

*А. А. Максимова<sup>1,2\*</sup>, А. С. Деркачев<sup>1</sup>, А. А. Хващевская<sup>3</sup>*

## **Оценка качества родниковых вод Обь-Зайсанской складчатой области**

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

\* e-mail: rock.nastaya64@gmail.com

**Аннотация.** Настоящая работа посвящена гидрохимическим исследованиям и оценке качества родниковых вод Обь-Зайсанской складчатой области (восточные районы Новосибирской области). Установлено, что воды преимущественно  $\text{HCO}_3$  Mg-Ca состава с величиной общей минерализации 320 – 1049 мг/дм<sup>3</sup>. Геохимические условия среды отвечают как восстановительной, так и окислительной обстановке с Eh -92 – +281 мВ, pH 7,1 – 8,3 и содержанием  $\text{O}_{2\text{раств}}$  0,52 – 10,72 мг/дм<sup>3</sup>. Установлены превышения предельных допустимых концентраций по  $\text{NO}_3$ , Be, Al, Mn, Fe, As и U в 2; 1,5; 3; 5; 4; 1,7 и 2,5 раза соответственно. Повышенные содержания в родниковых водах Be, Al, Mn, Fe и U связаны с водовмещающими породами, а  $\text{NO}_3$  и As, вероятно, с антропогенным загрязнением. Расчет индексов загрязнения показал, что ряд родников Новосибирского и Искитимского районов в изучаемом регионе характеризуется низким качеством по параметру RSBC.

**Ключевые слова:** родниковые воды, оценка качества, Обь-Зайсанская складчатая область

*A. A. Maksimova<sup>1,2\*</sup>, A. S. Derkachev<sup>1</sup>, A. A. Khvachshevskaya<sup>3</sup>*

## **Assessment of the quality of spring waters in the Ob-Zaisan folded region**

<sup>1</sup>Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk; Russia

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

<sup>3</sup>National Research Tomsk Polytechnic University

\* e-mail: rock.nastaya64@gmail.com

**Abstract.** This work is devoted to hydrochemical studies and assessment of the quality of spring waters in the Ob-Zaisan folded region. It has been established that the waters have a predominantly  $\text{HCO}_3$  Mg-Ca composition with a total mineralization value of 320 – 1049 mg/dm<sup>3</sup>. Geochemical environmental conditions correspond to both reducing and oxidizing conditions with Eh -92 – +281 mV, pH 7.1 – 8.3 and  $\text{O}_2$  dissolved content. 0.52 – 10.72 mg/dm<sup>3</sup>. The maximum permissible concentrations for  $\text{NO}_3$ , Be, Al, Mn, Fe, As and U were found to be exceeded by 2; 1.5; 3; 5; 4; 1.7 and 2.5 times respectively. Elevated contents of Be, Al, Mn, Fe and U in spring waters are associated with the host rocks, and  $\text{NO}_3$  and As are probably due to anthropogenic pollution. Based on the calculated pollution indices, it was established that some waters in the Novosibirsk and Iskitim districts of the Novosibirsk region are of low quality according to the RSBC parameter.

**Keywords:** spring waters, quality assessment, Ob-Zaisan folded region.

## *Введение*

Исследование родников является важной частью изучения гидрогеологических условий любого региона. Анализ вод родников дополняет информацию по скважинами или заменяет ее в регионах, где не проводились буровые работы. Являясь очагами естественной разгрузки подземных вод на дневной поверхности, эти источники могут давать важную информацию как о гидрогеохимических, так и о гидродинамических условиях водоносных горизонтов, которые они дренируют. Настоящее исследование продолжает серию работ по изучению гидрохимического состава природных вод [1-6] и посвящена исследованию качества вод родников центральной части Обь-Зайсанской складчатой области, которая в административном плане соответствует востоку Новосибирской области (НСО) (рис. 1).

