



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2026. Т. 26, вып. 2. С. 126–138

Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2026, vol. 26, iss. 2, pp. 126–138

<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2026-26-2-126-138>, EDN: BUDHDZ

Научная статья

УДК 661.471.64



Ценные компоненты минерализованных вод Чеченской Республики: перспективы извлечения

М. Ш. Минцаев¹, А. В. Лужецкий¹, А. А. Шаипов¹, М. Г. Зиминая², Т. Ю. Русанова²,
М. Н. Басханова¹, Д. Г. Черкасов² 

¹Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова, Россия, Чеченская Республика, 364051, г. Грозный, пр-т им. Х. А. Исаева, д. 100

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Минцаев Магомед Шавалович, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, ректор, ranas@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8388-4862>

Лужецкий Андрей Вячеславович, кандидат технических наук, руководитель ПИШ «РосГеоТех», luzhetskiy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0145-3509>

Шаипов Арби Ахамдиевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной геологии, a.shaipov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8376-7105>

Зиминая Марина Геннадьевна, руководитель центра «Газпромнефть-СГУ», emzimsar@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-1268-7921>

Русанова Татьяна Юрьевна, доктор химических наук, доцент, заведующий кафедрой аналитической химии и химической экологии Института химии, tatyanaarys@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5902-3707>

Басханова Марьям Назарбековна, кандидат химических наук, заведующая исследовательской лабораторией грунтов и экологического мониторинга НТЦКП «Недра», marema@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7873-1207>

Черкасов Дмитрий Геннадиевич, доктор химических наук, профессор кафедры общей и неорганической химии Института химии, dgcherkasov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6862-1917>

Аннотация. Цель исследования состояла в оценке возможности использования подземных вод Чеченской Республики для извлечения ценных элементов и их соединений на основе анализа полученных составов минерализованных вод. Предварительно проведен литературный обзор важнейших физико-химических свойств лития, стронция, брома, иода, бора и их важнейших соединений, способов их получения, нахождения в природе (в том числе в гидроминеральном сырье), методов извлечения из различных источников, включая минерализованные воды. Установлены физико-химические свойства и определен химический состав 22 образцов, большая часть которых была предоставлена из обводненных нефтяных скважин с территории Чеченской Республики. Найдены значения кислотности, плотности, сухого остатка, определены концентрации катионов лития, натрия, калия, кальция, магния, железа, гидрокарбонат-, хлорид-, сульфат-, иод- и бромид-ионов, содержание бора, установлен тип воды по В. А. Сулину. На основе анализа полученных экспериментальных данных выявлены шесть наиболее перспективных образцов, в которых найдены концентрации иода, брома и лития выше установленных минимальных концентраций для промышленного извлечения. Наибольший интерес для дальнейшего изучения и использования представляли три образца с содержанием иодид-ионов в интервале 36–42 мг/л, что существенно выше средних значений по содержанию этого элемента в минерализованных водах. Проведен обзор химико-технологических решений для извлечения соединений ценных элементов на основе литературных данных и анализа изученных составов минерализованных вод.

Ключевые слова: химический состав, обводненные нефтяные скважины (залези), гидроминеральное сырье, ценные компоненты, литий, бром, иод, бор

Для цитирования: Минцаев М. Ш., Лужецкий А. В., Шаипов А. А., Зиминая М. Г., Русанова Т. Ю., Басханова М. Н., Черкасов Д. Г. Ценные компоненты минерализованных вод Чеченской Республики: перспективы извлечения // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2026. Т. 26, вып. 2. С. 126–138. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2026-26-2-126-138>, EDN: BUDHDZ
Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Valuable components of mineralized waters of the Chechen Republic: Extraction prospects

M. Sh. Mintsaev¹, A. V. Luzhetsky¹, A. A. Shaipov¹, M. G. Zimina², T. Yu. Rusanova², M. N. Baskhanova¹, D. G. Cherkasov² 

¹Grozny State Petroleum Technological University, 100 Ave. named after Kh. A. Isaev, Grozny 364051, Chechen Republic, Russia

²Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

© Минцаев М. Ш., Лужецкий А. В., Шаипов А. А., Зиминая М. Г.,
Русанова Т. Ю., Басханова М. Н., Черкасов Д. Г., 2026



Magomed Sh. Mintsaeв, ranas@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8388-4862>

Andrey V. Luzhetsky, luzhetskiy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0145-3509>

Arbi A. Shaipov, a.shaipov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8376-7105>

Marina G. Zimina, emzimsar@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-1268-7921>

Tatyana Yu. Rusanova, tatyanyars@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5902-3707>

Mariam N. Baskhanova, marema_@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7873-1207>

Dmitry G. Cherkasov, dgcherkasov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6862-1917>

Abstract. The objective of the study was to assess the feasibility of using groundwater in the Chechen Republic for the extraction of valuable elements and their compounds based on an analysis of the obtained mineralized water compositions. A preliminary literature review has been conducted on the most important physicochemical properties of lithium, strontium, bromine, iodine, boron, and their most important compounds, methods for their production, occurrence in nature (including in hydromineral raw materials), and methods of extraction from various sources, including mineralized waters. The physicochemical properties and chemical composition of 22 samples, most of which have been obtained from flooded oil wells in the Chechen Republic, have been determined. The acidity, density, and dry residue values have been determined, as well as the concentrations of lithium, sodium, potassium, calcium, magnesium, and iron cations, as well as bicarbonate, chloride, sulfate, iodine, and bromide ions and boron content have been defined, and the water type was determined according to V. A. Sulin. Based on an analysis of the obtained experimental data, six of the most promising samples have been identified, containing iodine, bromine, and lithium concentrations above the established minimum concentrations for industrial extraction. Three samples, with iodide ion contents in the range of 36–42 mg/L, were of greatest interest for further study and use, significantly exceeding the average concentration of this element in mineralized waters. A review of chemical and technological solutions for extracting valuable element compounds has been conducted based on literature data and analysis of the studied mineralized water compositions.

