018–2020 гг. показано на рисунке 1.

### Фактический материал и методика исследований

Непосредственно на объектах было выполнено определение pH, Eh, температуры, содержания растворенного  $\text{O}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  с помощью оборудования

(Наппа HI9125, кислородомер АКПМ-1-02Л) и полевой гидрогеохимической лаборатории. Измерение содержаний  $^{222}\text{Rn}$  в водах проводилось на комплексе «Альфарад плюс» в лаборатории гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири ИНГГ СО РАН. Изучение химического состава вод проводилось методами титриметрии, ионной хроматографии, масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП), в ПНИЛ гидрогеохимии ИШПР ТПУ.

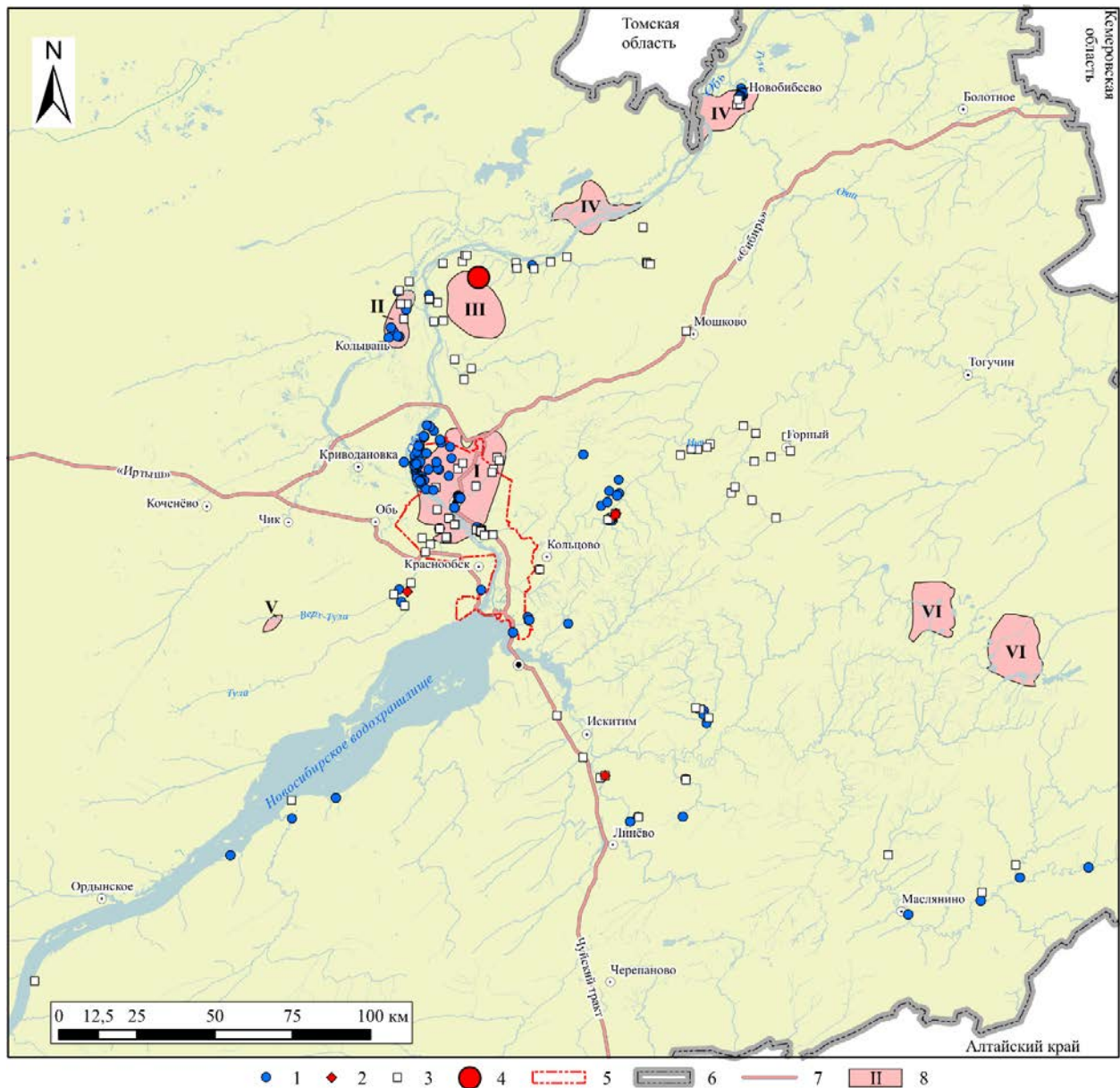


Рис. 1. Местоположение изученных объектов в пределах НГА и окрестностях

1–3: типы исследованных водупунктов: 1 – скважины; 2- источники; 3 – поверхностные воды; 4 – месторождение урана «Пригородное»; 5 – граница Новосибирска; 6 – граница Новосибирской области; 7 – федеральные трассы; 8 – гранитоидные массивы (I – Новосибирский; II – Колыванский; III–IV – Обской; V – Верхнечикский, VI – Порожнинская серия гранитоидных комплексов).

## Особенности гидрогеологического строения территории

В региональном масштабе изученная территория относится к западным краевым структурам Алтае-Саянской складчатой области (АССО): Колывань-Томской складчатой системе Обь-Зайсанской области герцинид и Салаирской складчатой зоне Алтае-Салаирской складчатой системы в пределах Алтае-Саянской области каледонид. Расположение исследуемой территории в зоне сочленения АССО и Западно-Сибирской плиты проявлено в гидрогеологическом районировании: территория разделена между Западно-Сибирским артезианским бассейном и Салаиро-Кузнецким гидрогеологическим районом, граница которых здесь примерно соответствует долине реки Обь [1]. В целом, характерно двухъярусное строение: палеозойский фундамент, прорванный верхнепалеозойскими интрузиями, в основном гранитоидного состава, перекрывается осадочным чехлом мезозойско-кайнозойского возраста. Соответственно, выделяется два гидрогеологических комплекса: палеозойского фундамента и рыхлых кайнозойских отложений. Их стратиграфическое наполнение изменяется на различных участках, однако принципиальные черты строения для всей области исследований сохраняются.