Территория исследований с геологической точки зрения имеет весьма сложное строение: различные по составу и генезису породы складчатого фундамента раннедевонско-раннетриасового возраста перекрыты чехлом рыхлых кайнозойских отложений. Также, широкое распространение получили гранитоиды Приобского и Барлакского комплексов, для которых характерны повышенные содержания радионуклидов: U, Th, Rn [7]. С другой стороны, на востоке НСО расположена крупнейшая в Сибири Новосибирская городская агломерация с населением более 2 млн. человек, поэтому антропогенная нагрузка на территорию весьма высока, а ее характер и интенсивность распределены неравномерно. Среди потенциальных источников антропогенного загрязнения подземных вод можно выделить предприятия аграрного и промышленно-энергетического комплекса, сельскохозяйственные угодья и садовые товарищества. В силу наличия развитой дорожной сети все исследованные родники доступны для населения, поэтому их воды могут использоваться в хозяйственных и питьевых целях, кроме того часть источников каптирована и является популярными туристическими объектами. Зачастую оценка качества вод родников не выполняется, или выполняется в исключительных случаях, поэтому выполнение настоящей работы позволит получить новые и актуализировать имеющиеся данные о химическом составе и качестве вод родников. Таким образом, актуальность настоящих исследований обусловлена недостаточной изученностью химизма вод родников в условиях возможного снижения их качества под влиянием природных и антропогенных факторов.