Keywords: chemical composition, flooded oil wells (deposits), hydromineral raw materials, valuable components, lithium, bromine, iodine, boron

For citation: Mintsaeв M. Sh., Luzhetsky A. V., Shaipov A. A., Zimina M. G., Rusanova T. Yu., Baskhanova M. N., Cherkasov D. G. Valuable components of mineralized waters of the Chechen Republic: Extraction prospects. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2026, vol. 26, iss. 2, pp. 126–138 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2026-26-2-126-138>, EDN: BUDHDZ

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Интерес к использованию высокоминерализованных подземных вод в качестве гидроминерального сырья (ГМС) для извлечения ценных компонентов растет с каждым годом. Этому способствует не только дефицит некоторых редких и рассеянных промышленно важных элементов (например, брома, иода, лития, рубидия, цезия), но и ряд неоспоримых экологических, экономических и технологических преимуществ этого подхода. Извлечение ценных компонентов ГМС позволяет снизить нагрузку на окружающую среду, минимизировать образование отходов и сохранить природные запасы традиционных месторождений. Ресурсосберегающие технологии обеспечивают значительную экономическую выгоду за счет снижения затрат на добычу первичного сырья и возможность комплексной переработки и получения нескольких товарных продуктов одновременно. Технологические преимущества на основе современных методов переработки ГМС заключаются в возможности достичь высокой степени извлечения ценных элементов, использовать малоотходные автоматизированные технологии и контролировать качество продукции.

Масштаб рассматриваемой проблемы охватывает национальный уровень, поскольку потенциал ГМС сосредоточен не только в регионах с развитой геотермальной энергетикой (Камчатка, Сахалин, Дагестан [1–6], Крым, Чеченская Республика), но и в многочисленных нефтедобывающих регионах, находящихся на завершающей стадии разработки нефтяных месторождений (Чеченская Республика, Татарстан, Башкортостан, Коми и др.). Наиболее перспективными на данном этапе для освоения являются воды высокоминерализованных геотермальных месторождений и обводненных нефтяных скважин (залелей) Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (ВПАБ), поскольку регион имеет развитую инфраструктуру в отличие от районов Сибири и Дальнего Востока. При комплексном использовании эти воды могут служить сырьевой базой для извлечения брома и иода, а также других ценных компонентов. На территории ВПАБ на глубинах 3000–5500 м выявлено 92 площади с перспективными промышленными водами, из которых 55 находятся на территории Дагестана, 29 – в Ставропольском крае и 8 – в Чеченской Республике [7–10].



Известно, что Чеченская Республика обладает уникальными минерально-сырьевыми ресурсами, в частности большими разведанными запасами геотермальных подземных вод, богатых ценными компонентами [11, 12]. Первые систематические исследования состава попутных минерализованных вод, проведенные на территории Старо- и Новогрозненского районов в 20–30-х гг. XX в., показали наличие в них таких ценных элементов, как бром и йод [13, 14]. Йод обнаружен в промышленных концентрациях до 53 мг/л. В СССР в 1969 г. были установлены условные минимальные концентрации йода для промышленного извлечения, различающиеся в зависимости от количества компонентов в воде. Однокомпонентные воды: йод – 18 мг/л, двухкомпонентные иодо-бромные воды: йод – 10 мг/л, бром – 200 мг/л [15]. В дальнейшем выработаны критерии установления месторождений подземных вод, представляющих практический интерес для добычи полезных компонентов, и методы оценки их эксплуатационных запасов. Они включают совокупность геологических, гидрогеологических, технических и экономических факторов, на основе которых для каждого месторождения устанавливаются и подтверждаются конкретные кондиции содержания полезных компонентов, которые подлежат извлечению.

Исследования последних лет по определению состава попутных нефтяных и геотермальных вод подтвердили ранее сделанные выводы о перспективах региона для извлечения не только йода и брома [16]. Известно также, что они содержат ряд других ценных компонентов, например, литий, бор, кремний [17–19]. Кроме того, по микроэлементному и элементному составу некоторые термальные воды вполне пригодны для бальнеологического использования [20, 21].

На территории Чеченской Республики располагаются более 1000 обводнённых нефтяных скважин, потенциал которых для комплексного извлечения ценных элементов еще предстоит раскрыть. Цель работы состояла в проведении физико-химических исследований минерализованных вод ряда обводнённых нефтяных скважин, расположенных на территории Чеченской Республики, для оценки перспектив их использования для извлечения

ценных компонентов с предварительным выбором химико-технологических подходов.

Предварительно выполнен аналитический литературный обзор важнейших физико-химических свойств лития, стронция, брома, йода, бора и их промышленно важных соединений, способов их получения, нахождения и форм этих элементов в природе (в том числе в гидро-минеральном сырье). Подробно проработаны методы извлечения соединений указанных элементов, включая выполненный патентный поиск по их извлечению из различных природных источников с акцентом на гидро-минеральное сырье.

Материалы и методы

Образцы минерализованной воды проходили предварительную водоподготовку. Нерастворимые нефтепродукты вначале отделяли на делительной воронке. Окончательное удаление эмульсии нефтепродуктов и взвешенных частиц проводили фильтрованием через обеззоленный фильтр для анализов «Желтая лента» (ТУ 2642-001-68085491-2011, производитель ООО «Мелиор XXI»).

Химический состав подготовленных образцов и некоторые их физико-химические свойства определяли по методикам, описанным в нормативных документах с использованием поверенного оборудования (табл. 1). Измерения выполняли в лабораториях Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М. Д. Миллионщикова и Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского (Институт химии).

Результаты и их обсуждение

В табл. 2 представлены сведения о глубине пласта и температуре воды при отборе из них проб минерализованной воды из источников на территории Чеченской Республики. Образцы под номерами 1–18, 21 и 22 получены из обводнённых нефтяных скважин. Образец 19 отбирали из артезианской скважины. Образец 20 представлял собой родниковую воду. В табл. 3 и 4 приведены ряд физико-химических свойств и химический состав образцов минерализованной воды.