## Геохимия природных вод

Изученные объекты отличаются контрастными геологическими и гидрогеологическими условиями (гранитные массивы, осадочные породы с возрастом от неогена до кембрия). Было изучено две группы водопунктов: 1) подземные воды из скважин и источников и 2) поверхностные воды озер и рек. Причем в геохимическом плане объекты рассмотрены с учетом их геологического строения: в области распространения гранитоидов и в районах их отсутствия – развития разновозрастных осадочных пород.

**Районы распространения гранитоидов.** Подземные воды из скважин нецентрализованного водоснабжения характеризуются  $\text{HCO}_3$  Mg–Ca и  $\text{SO}_4$ – $\text{HCO}_3$  Na–Mg–Ca составом с величиной общей минерализации 139–1568 мг/дм<sup>3</sup> и содержанием кремния 0,89–15,06 мг/дм<sup>3</sup>. Геохимические параметры среды изменяются от восстановительных до окислительных с Eh –81,2 – +509,5 мВ, значения pH от нейтральных (6,6) до слабощелочных (8,5), содержание  $\text{O}_{2\text{раств}}$  1,12–11,43 мг/дм<sup>3</sup>. По средним геохимическим коэффициентам (Ca/Si 17,24; Mg/Si 3,78; Na/Si 4,20; Mg/Na 1,92; Si/Na 1,28; Ca/Na 8,31; Ca/Mg 5,67; rNa/rCl 3,02;  $\text{SO}_4/\text{Cl}$  2,95) можно отметить, что во вмещающих горных породах протекают процессы окисления сульфидов и присутствуют алюмосиликаты с повышенной долей кальция. Содержания радионуклидов составляют (мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 2):  $^{238}\text{U}$  от  $5,76 \cdot 10^{-6}$  до  $6,50$ ,  $^{232}\text{Th}$  от  $1,86 \cdot 10^{-7}$  до  $2,96 \cdot 10^{-4}$  и  $^{226}\text{Ra}$  от  $4,93 \cdot 10^{-10}$  до  $1,70 \cdot 10^{-8}$ . Отношение  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  варьирует в интер-