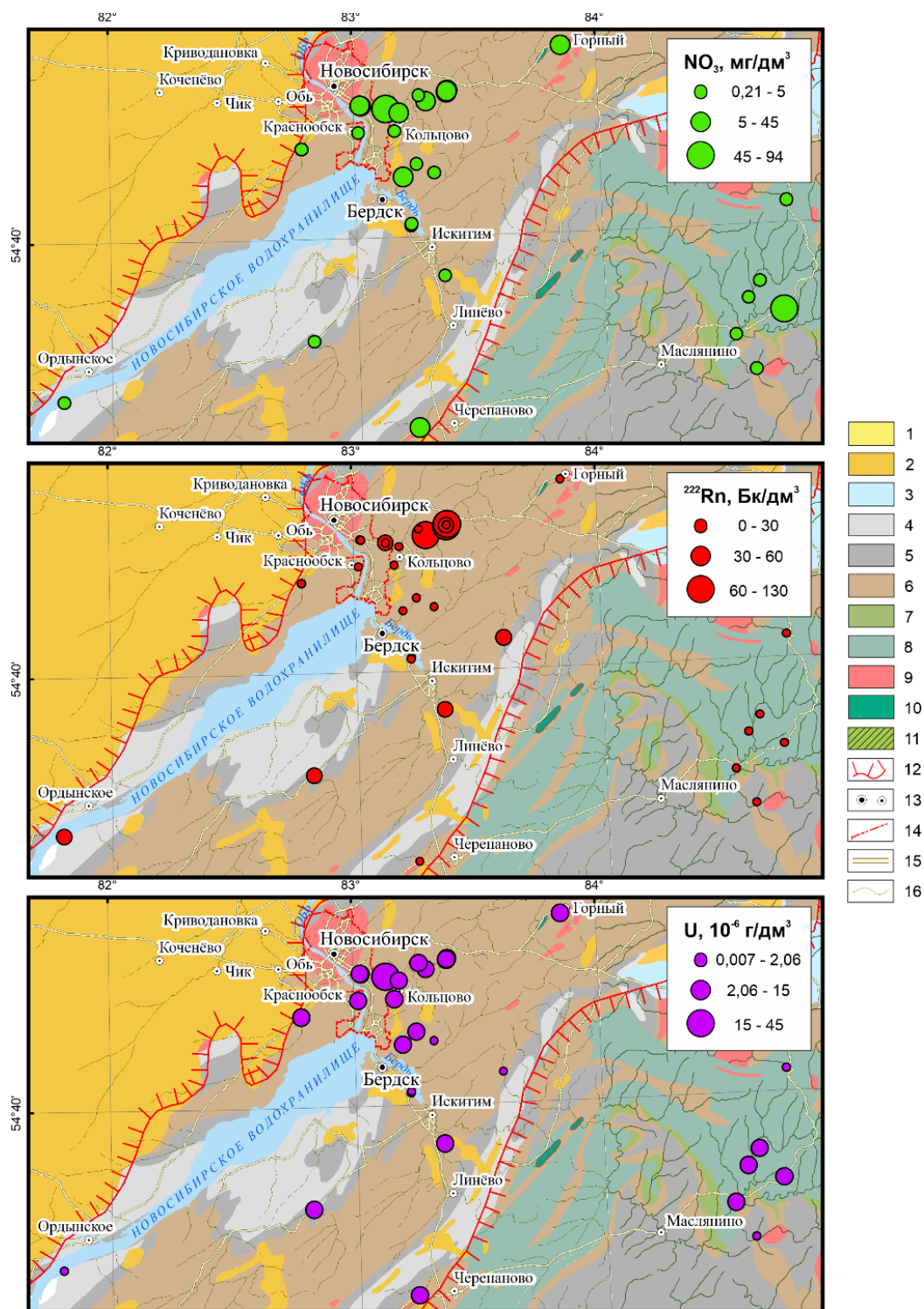


Рис. 1. Карты-схемы распределения микрокомпонентов в родниковых водах, превышающих ПДК

Условные обозначения: возраст отложений: 1 – четвертичный; 2 – неоген-палеогеновый; 3 – юрского; 4 – каменноугольный; 5 – коменноугольно-девонский; 6 – девонский; 7 – ордовикский; 8 – кембрийский; 9 – гранитоиды разновозрастные; 10 – среднедевонские габбро; 11 – среднедевонские долериты; 12 – границы Обь-Зайсанской складчатой области; 13 – населенные пункты; 14 – граница г. Новосибирск; 15 – дорожная сеть; 16 – речная сеть.

## *Материалы и методы*

В работе представлены результаты химико-аналитических исследований 42 проб родниковых вод Обь-Зайсанской складчатой области, отобранных во время экспедиционных работ 2019 – 2023 гг. Непосредственно на объектах было выполнено определение рН, Eh, температуры, содержания растворенного O<sub>2</sub>, с помощью оборудования (мультипараметровый измеритель рН/ОВП/проводимости Hanna HI98195 и оксиметр Hanna HI98198) и полевой гидрогеохимической лаборатории. Измерение содержаний радона в природных водах проводилось на комплексе «Альфарад плюс» в лаборатории гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири ИНГГ СО РАН. Последующее лабораторное изучение химического состава методами титриметрии, ионной хроматографии, масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, проводилось в ПНИЛ гидрогеохимии ИШПР ТПУ (аналитики О.В. Чеботарева, Н.В. Бублий, А.С. Погуца, В.В. Куровская, К.Б. Кривцова, Л.А. Ракул).

Оценка токсикологических особенностей вод проводилась с использованием действующих нормативных документов: СанПиН 2.1.3684-21, ГОСТ Р 58573-2019, и рекомендаций Всемирной организации по здравоохранению [8-10]. В работе проведена оценка качества родниковых вод по следующим коэффициентам PS – указывает на потенциальную соленость вод, SAR – коэффициент адсорбции натрия, SP – процент-эквивалентное содержание натрия, который уменьшает проницаемость почв, что приводит к ухудшению циркуляции воздуха и воды, RSC – коэффициент, который показывает остаточное содержание карбоната натрия в водах, RSBC – применяется для расчета остатка бикарбоната натрия, по которому можно разделить воды на три группы по качеству; MAR – с помощью данного параметра можно оценить влияние вод на почвенный покров при орошении, а также их питьевые качества; KR – коэффициент Келли, показывающий пригодность вод для питьевых целей; PI – индекс водопроницаемости, показывает риск засоления; CR – коэффициент коррозии [11-16].

## *Результаты и обсуждение*

Родниковые воды изучены в г. Новосибирске, Новосибирском, Искитимском, Маслянинском, Черепановском, Ордынском и Тогучинском районах. Так, в родниках города Новосибирска установлены высокие содержания хлоридов до (46 мг/дм<sup>3</sup>) и сульфатов (до 121 мг/дм<sup>3</sup>), что позволяет отнести данные воды к Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> Ca-Mg с величиной общей минерализации 743–1049 мг/дм<sup>3</sup>. Установлены значения, превышающие предельные допустимые концентрации (ПДК), у NO<sub>3</sub> (90–94 мг/дм<sup>3</sup>), Fe (0,32 мг/дм<sup>3</sup>) и U (0,031–0,046 мг/дм<sup>3</sup>) (см. рис. 1). Несмотря на то, что выявлены превышения ПДК некоторых элементов, по рассчитанным коэффициентам загрязнения не установлено никаких отклонений (табл. 1, рис. 2 б).