Таблица 1 / Table 1

Нормативные документы на определяемые параметры проб минерализованной воды и используемое оборудование

Regulatory documents on the determined parameters of mineralized water samples and the equipment used

№	Определяемый параметр / The parameter being defined	Ед. изм. / Units of measurement	Нормативный документ на метод выполнения измерений / Regulatory document on the measurement method	Оборудование / Equipment
1	рН	ед. рН	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 [22]	рН-метр рХ-150МИ («Измерительная техника», Россия)
2	Плотность	г/см ³	ГОСТ 18995.1-73 [23] (СТ СЭВ 1504-79)	–
3	Сухой остаток	г/л	ПНД Ф 14.1:2:4.114-97 [24]	Сушильный шкаф ES-4610 («ЭКРОСХИМ», Россия)
4	Кальций	мг/л	РД 52.24.403-2018 [25]	–
5	Магний	мг/л	–	–
6	Жесткость	ммоль-экв /л	РД 52.24.395-2017 [26]	–
7	Литий	мг/л	ГОСТ 23268.6-78 [27] ГОСТ 23268.7-78 [28] ПНД Ф 14.1:2:4.138-98 [29]	Фотометр пламенный ВВВ-ХР (ВВВ Technologies, Великобритания)
8	Натрий	мг/л	ГОСТ 23268.6-78 [27] ГОСТ 23268.7-78 [27] ПНД Ф 14.1:2:4.138-98 [29]	Фотометр пламенный ВВВ-ХР (ВВВ Technologies, Великобритания)
9	Калий	мг/л	ГОСТ 23268.6-78 [27] ГОСТ 23268.7-78 [27] ПНД Ф 14.1:2:4.138-98 [29]	Фотометр пламенный ВВВ-ХР (ВВВ Technologies, Великобритания)
10	Железо	мг/л	ГОСТ 4011-72 [30]	Спектрофотометр В-1100 (Эковью, Китай)
11	Сульфат-ионы	мг/л	ПНД Ф 14.1:2.159-2000 [31]	Фотометр фотоэлектрический КФК-3-01(АО «ЗОМЗ», Россия)
12	Гидрокарбонаты-ионы	мг/л	ГОСТ 31957 (п. 5.4.1, п. 5.4.2, п.5.5.5) [32]	–
13	Хлорид-ионы	мг/л	ПНД Ф 14.1:2:3.96-97[33]	–
14	Бромид-ионы	мг/л	ГОСТ 23268.15-78 [34]	–
15	Иодид-ион	мг/л	ГОСТ 23268.16-78 [35]	–
16	Бор (борат-ионы)	мг/л	ГОСТ 31949-2012 [36]	Спектрофлуориметр СМ 2203 («SOLAR», Республика Беларусь)

На основе анализа полученных данных по составам изученных образцов можно сделать вывод, что некоторые из них при определенных условиях можно рассматривать как гидроминеральное сырье для извлечения лития, брома и иода. Согласно установленным условным минимальным концентрациям [15] иода и брома (однокомпонентные воды, мг/л: йод – 18, бром – 250, двухкомпонентные иодо-бромные

воды: йод – 10, бром – 200), к однокомпонентной иодной воде можно отнести образец 4, к двухкомпонентным иодо-бромные водам можно отнести образцы с номерами 5, 6, 14, 15 и 16 (см. табл. 4). Практический интерес особенно представляют образцы 4, 5 и 6, в которых обнаружено содержание иода, в концентрациях намного превышающих его средние значения в гидроминеральном сырье (18–22 мг/л).



Таблица 2 / Table 2

Сведения об отборе проб минерализованной воды
Information on sampling of mineralized water

№ образца / Sample number	Пласт / Formation	Глубина, м / Depth, m	t° воды при отборе, °C / Water temperature during sampling, °C	Дата отбора / Date of sampling
1	K ₂	4484	98	22.08.2025
2	K ₂	4753,5	83	22.08.2025
3	K ₂	5033	96	22.08.2025
4	K ₂	5295	95.5	25.08.2025
5	K ₂	5150	96	25.08.2025
6	K ₂	4753,5	95	25.08.2025
7	N ₁ kg-č	425	22	27.08.2025
8	N ₁ kg-č	980	19	27.08.2025
9	N ₁ kg-č	823	29	27.08.2025
10	N ₁ kg-č	2036	20	27.08.2025
11	N ₁ kg-č	370	27	28.08.2025
12	N ₁ kg-č	120	19.5	28.08.2025
13	K ₁	4660	55.2	29.08.2025
14	K ₁	4640	71°C	29.08.2025
15	K ₁	4528	75.8	29.08.2025
16	K ₁	3778,5	70.5	29.08.2025
17	J ₃	–	20.5	30.08.2025
18	J ₃	3350	20.5	30.08.2025
19	Артезианская скважина	98	11.1	30.08.2025
20	Родник	–	11.2	30.08.2025
21	K ₂	4353	90.3	01.09.2025
22	K ₂	4211	93.1	01.09.2025

Полученные результаты можно считать закономерными для таких глубин и температур скважин [37, 38]. При благоприятных геологических, гидрогеологических, технических и экономических факторах гидроминеральное сырье этих скважин можно рассматривать как весьма перспективное для промышленного извлечения молекулярного иода и его соединений. В качестве удобного и самого дешевого метода извлечения иода можно рассматривать воздушно-десорбционный с последующим поглощением

иодо-воздушной смеси ионитами или химическими реагентами с щелочными или восстановительными свойствами. Использованию именно этого метода извлечения благоприятствуют следующие свойства гидроминерального сырья из скважин Чеченской Республики (образцы 4–6):
– высокая температура воды из скважины (95–96°C, см. табл. 2), благодаря которой достигается значительное давление пара иода над раствором и пониженный расход воздуха для десорбции;



Таблица 3 / Table 3

Химический состав и некоторые физико-химические свойства образцов минерализованной воды
Chemical composition and some physicochemical properties of mineralized water samples