вале от  $2,63 \cdot 10^{-5}$  до 0,21, при среднем 0,01. Активность  $^{222}\text{Rn}$  изменяется в широких пределах от 1 до 43764 Бк/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 5061 Бк/дм<sup>3</sup>.

Поверхностные воды имеют тот же состав ( $\text{SO}_4$ – $\text{HCO}_3$  Na–Mg–Ca и  $\text{HCO}_3$  Mg–Ca). Величина общей минерализации изменяется в интервале 158–910 мг/дм<sup>3</sup>, а содержания кремния варьируют от 0,18 до 10,22 мг/дм<sup>3</sup>. Геохимические параметры среды отвечают окислительной обстановке со значениями Eh +88,7 – +344,0 мВ, pH от нейтральных (6,9) до слабощелочных (9,4) и концентрациями  $\text{O}_{2\text{раств}}$  3,49–20,28 мг/дм<sup>3</sup>. Величины средних геохимических коэффициентов составляют: Ca/Si 39,52; Mg/Si 16,13; Na/Si 21,84; Mg/Na 2,46; Si/Na 0,87; Ca/Na 16,79; Ca/Mg 5,30; rNa/rCl 3,50;  $\text{SO}_4/\text{Cl}$  4,76, что свидетельствует о росте антропогенной нагрузки на некоторые объекты. Этот процесс проявлен ростом относительных концентраций натрия в катионном составе вод. Содержания радионуклидов варьируют (мг/дм<sup>3</sup>):  $^{238}\text{U}$  от  $3,70 \cdot 10^{-4}$  до 1,21,  $^{232}\text{Th}$  от  $5,00 \cdot 10^{-7}$  до  $2,16 \cdot 10^{-3}$ . Отношение  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  изменяется в интервале от  $1,04 \cdot 10^{-4}$  до  $1,61 \cdot 10^{-2}$ , при среднем  $3,06 \cdot 10^{-3}$ . Активность  $^{222}\text{Rn}$  находится в широких пределах от 1 до 259 Бк/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 37 Бк/дм<sup>3</sup>.

**Районы развития разновозрастных осадочных пород.** Подземные воды характеризуются преимущественно  $\text{HCO}_3$  Na–Mg–Ca и  $\text{HCO}_3$  Mg–Ca составом с величиной общей минерализации, варьирующей от 127 до 973 мг/дм<sup>3</sup> и содержанием кремния 0,26–17,63 мг/дм<sup>3</sup>. Геохимические параметры среды изменяются от восстановительных до окислительных с Eh –164,3 – +442,1 мВ, значения pH нейтральные – слабощелочные (6,9–8,5), содержания  $\text{O}_{2\text{раств}}$  0,16–19,20 мг/дм<sup>3</sup>. Величины средних геохимических коэффициентов возрастают в сравнении с трещинно-жильными водами гранитоидов, описанными выше у Na/Si 5,16; rNa/rCl 7,98;  $\text{SO}_4/\text{Cl}$  4,28, снижаются у Ca/Si 16,97; Mg/Na 1,28; Si/Na 0,47; Ca/Na 6,26, сопоставимые величины отмечаются у Mg/Si 3,88; Ca/Mg 5,36, поэтому можно предположить, что накопление в растворе кальция и натрия связано с процессами взаимодействия вод с Ca- и Na-алюмосиликатами. Также, можно предполагать высокую роль карбонатных пород в обогащении вод кальцием. Содержания радионуклидов составляют (мг/дм<sup>3</sup>):  $^{238}\text{U}$  от  $2,70 \cdot 10^{-6}$  до  $9,80 \cdot 10^{-2}$ ,  $^{232}\text{Th}$  от  $2,13 \cdot 10^{-7}$  до  $5,57 \cdot 10^{-4}$  и  $^{226}\text{Ra}$  от  $1,30 \cdot 10^{-9}$  до  $6,76 \cdot 10^{-9}$ . Отношение  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  варьирует в интервале от  $8,08 \cdot 10^{-5}$  до 2,96, при среднем 0,17. Активность  $^{222}\text{Rn}$  изменяется в широких пределах от 1 до 686 Бк/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 122 Бк/дм<sup>3</sup>.