Воды Новосибирского района преимущественно HCO<sub>3</sub> Ca-Mg состава с величиной общей минерализации 389–714 мг/дм<sup>3</sup>. В трех пробах установлено повышенное содержание сульфатов, что позволяет включить данный анион в хи-

мический тип вод. В двух пробах, а именно в д. Издревая и с. Барышево, установлены значения, превышающие ПДК по алюминию, которые составляют 0,19 и 0,76 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Также выявлены высокие содержания марганца и железа в среднем превышающие ПДК в 4 и 3 раза соответственно (рис. 2 а). По всем коэффициентам загрязнения воды отвечают хорошему качеству, кроме значений RSBC (рис. 2 б) для пяти проб из Святого источника в селе Верх-Тула. Данные величины изменяются от 3,21 до 4,40, что указывает на воды низкого качества.

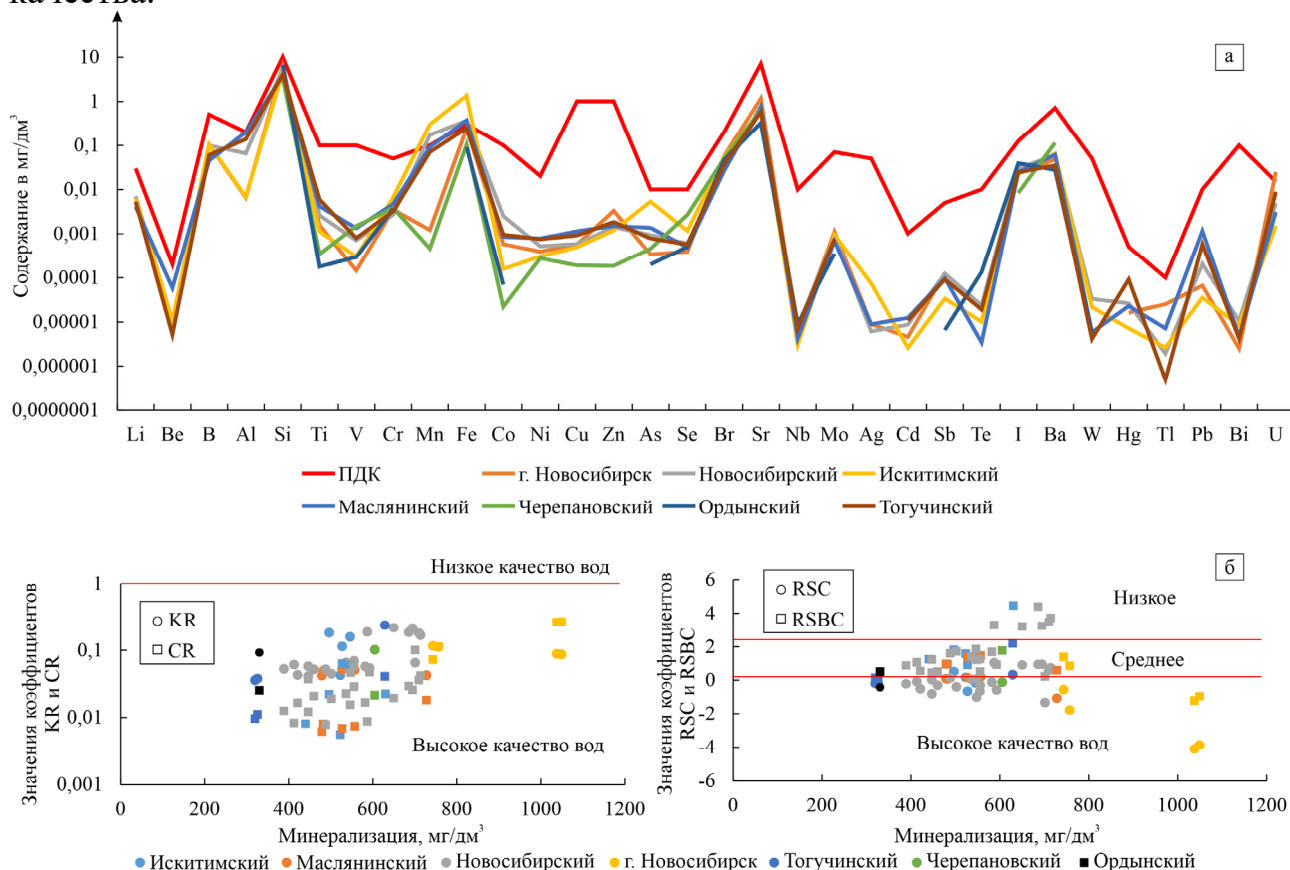


Рис. 2. Сравнение содержаний микрокомпонентов в родниковых водах с ПДК (а), коэффициенты загрязнения (б)

Родниковые воды Искитимского района в основном характеризуются HCO<sub>3</sub> Ca-Mg составом с величиной общей минерализации 441–630 мг/дм<sup>3</sup>. В родниковых водах СНТ Березка установлено большое количество сульфатов 40–45 мг/дм<sup>3</sup>, марганца 0,95 мг/дм<sup>3</sup>, железа 4,75 мг/дм<sup>3</sup> и мышьяка 0,017 мг/дм<sup>3</sup>. По всем коэффициентам загрязнения воды отвечают хорошему качеству, кроме значений RSBC (рис. 2 б) для пробы в д. Горевка, где значения достигают 4,47, что указывает на воды низкого качества.

Воды Маслянинского и Черепановского районов отвечают HCO<sub>3</sub> Mg-Ca составу с величиной общей минерализации 479–728 мг/дм<sup>3</sup>. В родниковых водах села Суенга установлены высокие значения Be (0,0003 мг/дм<sup>3</sup>), Al (0,94 мг/дм<sup>3</sup>), Mn (0,24 мг/дм<sup>3</sup>). Воды Тогучинского и Ордынского районов характеризуются