№ образца Sample number	Гидрокарбонаты, мг/л Hydrocarbonates, mg/l	pH	Сухой остаток, г/л Dry residue, g/l	Плотность, г/см ³ Density, g/cm ³	Жесткость, ммоль-экв/л Hardness, mmol-eq/l	Тип воды по В. А. Сулину Water type according to V. A. Sulin
1	1233	7.99	8.8	1.006	8.25	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
2	1815	7.96	12.4	1.007	4.55	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
3	1220	7.79	10.4	1.007	5.5	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
4	506	7.02	67.2	1.0224	81.5	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
5	502	6.97	59.6	0.960	82.5	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
6	473	6.95	30.4	0.960	64.5	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
7	3545	7.05	4.8	1.004	5.70	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
8	–	7.29	12	0.948	10.5	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
9	2367	7.01	6.4	1.005	14.5	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
10	1141	6.93	20	0.936	55.0	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
11	–	7.47	14	1.010	22.2	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
12	1785	7.02	2.4	1.002	6.75	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
13	1455	7.64	1.4	1.009	6.40	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate



Окончание таблицы 3 / Continuation of the Table 3

№ образца Sample number	Гидрокарбонаты, мг/л Hydrocarbonates, mg/l	pH	Сухой остаток, г/л Dry residue, g/l	Плотность, г/см ³ Density, g/cm ³	Жесткость, ммоль-экв/л Hardness, mmol-eq/l	Тип воды по В. А. Сулину Water type according to V. A. Sulin
14	1220	7.59	19.2	1.013	10.6	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
15	647	7.31	57.2	1.223	30.4	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
16	445	6.85	51.6	1.032	123	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
17	610	6.86	48	1.011	227	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
18	284	7.32	8.8	1.006	43.0	Хлормагниевый Chloromagnesium
19	366	7.15	0.4	1.003	19.8	Сульфатно-натриевый Sodium sulfate
20	372	7.26	0.8	1.002	18.1	Сульфатно-натриевый Sodium sulfate
21	918	7.62	9.2	1.006	5.25	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate
22	845	7.94	6	1.004	2.50	Гидрокарбонатно-натриевый Sodium bicarbonate



Таблица 4 / Table 4

Химический состав образцов минерализованной воды
Chemical composition of mineralized water samples

№	Иодид-ионы, мг/л Iodide ions, mg/l	Бромид-ионы, мг/л Bromide ions, mg/l	Железо, мг/л Iron, mg/l	Li ⁺ , мг/л Li ⁺ , mg/l	K ⁺ , мг/л K ⁺ , mg/l	Na ⁺ , г/л Na ⁺ , g/l	K+Na, ммоль-экв/л K+Na, mmol-eq/l	Бор, мг/л Boron, mg/l	Кальций, мг/л Calcium, mg/l	Магний, мг/л Magnesium, mg/l	Хлорид-ионы, г/л Chloride ions, g/l	Сульфат-ионы, мг/л Sulfate ions, mg/l
1	6.8±0,2	165 ± 11	1.20±0.03	4.1	47	2.11	555	48	-	100	2.46	460
2	3.5±0,6	159 ± 4	1.26±0.06	5.5	146	3.18	588	70	-	55	5.01	59
3	6.7±0,3	179 ± 4	2.21±0.09	4.8	108	2.97	568	95	200	0.36	3.64	569
4	36.4±1.1	186 ± 6	0.29±0.03	20	288	10.68	1192	123	1172	279	16.0	391
5	39±3	219 ± 10	0.45±0.06	21	308	14.76	867	101	1202	273	14.9	340
6	42±2	228 ± 11	0.21±0.03	21	264	10.54	489	67	982	188	16.0	514
7	1.3±0,1	155 ± 4	0.92±0.03	1.2	29	1.39	527	15	-	69	3.58	3152
8	5.1±0,2	151 ± 4	0.44±0.03	2.1	30	3.38	618	16	251	6.2	3.46	3431
9	3.2±0,6	170 ± 12	0.59±0.03	1.2	16	1.97	496	6.7	389	2.3	2.43	1722
10	15.7±1,1	170 ± 10	0.25±0.03	3.5	40	5.94	549	21	501	364	8.87	52
11	6.1±0,6	155 ± 7	3.03±0.06	2.2	18	4.42	644	15	168	168	3.60	3901
12	не обнаруж.	128 ± 3	1.46±0.06	1.0	30	0.53	483	0.5	63	44	1.86	1449
13	6.6±0,6	164 ± 12	0.29±0.06	7.4	93	3.61	484	59	107	13	5.65	129
14	11.8±0.5	205 ± 7	0.82±0.03	9.0	192	5.57	697	63	73	84	8.10	207
15	13.5±0.4	224 ± 7	0.28±0.09	15	257	9.24	822	68	433	107	9.95	53
16	12.7±0.6	223 ± 4	0.33±0.03	23	560	14.95	969	72	2591	0.24	22.1	372
17	2.0±0,3	145 ± 11	0.22±0.03	5.5	35	23.4	1019	2.4	2946	972	20.0	3260
18	3.1±0,6	141 ± 9	0.09±0.03	1.3	20	2.45	0.60	0.3	573	175	4.29	409
19	1.6±0,2	127 ± 5	0.07±0.03	0.2	2.8	0.0	0.52	0.05	240	95	0.002	51
20	8.3±0,6	133 ± 8	0.08±0.03	0.2	2.2	10.6	565	0.1	222	85	0.008	53
21	8.5±0,3	176 ± 10	2.1±0.3	4.1	83	12.9	525	42	86	124	4.02	476
22	5.1±1,1	153 ± 3	0.08±0.00	3.2	97	12.0	107	4.9	40	6.1	2.23	493



– относительно высокая кислотность (см. табл. 3) с пониженным содержанием гидрокарбонатов благоприятны для минимального подкисления минерализованной воды или же позволит его вовсе избежать;

– невысокие концентрации нефтепродуктов облегчат проведение стадии предварительной очистки.