Особый интерес представляют воды из шести источников. Воды Святого источника, находящегося в селе Верх-Тула, являются фоновыми зоны региональной трещиноватости [10] и отвечают восстановительной обстановке с Eh от –64,0 до –27,8 мВ, pH 7,4–7,6 и  $\text{O}_{2\text{раств}}$  0,54–2,09 мг/дм<sup>3</sup>. Они характеризуются  $\text{HCO}_3$  Na–Mg–Ca составом с величиной общей минерали-



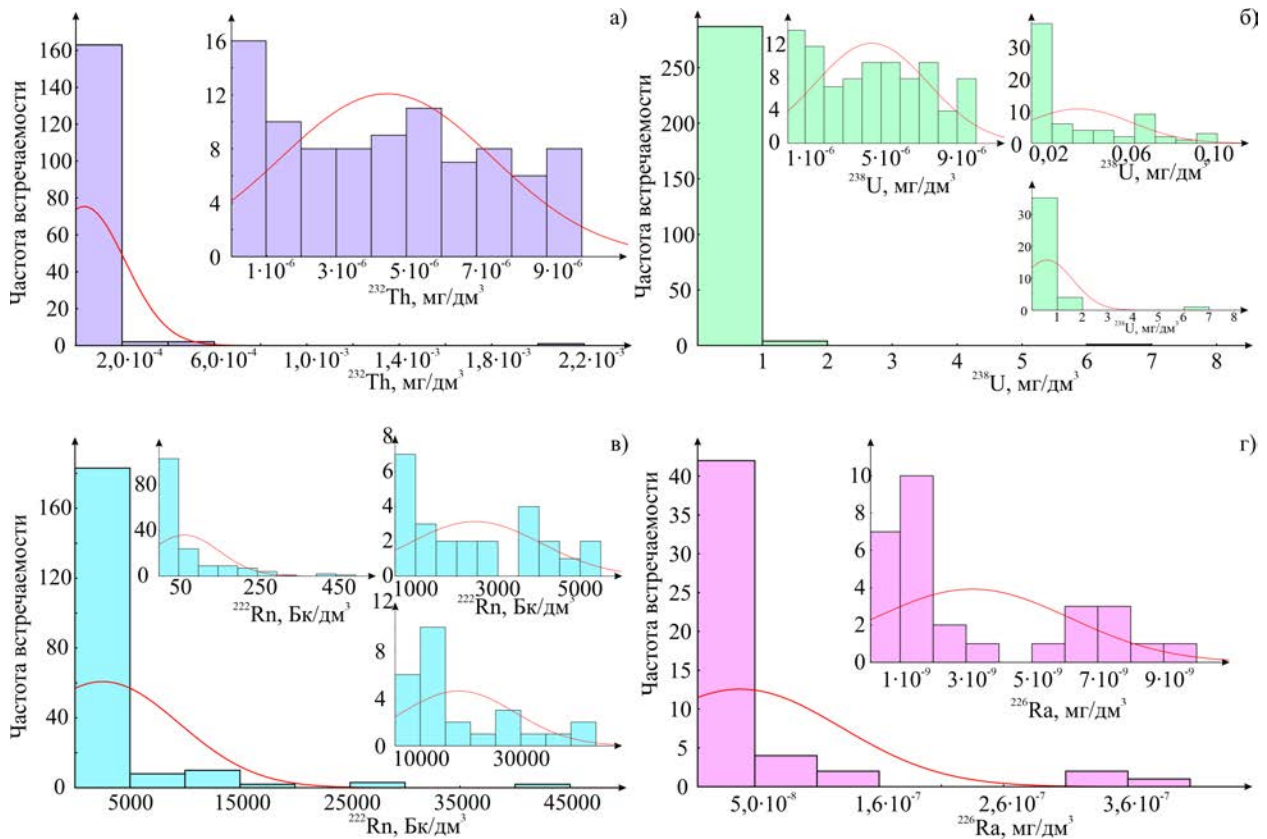


Рис. 2. Распределение тория (а), урана (б), радона (в) и радия (г) в природных водах НГА

зации 587–714 мг/дм<sup>3</sup> и содержанием кремния 4,07–7,04 мг/дм<sup>3</sup>. Средние геохимические коэффициенты для этого источника составляют: Ca/Si 16,24; Mg/Si 6,19; Na/Si 5,79; Mg/Na 1,03; Si/Na 0,18; Ca/Na 2,81; Ca/Mg 2,84; rNa/rCl 22,51; SO<sub>4</sub>/Cl 4,85. Воды Инских источников и Святого источника в поселке Ложок обладают окислительными параметрами среды (Eh +184,4 – +222,5 мВ), pH 7,1–8,4 и содержанием O<sub>2раств.</sub> 5,69–12,26 мг/дм<sup>3</sup>. Они HCO<sub>3</sub> Mg–Ca состава с величиной общей минерализации от 389 до 548 мг/дм<sup>3</sup> и содержанием кремния 4,14–8,61 мг/дм<sup>3</sup>. Средние значения геохимических