преимущественно  $\text{HCO}_3$  Ca-Mg составом с величиной общей минерализации 320–330 мг/дм<sup>3</sup>. Несмотря на то, что выявлены превышения ПДК у некоторых элементов, по рассчитанным коэффициентам загрязнения не установлено никаких отклонений.

*Таблица 1*

Средние величины коэффициентов загрязнения родниковых вод

район НСО	SAR	SP	MAR	KR	PI	CR	PS	RSC	RSBC	Количество проб
г. Новосибирск	0,5	1,3	24	0,10	34	0,18	1,8	-2,58	0,02	4
Новосибирский	0,3	1,7	27	0,09	44	0,03	0,3	-0,04	1,75	22
Искитимский	0,6	1,6	27	0,19	51	0,03	0,4	0,41	1,91	6
Маслянинский	0,2	1,5	18	0,05	42	0,01	0,1	-0,11	1,07	5
Черепановский	0,4	0,9	27	0,10	43	0,02	0,4	-0,11	1,78	1
Ордынский	0,3	3,9	24	0,09	52	0,03	0,4	-0,42	0,51	1
Тогучинский	0,4	3,5	15	0,10	51	0,02	0,4	-0,01	0,82	3

### ***Заключение***

Таким образом, во всех районах области, а также в г. Новосибирске выявлены превышения ПДК по некоторым элементам. Содержания марганца, железа и урана в большинстве проб превышают предельные допустимые концентрации, это связано с повышенными содержаниями данных элементов в породах. Так, высокое содержание урана приурочено к гранитоидным массивам, развитым в Новосибирском, Маслянинском и Тогучинском районах, а марганец и железо повсеместно распространены в доюрских отложениях. Превышения по алюминию и бериллию единичны и встречаются только в родниках с. Суенга и также связаны с водовмещающими породами. Высокие содержания нитратов и сульфатов указывают на антропогенное загрязнение путем сельскохозяйственной деятельности. Для оценки качества подземных вод использованы индексы PS, SAR, SP, RSC, MAR, KR, PI, CR. Только по индексу RSBC некоторые родниковые воды Новосибирского и Искитимского районов относятся к водам низкого качества.