Выбор конкретных условий проведения окисления иодид-ионов в молекулярный иод, а именно степень подкисления раствора, выбор типа и концентрации окислителя, расход воздуха, температуру проведения десорбции, будет сделан при дальнейших исследованиях образцов.

Образцы ГМС из скважин (образцы 5, 6, 14–16) можно рассматривать как перспективные для комплексной переработки с целью извлечения не только иода, но и брома, содержание которого в указанных образцах незначительно превышает условную минимальную концентрацию (200 мг/л). Разработка методики их совместного или последовательного извлечения может быть целью дальнейших исследований.

Условная минимальная концентрации для иона лития принята равной 10 мг/л [15]. Образцы под номерами 4–6, 15, 16 (см. табл. 4) содержат ион лития в концентрации, незначительно превышающей указанную. По другой классификации такая минерализованная вода может рассматриваться как целевое сырье с пониженным содержанием лития [39]. Для извлечения невысоких концентраций ионов лития можно использовать сорбционные методы с предварительным концентрированием (например, обратным осмосом) и удалением мешающих ионов (кальция, магния) [39]. Отметим, что перспективность извлечения соединений лития при таких концентрациях его иона можно рассматривать как низкую при современном уровне цен на карбонат лития на мировых рынках.

В образцах 4 и 5 также обнаружены наиболее высокие концентрации бора (более 100 мг/л), которые все же ниже условной минимальной концентрации (250 мг/л) для извлечения этого элемента [15]. Следует отметить, что образцы 4 и 5 среди всех исследованных имеют повышенные концентрации наибольшего спектра ценных компонентов и потенциально интересны для комплексной переработки в качестве гидроминерального сырья.

Заключение

Анализ результатов исследования показывает, что обводнённые нефтяные скважины являются источником ценных компонентов, в том числе в промышленных концентрациях. Для организации их извлечения, в частности иода и брома из попутных вод Чеченской Республики, прежде всего надо решить задачу оценки эксплуатационных запасов попутных вод месторождений углеводородов. Необходимо продолжить исследование химического состава вод в пределах месторождений, где были установлены высокие концентрации ценных компонентов, а также провести более масштабные физико-химические исследования образцов из геотермальных и обводнённых нефтяных скважин Юга России, в том числе на территории Чеченской Республики, для оценки ресурсного потенциала региона.

Продолжение исследований позволит приблизить решение глобальной задачи перевода более 1000 обводнённых нефтяных скважин Чеченской Республики в новый ресурсный статус, создав на их основе технологические платформы для промышленного извлечения ценных химических компонентов, в первую очередь иода, повышенное содержание которого уже подтверждено как ранее проведенными, так и нашими исследованиями. Результаты исследования создают основу для технологических решений по комплексному извлечению соединений ценных элементов с помощью новых или усовершенствованных технологий переработки гидроминерального сырья, оптимизированных для конкретных геологических условий региона. Реализация поставленных задач создаст научно-технологический задел для формирования новых высокотехнологичных производств, обеспечивающих импортозамещение стратегически важных химических продуктов и способствующих технологическому суверенитету Российской Федерации.

Список литературы

1. Алхасов А. Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии. М. : Физматлит, 2008. 375 с.
2. Алхасов А. Б., Алишаев М. Г., Алхасова Д. А. Освоение низкопотенциального геотермального тепла. М. : Физматлит, 2012. 280 с.