коэффициентов возрастают у Mg/Na 2,29; Si/Na 0,94; Ca/Na 11,99; Ca/Mg 5,61 и снижаются у Ca/Si 13,46; Mg/Si 2,57; Na/Si 1,35; rNa/rCl 2,80; SO<sub>4</sub>/Cl 2,89. Содержания радионуклидов во всех источниках составляют (мг/дм<sup>3</sup>): <sup>238</sup>U от 2,83 · 10<sup>-3</sup> до 7,26 · 10<sup>-3</sup>, <sup>232</sup>Th от 3,01 · 10<sup>-7</sup> до 2,41 · 10<sup>-5</sup> и <sup>226</sup>Ra от 2,46 · 10<sup>-10</sup> до 4,93 · 10<sup>-10</sup>. Отношение <sup>232</sup>Th/<sup>238</sup>U варьирует в интервале от 6,38 · 10<sup>-5</sup> до 4,29 · 10<sup>-3</sup>, при среднем 1,85 · 10<sup>-3</sup>. Активность <sup>222</sup>Rn составляет 5–130 Бк/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 55 Бк/дм<sup>3</sup>.

Поверхностные воды характеризуются преимущественно HCO<sub>3</sub> Mg–Ca и HCO<sub>3</sub> Na–Mg–Ca составом с величиной общей минерализации, варьирующей от 149 до 1171 мг/дм<sup>3</sup> и содержанием кремния 0,14–12,67 мг/дм<sup>3</sup>. Условия отвечают геохимической окислительной среде со значениями Eh +44,6 – +280,0 мВ, pH от нейтральных (7,0) до щелочных (9,5), содержаниями O<sub>2раств.</sub> от 0,90 до 20,78 мг/дм<sup>3</sup>. Средние