### ***Благодарности***

Полевые работы по изучению родников выполнены при финансовой поддержке проектов Министерства науки и высшего образования РФ №№ FWZZ-2022-0014, FSWW-2023-0008, аналитические работы по изучению их химического состава – при поддержке проекта № 22-17-20029 Российского научного фонда и Правительства Новосибирской области.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Черных А.В., Новиков Д.А., Максимова А.А., Дульцев Ф.Ф., Деркачев А.С. Микрокомпоненты в природных водах Новосибирской городской агломерации: распределение, фон, аномалии // Химия в интересах устойчивого развития. – 2023. – Т. 31. – № 4. – С. 465-476.

2. Novikov D.A., Kopylova Yu.G., Pyryaev A.N., Maksimova A.A., Derkachev A.S., Sukhorukova A.F., Dultsev F.F., Chernykh A.V., Khvashchevskaya A.A., Kalinkin P.N., Petrozhitsky A.V. Radon-rich waters of the Tulinka aquifers, Novosibirsk, Russia // *Groundwater for Sustainable Development*. – 2023. – Т. 20. – С. 1-11.

3. Новиков Д.А., Копылова Ю.Г., Сухорукова А.Ф., Вакуленко Л.Г., Пыряев А.Н., Максимова А.А., Деркачев А.С., Фаге А.Н., Хвощевская А.А., Дульцев Ф.Ф., Черных А.В., Мельгунов М.С., Калинин П.Н., Растигеев С.А. Об открытии слаборадоновых вод – Инские источники // *Геология и геофизика*. – 2022. – Т. 63. – № 12. – С. 1714-1732.

4. Novikov D.A., Dultsev F.F., Sukhorukova A.F., Maksimova A.A., Chernykh A.V., Derkachyov A.S. Monitoring of radionuclides in the natural waters of Novosibirsk, Russia // *Groundwater for Sustainable Development*. – 2021. – Т. 15. – С. 1-8.

5. Максимова А.А., Черных А.В., Новиков Д.А., Дульцев Ф.Ф., Деркачев А.С., Сухорукова А.Ф., Никитенков А.Н., Хвощевская А.А. Токсичные элементы в подземных водах северных районов Обь-Зайсанской складчатой области // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2023. – Т. 334. – № 5. – С. 17-26.

6. Novikov D.A., Dultsev F.F., Maximova A.A., Derkachyov A.S., Chernykh A.V. Hydrogeological conditions and hydrogeochemistry of the Kamenskoye hydro-radon occurrence, Novosibirsk, Russia // *Geochemistry*. – 2023. – V. 83. – Is. 4. – Article 126016.

7. 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*. – 2024. – №1 (56). – С.110-121.

8. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (с изменениями на 26 июня 2021 года). – М.: Государственная дума РФ, 2021. – 65 с.

9. ГОСТ Р 58573-2019. Охрана природы. Гидросфера. Качество воды. Риск-ориентированный контроль. – М.: Стандартинформ, 2010. – 18 с.

10. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. – Geneva: World Health Organization, 2017. – 631 p.

11. Camberato J. Irrigation water quality // USA: Turfgrass Program, Clemson University. – 2011. 10 p.

12. Khan T.A., Abbasi M.A. Synthesis of parameters used to check the suitability of water for irrigation purposes // *Int J Environ Sci*. – 2013. – №3 (6). – pp. 2031–2038.

13. Bauder T.A., Waskom R.M., Sutherland P.L, Davis J.G. Irrigation water quality criteria / USA: Colorado State University Extension Report, 2013. – 306 p.

14. Bashir E., Huda S.N., Naseem S., Hamza S., Kaleem M. Geochemistry and quality parameters of dug and tube well water of Khipro, District Sanghar, Sindh, Pakistan // *Appl Water Sci*. – 2017. – №7. – pp. 1645–1655.

15. Kaur T., Bhardwaj R., Arora S. Assessment of groundwater quality for drinking and irrigation purposes using hydrochemical studies in Malwa region, southwestern part of Punjab, India // *Appl Water Sci*. – 2017. – №7. – pp. 3301–3316.

16. Ganiyu S.A., Badmus B.S., Olurin O.T., Ojekunle Z.O. Evaluation of seasonal variation of water quality using multivariate statistical analysis and irrigation parameter indices in Ajakanga area, Ibadan, Nigeria // *Appl Water Sci*. – 2018. – №8 (35). – 15p.

© А. А. Максимова, А. С. Деркачев, А. А. Хвощевская, 2024