3. Алхасов А. Б., Алхасова Д. А. Современное состояние и перспективы освоения геотермальных ресурсов Северокавказского региона // Теплоэнергетика. 2014. № 6. С. 28–34.
4. Алхасов А. Б., Алхасова Д. А. Перспективные технологии освоения геотермальных ресурсов // Изв. РАН. Энергетика. 2014. № 5. С. 144–157.
5. Алхасов А. Б., Алхасова Д. А., Рамазанов А. Ш., Каспарова М. А. Перспективы комплексного освоения высокопараметрических геотермальных рассолов // Теплоэнергетика. 2015. № 6. С. 11–17.
6. Алхасов А. Б., Алхасова Д. А. Комплексное освоение рассолов берикейского геотермального месторождения // Теплоэнергетика. 2024. № 5. С. 101–106. <https://doi.org/10.56304/S0040363624050023>
7. Бондаренко С. С., Куликов Г. В. Подземные промышленные воды. М. : Недра, 1984. 358 с.
8. Курбанов М. К. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М. : Наука ; Наука/Интерпериодика, 2001. 260 с.
9. Алхасов А. Б., Алхасова Д. А., Рамазанов А. Ш., Каспарова М. А. Перспективы освоения высокотемпературных высокоминерализованных ресурсов Тарумовского геотермального месторождения // Теплоэнергетика. 2016. № 6. С. 25–30.
10. Алхасов А. Б., Алхасова Д. А., Рамазанов А. Ш., Каспарова М. А. Технологии освоения высокоминерализованных геотермальных ресурсов // Теплоэнергетика. 2017. № 9. С. 17–24.
11. Минерально-сырьевые ресурсы Чеченской Республики: монография / под ред. И. А. Керимова, Е. М. Аксенова. 2-е изд. Грозный : АН Чеченской Республики, 2016. 523 с.
12. Полезные ископаемые Чеченской Республики (справочник) / под ред. И. А. Керимова. Грозный : АН Чеченской Республики, 2009. 245 с.
13. Максимович Г. А. Иод и бром в буровых водах Грозненского района // Грозненский нефтяник. 1932. № 1/2. С. 79–82.
14. Максимович Г. А. Перспективы добычи иода и брома из буровых вод Грозненских нефтяных районов // Минеральное сырье. 1933. № 5. С. 26–32.
15. Плотникова Р. И. Состояние ресурсной базы промышленных подземных вод (гидроминерального сырья) России и проблемы ее освоения // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. 2011. № 2. С. 1–11.
16. Даукаев А. А., Бачаева Т. Х., Даукаев А. А., Саркисян И. В. Йод-бромные подземные воды и рекомендации по их рациональному использованию Чеченской Республики // Кронос: естественные и технические науки. 2019. Т. 27, № 5. С. 11–13.
17. Mintsaeв M., Machigova F., Khadasheva Z., Cherkasov S., Churikova T. Mineral resources of the geothermal sources of the North Caucasus // Int. J. Environmental and Science Educ. 2016. Vol. 11, № 18. P. 12973–12984.
18. Сызранцев В. В., Гацаев З. Ш., Минцаев М. Ш., Шаипов А. А. О содержании лития в геотермальных водах Чеченской Республики // Геоэнергетика – 2022 : кол. монография по материалам V Междунар. науч.-практ. конф. (Грозный, 29 сентября – 2 октября 2022 г.) / науч. ред. С. В. Алексеенко, М. Ш. Минцаев, И. А. Керимов. Грозный : Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М. Д. Миллионщикова, 2022. С. 414–418. <https://doi.org/10.34708/GSTOU.2022.44.27.056>
19. Сызранцев В. В., Минцаев М. Ш., Салгириев Р. Р., Шаипов А. А., Сайдумов М. С., Алиев И. О. Перспективы развития отрасли добычи редкоземельных металлов для экономики Чеченской Республики // Регион: системы, экономика, управление. 2024. № 4 (67). С. 34–52. <https://doi.org/10.22394/1997-4469-2024-67-4-24-52>
20. Минцаев М. Ш., Чурикова Т. Г., Мачигова Ф. И., Шаипов М. А. Результаты физико-химических исследований термальных вод Комсомольского месторождения Чеченской Республики // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. Вып. 26, № 4. С. 69–75. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2015-7-4-69-75>
21. Минцаев М. Ш., Атаева А. А., Мачигова Ф. И., Тихомирова Е. И. Сравнительный анализ элементного и микроэлементного состава термальных вод подземных резервуаров Чеченской Республики // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18, № 2-3. С. 771–775.
22. ПНД Ф 14.1:2:3:4.121–97. Количественный химический анализ вод. Выполнения измерений рН в водах потенциометрическим методом. М. : Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 2004. 14 с.
23. ГОСТ 18995.1–73. Продукты химические. Методы определения плотности. М. : Изд-во стандартов, 2004. 4 с.
24. ПНД Ф 14.1:2:4.114–97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сухого остатка в питьевых, поверхностных и сточных водах гравиметрическим методом. М. : Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 2004. 14 с.
25. РД 52.24.403–2018. Массовая концентрация ионов кальция в водах. Методика измерений титриметрическим методом с трилоном Б. Ростов н/Д : ФГБУ «ГХИ», 2018. 32 с.
26. РД 52.24.395–2017. Жесткость воды. Методика измерений титриметрическим методом с трилоном Б. Ростов н/Д : ФГБУ «ГХИ», 2017. 37 с.
27. ГОСТ 23268.6-78 Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения ионов натрия. М. : Изд-во стандартов, 1978. 7 с.
28. ГОСТ 23268.7-78 Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения ионов калия. М. : Изд-во стандартов, 1978. 5 с.



29. ПНД Ф 14.1:2:4.138-98. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций калия, лития, натрия и стронция в пробах питьевых, природных и сточных вод методом пламенно-эмиссионной спектроскопии. М. : Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 2010. 22 с.
30. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа. М. : Изд-во стандартов, 2008. 8 с.
31. ПНД Ф 14.1:2.159–2000. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом. М. : Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 2005. 14 с.
32. ГОСТ 31957–2012. Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов. М. : Стандартинформ, 2013. 30 с.
33. ПНД Ф 14.1:2:3.96–97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации хлоридов в пробах природных и сточных вод argentометрическим методом. М. : Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, 2016. 23 с.
34. ГОСТ 23268.15-78. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения бромид-ионов. М. : Изд-во стандартов, 1978. 7 с.
35. ГОСТ 23268.16-78. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения йодид-ионов. М. : Изд-во стандартов, 1978. 5 с.
36. ГОСТ 31949-2012. Вода питьевая. Метод определения содержания бора. М. : Стандартинформ, 2019. 9 с.
37. Кудельский А. В. Геохимия, формирование и распространение йодобромных вод. Минск : Наука и техника, 1970. 143 с.
38. Кудельский А. В. Гидрогеология, гидрогеохимия иода. Минск : Наука и техника, 1976. 216 с.
39. Рябцев А. Д. Гидроминеральное сырьё – неисчерпаемый источник лития в XXI веке // Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307, № 7. С. 64–70.
40. Alkhasov A. B., Alkhasova D. A. Current state and prospects for the development of geothermal resources in the North Caucasus region. *Thermal Engineering*, 2014, no. 6, pp. 28–34 (in Russian).
41. Alkhasov A. B., Alkhasova D. A. Promising technologies for the development of geothermal resources. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Energetics*, 2014, no. 5, pp. 144–157 (in Russian).
42. Alkhasov A. B., Alkhasova D. A., Ramazanov A. Sh., Kasparova M. A. Prospects for the integrated development of high-parameter geothermal brines. *Thermal Engineering*, 2015, no. 6, pp. 11–17 (in Russian).
43. Alkhasov A. B., Alkhasova D. A. Integrated development of brines of the Berikey geothermal field. *Thermal Engineering*, 2024, no. 5, pp. 101–106 (in Russian). <https://doi.org/10.56304/S0040363624050023>
44. Bondarenko S. S., Kulikov G. V. *Podzemnye promyshlennye vody* [Underground industrial waters]. Moscow, Nedra, 1984. 358 p. (in Russian).
45. Kurbanov M. K. *Geotermalnye i gidromineralnye resursy Vostochnogo Kavkaza i Predkavkazya* [Geothermal and hydromineral resources of the Eastern Caucasus and Ciscaucasia]. Moscow, Nauka, Nauka/Interperiodika, 2001. 260 p. (in Russian).
46. Alkhasov A. B., Alkhasova D. A., Ramazanov A. Sh., Kasparova M. A. Prospects for the development of high-temperature highly mineralized resources of the Tarumovskoye geothermal field. *Thermal Engineering*, 2016, no. 6, pp. 25–30 (in Russian).
47. Alkhasov A. B., Alkhasova D. A., Ramazanov A. Sh., Kasparova M. A. Technologies for the development of highly mineralized geothermal resources. *Thermal Engineering*, 2017, no. 9, pp. 17–24 (in Russian).
48. *Mineralno-syrevye resursy Chechenskoj Respubliki: monografiya. Pod red. I. A. Kerimova, E. M. Aksenova. 2-e izd.* [Kerimov I. A., Aksenov E. M., eds. Mineral Resources of the Chechen Republic: Monograph. 2nd ed.]. Grozny, Academy of Sciences of Chechen Republic Publ., 2016. 523 p. (in Russian).
49. *Poleznye iskopaemye Chechenskoj Respubliki (spravochnik). Pod red. I. A. Kerimova* [Kerimov I. A., ed. Mineral Resources of the Chechen Republic (Directory)]. Grozny, Academy of Sciences of Chechen Republic Publ., 2009. 245 p. (in Russian).
50. Maksimovich G. A. Iodine and bromine in drilling waters of the Grozny region. *Groznenskii neftyanik*, 1932, no. 1/2, pp. 79–82 (in Russian).
51. Maksimovich G. A. Prospects for the extraction of iodine and bromine from drilling waters of the Grozny oil regions. *Mineralnoe syre*, 1933, no. 5, pp. 26–32 (in Russian).
52. Plotnikova R. I. The state of the resource base of industrial groundwater (hydromineral raw materials) in Russia and the problems of its development. *Georesursy, geoenergetika, geopolitika*, 2011, no. 2, pp. 1–11 (in Russian).
53. Daukaev A. A., Bachaeva T. Kh., Daukaev A. A., Sarkisyan I. V. Iodine-bromine groundwater and recommen-