значения практически всех геохимических коэффициентов возрастают относительно поверхностных вод описанных выше: Ca/Si 51,85; Mg/Si 20,57; Na/Si 51,54; Mg/Na 4,05; Si/Na 4,01; Ca/Na 33,07; rNa/rCl 6,90; SO<sub>4</sub>/Cl 5,35, снижается отношение Ca/Mg 4,25. Это указывает на большое разнообразие дренируемых пород и влияние процессов антропогенного загрязнения. Концентрации радионуклидов варьируют (мг/дм<sup>3</sup>): <sup>238</sup>U от 1,00 · 10<sup>-4</sup> до 5,48 · 10<sup>-2</sup>, <sup>232</sup>Th от 1,18 · 10<sup>-6</sup> до 4,47 · 10<sup>-4</sup>. Отношение <sup>232</sup>Th/<sup>238</sup>U изменяется от 5,63 · 10<sup>-4</sup> до 0,25, при среднем 0,01. Активность <sup>222</sup>Rn варьирует от 1 до 86 Бк/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 12 Бк/дм<sup>3</sup>.

### Заключение

Резюмируя вышесказанное необходимо отметить следующее. Природные воды Новосибирской городской агломерации крайне разнообразны по химическому составу, при доминировании HCO<sub>3</sub> Mg–Ca, HCO<sub>3</sub> Na–Mg–Ca и SO<sub>4</sub>–HCO<sub>3</sub> Na–Mg–Ca типов. Величина общей минерализации варьирует в широких пределах от 127 до 1568 мг/дм<sup>3</sup>, содержания кремния изменяются от 0,14 до 17,63 мг/дм<sup>3</sup>. Природные воды характеризуются pH от нейтральных до щелочных (6,6–9,5). Величины Eh варьируют от восстановительных –164,2 мВ до окислительных +509,5 мВ с содержанием O<sub>2раств.</sub> 0,16–20,78 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрации природных радионуклидов изменяются в большом интервале (мг/дм<sup>3</sup>): <sup>238</sup>U (2,70 · 10<sup>-6</sup> – 6,5), <sup>232</sup>Th

( $1,86 \cdot 10^{-7} - 2,16 \cdot 10^{-3}$ ),  $^{226}\text{Ra}$  ( $2,46 \cdot 10^{-10} - 3,7 \cdot 10^{-7}$ ). Активность радона ( $^{222}\text{Rn}$ ) варьирует от 1 до 43764 Бк/дм<sup>3</sup>.  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  отношение изменяется от  $2,63 \cdot 10^{-5}$  до 2,96. Природа радиоактивности изученных вод в основном связана с ураном, поскольку воды характеризуются окислительными параметрами геохимической среды. Максимальные концентрации урана, тория и радона отмечаются в водных ореолах рассеяния Пригородного месторождения урана. В Скалинском проявлении радоновых вод установлены мак-

симальные концентрации тория (до  $2,16 \cdot 10^{-3}$ ), что связано с проявлением ториевой минерализации во вмещающих породах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта ФНИ № 0331-2019-0025, РФФИ и Правительства Новосибирской области в рамках грантов № 19-45-540004, № 20-45-543004 и Государственного Задания РФ «Наука» в рамках проекта № FSWW-0022-2020.