References

1. Alkhasov A. B. *Geotermalnaya energetika: problemy, resursy, tekhnologii* [Geothermal energy: Problems, resources, technologies]. Moscow, Fizmatlit, 2008. 375 p. (in Russian).
2. Alkhasov A. B., Alishaev M. G., Alkhasova D. A. *Osvoenie nizkopotentsialnogo geotermalnogo tepla* [Development of low-potential geothermal heat]. Moscow, Fizmatlit, 2012. 280 p. (in Russian).



- dations for their rational use in the Chechen Republic. *Chronos: Natural and Technical Sciences*, 2019, vol. 27, no. 5, pp. 11–13 (in Russian).
17. Mintsaeв M., Machigova F., Khadasheva Z., Cherkasov S., Churikova T. Mineral resources of the geothermal sources of the North Caucasus. *Int. J. Environmental and Science Educ.*, 2016, vol. 11, no. 18, pp. 12973–12984.
 18. Syzrantsev V. V., Gatsaev Z. Sh., Mintsaeв M. Sh., Shaiпов A. A. On the lithium content in geothermal waters of the Chechen Republic. In: *Geoenergetika – 2022: koll. monografiya po materialam V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Grozny, 29 sent. – 2 okt. 2022 g.)*. Nauch. red. S. V. Alekseenko, M. Sh. Mintsaeв, I. A. Kerimov [Alekseenko S. V., Mintsaeв M. Sh., Kerimov I. A., eds. *Geoenergetics – 2022: Coll. monograph based on the materials of the Intern. sci. and pract. conf. (Grozny, September 29 – October 2, 2022)*]. Grozny, Grozny State Petroleum Technological University Publ., 2022, pp. 414–418 (in Russian). <https://doi.org/10.34708/GSTOU.2022.44.27.056>
 19. Syzrantsev V. V., Mintsaeв M. Sh., Salgiriev R. R., Shaiпов A. A., Saidumov M. S., Aliyev I. O. Prospects for the development of the rare earth metals mining industry for the economy of the Chechen Republic. *Region: Systems, Economics, Management*, 2024, vol. 67, no. 4, pp. 34–52 (in Russian). <https://doi.org/10.22394/1997-4469-2024-67-4-24-52>
 20. Mintsaeв M. Sh., Churikova T. G., Machigova F. I., Shaiпов M. A. Results of physicochemical studies of thermal waters of the Komsomolskoye field in the Chechen Republic. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2015, vol. 26, no. 4, pp. 69–75 (in Russian). <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2015-7-4-69-75>
 21. Mintsaeв M. Sh., Ataeva A. A., Machigova F. I., Tikhomirova E. I. Comparative analysis of the elemental and microelement composition of thermal waters of underground reservoirs of the Chechen Republic. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2016, vol. 18, no. 2-3, pp. 771–775 (in Russian).
 22. *PND F 14.1:2:3:4.121–97. Kolichestvennyj khimicheskij analiz vod. Vypolneniya izmerenij pH v vodakh potentsiometricheskim metodom* [PND F 14.1:2:3:4.121–97. Quantitative chemical analysis of water. Measurements of pH in water using the potentiometric method]. Moscow, Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of the Russian Federation Publ., 2004. 14 p. (in Russian).
 23. *GOST 18995.1–73. Produkty khimicheskie. Metody opredeleniya plotnosti* [GOST 18995.1–73. Chemical products. Methods for determining density.] Moscow, Izd-vo standartov, 2004. 4 p. (in Russian).
 24. *PND F 14.1:2:4.114–97. Kolichestvennyj khimicheskij analiz vod. Metodika vypolneniya izmerenij massovoj kontsentratsii sukhogo ostatka v pitevykh, poverxnostnykh i stochnykh vodakh gravimetricheskim metodom* [PND F 14.1:2:4.114–97. Quantitative chemical analysis of water. Methodology for measuring the mass concentration of dry residue in drinking, surface, and waste water using the gravimetric method]. Moscow, Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of the Russian Federation Publ., 2004. 14 p. (in Russian).
 25. *RD 52.24.403–2018. Massovaya kontsentratsiya ionov kaltsiya v vodakh. Metodika izmerenij titrimetricheskim metodom s trilonom B* [RD 52.24.403–2018. Mass concentration of calcium ions in waters. Measurement procedure using the titrimetric method with Trilon B]. Rostov-on-Don, Hydrochemical Institute Publ., 2018. 32 p. (in Russian).
 26. *RD 52.24.395–2017. Zhestkost' vody. Metodika izmerenij titrimetricheskim metodom s trilonom B* [RD 52.24.395–2017. Water hardness. Measurement procedure by titrimetric method with Trilon B]. Rostov-on-Don, Hydrochemical Institute Publ., 2017. 37 p. (in Russian).
 27. *GOST 23268.6-78 Vody mineralnye pitevye lechebnye, lechebno-stolovye i prirodnye stolovye. Metody opredeleniya ionov natriya* [GOST 23268.6-78. Drinking mineral waters: Medicinal, medicinal-table, and natural table. Methods for determining sodium ions]. Moscow, Izd-vo standartov, 1978. 7 p. (in Russian).
 28. *GOST 23268.7-78 Vody mineralnye pitevye lechebnye, lechebno-stolovye i prirodnye stolovye. Metody opredeleniya ionov kaliya* [GOST 23268.7-78. Drinking mineral waters: Medicinal, medicinal-table, and natural table. Methods for determining potassium ions]. Moscow, Izd-vo standartov, 1978. 5 p. (in Russian).
 29. *PND F 14.1:2:4.138-98. Kolichestvennyy khimicheskij analiz vod. Metodika vypolneniya izmerenij massovykh kontsentratsiy kaliya, litiya, natriya i strontsiya v probakh pitevykh, prirodnykh i stochnykh vod metodom plamenno-emissionnoy spektrometrii* [PND F 14.1:2:4.138-98. Quantitative chemical analysis of water. Methodology for measuring mass concentrations of potassium, lithium, sodium, and strontium in drinking natural, and wastewater samples using flame emission spectrometry]. Moscow, State Committee of the Russian Federation for Environmental Protection Publ., 2010. 22 p. (in Russian).
 30. *GOST 4011-72. Voda pitevaya. Metody izmereniya massovoj kontsentratsii obshhego zheleza* [GOST 4011-72. Drinking water. Methods for measuring the mass concentration of total iron]. Moscow, Izd-vo standartov, 2008. 8 p. (in Russian).
 31. *PND F 14.1:2.159–2000. Kolichestvennyj khimicheskij analiz vod. Metodika vypolneniya izmerenij massovoj kotsentratsii sulfat-ionov v probakh prirodnykh i stochnykh vod turbidimetricheskim metodom* [PND F 14.1:2.159–2000. Quantitative chemical analysis of water. Methodology for measuring the mass concentration of sulfate ions in samples of natural and waste water using the turbidimetric method]. Moscow, State Committee of the Russian Federation for Environmental Protection Publ., 2005. 14 p. (in Russian).
 32. *GOST 31957–2012. Voda. Metody opredeleniya shchelochnosti i massovoj kontsentratsii karbonatov i*