## Литература

1. Бабин Г. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1000000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист №-44 – Новосибирск. Объяснительная записка / А. И. Черных, А. Г. Головина, С. В. Жигалов, С. С. Долгушин, Е. В. Ветров, Т. В. Кораблева, Н. А. Бодина, Н. А. Светлова, Г. С. Федосеев, А. П. Хилько, В. А. Епифанов, Ю. И. Лоскутов, И. Ю. Лоскутов, М. В. Михаревич, Е. А. Пихутин. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 392 с.
2. Вараксин Ю. Н. Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Том II. Полезные ископаемые. / Свиридов В. Г., Росляков Н. А., Афанасьев А. Т., Вавилихин Г. А., Васильев И. П., Виниченко В. И., Леонов А. Н., Марус А. И., Михантьева Л. С., Нестеренко Г. В., Самсонов Г. Л., Сердюк З. Я. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1998. – 254 с.
3. Вериго Е. К. Заельцовское месторождение радоновых вод (Новосибирское Приобье) / Быкова В. В., Гусев В. К. // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири, 1979. – Вып. 14. – С. 47–51.
4. Вернадский В. И. История минералов земной коры. История природных вод. – Л.: Госхимтехиздат, 1933. – Т. II. – Часть 1. – Вып. 1. – 202 с.
5. Гусев В. К. Радоновые воды Колывань-Томской складчатой зоны, их использование и охрана / Вериго Е. К. // Изменение природных условий под влиянием деятельности человека, 1984. – С. 99–107.
6. Корнеева Т. В., Формы миграции химических элементов в радоновых водах месторождения «Горводолечебница» (г. Новосибирск) / Новиков Д. А. // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН, 2020. – № 17. – С. 287–291.
7. Новиков Д. А. Гидрогеология и гидрогеохимия Заельцовско-Мочищенского проявления радоновых вод (юг Западной Сибири) / А. Ф. Сухорукова, Т. В. Корнеева // Геодинамика и тектонофизика, 2018. – Т. 9. – № 4. – С. 1255–1274.
8. Новиков Д. А. Гидрогеохимия Заельцовско-Мочищенского проявления радоновых вод / А. С. Деркачев, А. Ф. Сухорукова // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2019. – Т. 2. – № 1. – С. 125–132.
9. Новиков Д. А. Радионуклиды в природных водах Новосибирской городской агломерации / Дульцев Ф. Ф., Сухорукова А. Ф., Максимова А. А., Черных А. В., Деркачев А. С. // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Материалы четвертой Всероссийской научной конференции с международным участием. – Улан-Удэ, 2020. – С. 134–138.
10. Новиков Д. А. Изотопно-геохимические особенности проявления слабарадоновых вод «Инские источники» (юг Западной Сибири) / Копылова Ю. Г., Вакуленко Л. Г., Сухорукова А. Ф., Пыряев А. Н., Максимова А. А., Дульцев Ф. Ф., Черных А. В. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2021. – Т. 332. – № 3. – С. 135–145.
11. Новиков Д. А. Гидрогеология и гидрогеохимия Заельцовско-Мочищенского проявления радоновых вод (юг Западной Сибири) / Сухорукова А. Ф., Корнеева Т. В. // Геодинамика и тектонофизика, 2018. – Т. 9. – № 4. – С. 1255–1274.
12. Новиков Д. А. Гидрогеология и гидрогеохимия месторождения радоновых вод «Каменское» (г. Новосибирск) / Сухорукова А. Ф., Корнеева Т. В., Каменова-Тоцева Р. М., Максимова А. А., Деркачев А. С., Дульцев Ф. Ф., Черных А. В. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2021. – Т. 332. – № 4. – С. 192–208.
13. Посохов Е. В. Минеральные воды (лечебные, промышленные, энергетические) / Толстихин Н. И. – Ленинград: Изд-во Недр, 1977. – 240 с.
14. Росляков Н. А. Естественные радионуклиды в геологической среде Новосибирской области / Жмодик С. М., Пахомов В. Г. // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы IV Международной конференции. – Томск, 2013. – С. 461–464.
15. Ферсман А. Е. Избранные труды. – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1959. – Т. 5. – 858 с.

16. Novikov D. A. Microelements in radon waters of the Zaelsovsky field (the southern part of West Siberia) / T. V. Korneeva // Journal of Physics: Conference Series, 2019. – V. 1172. – № 012096.
17. Novikov D. A. Role of water-rock interactions in the formation of the composition of radon waters of the Zaelsovsky field (the southern part of West Siberia) / Dultsev F. F., Chernykh A. V. // Journal of Physics: Conference Series, 2020. – V. 1451. – Article 012007.
18. Novikov D. A. Hydrogeological conditions and hydrogeochemistry of radon waters in the Zaelsovsky-Mochishche zone of Novosibirsk, Russia / F. F. Dultsev, R. M. Kamenova-Totzeva, T. V. Korneeva // Environmental Earth Sciences, 2021. – V. 80. – № 216.

## ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ УРАНА И ТОРИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АРКТИЧЕСКОГО СЕКТОРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Д. А. Новиков<sup>1,2</sup>, Ю. Г. Копылова<sup>3</sup>, Ф. Ф. Дульцев<sup>1</sup>, Л. Г. Вакуленко<sup>1,2</sup>,  
А. А. Максимова<sup>1</sup>, А. А. Хвашевская<sup>3</sup>, П. А. Ян<sup>1,2</sup>, А. В. Черных<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН  
Новосибирск, Россия, NovikovDA@ipgg.sbras.ru

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет  
Новосибирск, Россия, NovikovDA@ipgg.sbras.ru

<sup>3</sup>Томский политехнический университет  
Томск, Россия, unpc\_voda@mail.ru

## THE FIRST DATA ON THE URANIUM AND THORIUM DISTRIBUTION IN THE GROUNDWATERS OF THE OIL-GAS- BEARING DEPOSITS IN THE ARCTIC PART OF WEST SIBERIA

D. A. Novikov<sup>1,2</sup>, Yu. G. Kopylova<sup>3</sup>, F. F. Dultsev<sup>1</sup>, L. G. Valulenko<sup>1,2</sup>,  
A. A. Maksimova<sup>1</sup>, A. A. Khvashchevskaya<sup>3</sup>, P. A. Yan<sup>1,2</sup>, A. V. Chernykh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS  
Novosibirsk, Russia, NovikovDA@ipgg.sbras.ru

<sup>2</sup>Novosibirsk State University  
Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Tomsk Polytechnic University  
Tomsk, Russia, unpc\_voda@mail.ru

The results studying the distribution of uranium and thorium in groundwaters of the oil-gas-bearing deposits of the Arctic regions of West Siberia are presented for the first data. The studied water is very diverse in chemical composition and TDS (from ultrafresh to weak brines). The concentration of radionuclides in waters are (mg/l):  $^{238}\text{U}$  ( $4.90 \cdot 10^{-7} - 5.14 \cdot 10^{-3}$ ),  $^{232}\text{Th}$  ( $1.90 \cdot 10^{-6} - 8.93 \cdot 10^{-3}$ ). The ratio of  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  is 0.07–93.1 and the maximum value is reached in waters of the valanginian aquifer. For waterproof horizons, the ratio of  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  is 1.82–5.23 with an average value of 3.56. The rocks of Bazhenov Formation, the nature of the radioactivity of which is associated with uranium, is characterized by the lowest values of  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U} = 0.07-1.71$ . The formation of the radionuclide composition of waters with high  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  ratios occurred in a reducing environment with the wide development of elisional processes, where thorium is capable of migration.

### Введение

Накопление фактических данных по гидрогеологии и гидрогеохимии нефтегазоносных отложений арктического сектора Западной Сибири ведется с начала геологоразведочных работ на нефть и газ. Результаты этих исследований приведены в работах О. В. Равдоникас, А. Э. Конторовича, Б. П. Ставицкого, Ю. Г. Зимина, Н. М. Кругликова, В. В. Нелюби-

на, О. Н. Яковлева, Г. А. Ивановой, Г. Д. Гинсбурга, И. Н. Ушатинского, В. М. Матусевича, А. А. Карцева, А. Р. Курчикова, С. Л. Шварцева, Д. А. Новикова и многих других исследователей начиная с 1960-х годов [2–15, 17].

Несмотря на 70-летний период изучения подземных вод нефтегазоносных отложений Западной Сибири до настоящего времени в научной литературе отсутствуют сведения об их радионуклидном