- gidrokarbonatov* [GOST 31957–2012. Water. Methods for Determining Alkalinity and Mass Concentration of Carbonates and Bicarbonates]. Moscow, Standartinform, 2013. 30 p. (in Russian).
33. PND F 14.1:2:3.96–97. *Kolichestvennyj khimicheskij analiz vod. Metodika vypolneniya izmerenij massovoj kontsentratsii khloridov v probax prirodnykh i stochnykh vod argentometricheskim metodom* [PND F 14.1:2:3.96–97. Quantitative chemical analysis of water. Methodology for measuring the mass concentration of chlorides in samples of natural and waste water using the argentometric method]. Moscow, Federal Service for Supervision of Natural Resources Publ., 2016. 23 p. (in Russian).
34. GOST 23268.15-78. *Vody mineralnye pitevye lechebnye, lechebno-stolovye i prirodnye stolovye. Metody opredeleniya bromid-ionov* [GOST 23268.15-78. Mineral drinking waters: Medicinal, medicinal-table, and natural table. Methods for determining bromide ions]. Moscow, Izd-vo standartov, 1978. 7 p. (in Russian).
35. GOST 23268.16-78. *Vody mineralnye pitevye lechebnye, lechebno-stolovye i prirodnye stolovye. Metody opredeleniya jodid-ionov* [GOST 23268.16-78. Mineral drinking waters: Medicinal, medicinal-table, and natural table. Methods for determining iodide ions]. Moscow, Izd-vo standartov, 1978. 5 p. (in Russian).
36. GOST 31949-2012. *Voda pitevaya. Metod opredeleniya soderzhaniya bora*. [GOST 31949-2012. Drinking water. Method for determination of boron content]. Moscow, Standartinform, 2019. 9 p. (in Russian).
37. Kudelskiy A. V. *Geokhimiya, formirovanie i rasprostranenie jodobromnykh vod* [Geochemistry, formation and distribution of iodine-bromine waters]. Minsk, Nauka i tekhnika, 1970. 143 p. (in Russian).
38. Kudelskiy A. V. *Gidrogeologiya, gidrogeokhimiya ioda* [Hydrogeology, hydrogeochemistry of iodine]. Minsk, Nauka i tekhnika, 1976. 216 p. (in Russian).
39. Ryabtsev A. D. Hydromineral raw materials – an inexhaustible source of lithium in the 21st century. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2004, vol. 307, no. 7, pp. 64–70 (in Russian).

Поступила в редакцию 10.02.2026; одобрена после рецензирования 23.02.2026; принята к публикации 27.02.2026
The article was submitted 10.02.2026; approved after reviewing 23.02.2026; accepted for publication 27.02.2026