

Научная статья / Original research article

УДК 553.7.031.4(571.12)

DOI: <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2026-2-38-48>

EDN: GFTJAC



Сравнительная гидрогеохимическая характеристика тюменских геотермальных высокоминерализованных вод

Н. Л. Мамаева^{1,2*}, С. А. Петров¹, В. А. Мальчевский¹

¹Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Российская Федерация

²Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация

* mamaeva.natali2011@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме оценки особенностей геохимического состава гидротермальных минеральных вод Тюменского региона в сравнении с минеральными водами термальных источников Кавказа, Восточной Сибири и Дальнего Востока. Актуальность обусловлена интенсивным экономическим освоением источников минеральных геотермальных вод Тюменского региона, а отсутствие знаний о гидрогеохимических характеристиках может привести к существенному снижению эффективности вложения финансовых средств. Сделаны выводы, что наименьшая связанность между анионами и катионами наблюдается в геотермальных минеральных водах предгорной равнины Кавказа при отсутствии каких-либо ассоциаций между собой как среди различных анионов, так и среди катионов. При этом содержание сульфат-аниона и катионов кальция и магния не коррелировало с другими проанализированными параметрами. Ассоциативные связи между анионами и катионами были выше в дальневосточных минеральных водах и водах Восточной Сибири. Наибольшая связанность и гармоничность содержания анионов и катионов наблюдается в термах Западно-Сибирской геосинеклизы, в частности в глубокозалегающих гидрогеологических комплексах Тюменского региона. При сравнении различных геотермальных вод России можно сказать, что в водах Тюменского региона распределение главных ионов имеет выраженную катион-анионную связь, указывающую на ее сбалансированный состав.

Ключевые слова: минеральные термальные воды, гидрогеохимическая характеристика, катионы, анионы, Западно-Сибирская геосинеклиза

Для цитирования: Мамаева Н. Л., Петров С. А., Мальчевский В. А. Сравнительная гидрогеохимическая характеристика Тюменских геотермальных высокоминерализованных вод. *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ.* 2026;30(2):38–48. <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2026-2-38-48> EDN: GFTJAC

Comparative hydrogeochemical characteristics of Tyumen geothermal highly mineralized waters

Natali L. Mamaeva^{1,2*}, Sergei A. Petrov¹, Vladimir A. Malchevski¹

¹Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, Russian Federation

²Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

* mamaeva.natali2011@mail.ru

Abstract. This article focuses on the contemporary problem of assessing of the geochemical composition features of high-mineralized geothermal waters from the Tyumen region in comparison with the mineral waters of thermal springs from the Caucasus, Eastern Siberia, and the Far East. The importance of this study derives from the active economic use of geothermal water sources in the Tyumen region. Lack of knowledge about their hydrogeochemical characteristics can result in a significant decrease in the efficiency of investing funding resources. The authors conclude that minimal anion-cation association, with no stable associations observed among either the anions or the cations, characterizes geothermal waters of the foothill plains of the Caucasus. In addition, the concentration of sulfate, calcium, and magnesium does not correlate with other chemical parameters. In the waters of the Far East and Eastern Siberia, the anion-cation associations are stronger. In the thermal springs of the West Siberian geosyncline, particularly in the deep-lying hydrogeological complexes of the Tyumen region, a more anion-cation association and harmony content is observed. A comparison of geothermal waters from different regions of Russia highlights the distinct and balanced ion distribution in the Tyumen region waters, indicating their well-balanced composition.

Keywords: mineral thermal waters, hydrogeochemical characteristics, cations, anions, West Siberian geosyncline

For citation: Mamaeva N. L., Petrov S. A., Malchevski V. A. Comparative hydrogeochemical characteristics of Tyumen geothermal highly mineralized waters. *Oil and Gas Studies*. 2026;30(2):38–48 (In Russ.) <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2026-2-38-48>

Введение

На огромной территории Российской Федерации (РФ) выявлены и с различной степенью изучены практически все виды и типы минеральных вод, обнаруженные в недрах Земли [1–9]. При этом их степень минерализации различна и зависит от происхождения вод, содержания минералов, солей, газов, радиоактивных элементов и др. По геоструктурным, гидрохимическим и геотермическим условиям на территории России выделены шесть областей развития азотных терм: Кавказская, Алтайская, Тувинская, Саяно-Байкальская, Буреинско-Охотская и Камчатская [10].

Район Кавказских минеральных вод представляет предгорную равнину, наклоненную к северу от хребтов Кавказа, которая на юге больше расчленена, чем на севере. В районе минеральных вод Кавказа, под четвертичными и современными наносами, обнажаются осадочные горные породы — третичные и мезозой [11].

Термальные байкальские воды характеризуются широким распространением глубинных разломов, сформированных в результате рифтогенных процессов. Что касается терм Бурятии, то они приурочены в основном к баргузинскому комплексу, представленному интрузивными породами протерозойского возраста [12].

На территории российского Дальнего Востока термальные воды имеют ограниченное распространение. Наиболее широкое их многообразие отмечается на Камчатке. Так, Паратунский геотермальный район не имеет явно выраженной связи с вулканизмом. Другая группа термальных вод

Камчатки — воды, тесно связанные с современной вулканической деятельностью, обусловленной субдукционными процессами (Мутновский и Узон-Гейзерный геотермальные районы) [13]. Большинство термальных вод Дальнего Востока приурочено к областям деятельности современного магматизма (Камчатка и Курильские острова).

Однако существует целая группа термальных вод Дальнего Востока, которая находится в пределах Байкальского рифта, Турано-Буреинского горного сооружения, Охотско-Чукотского и Восточно-Сихотэ Алинского вулканогенных поясов [14]. Минеральные термальные подземные воды Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса включают группы источников, расположенные в Приморском и Хабаровском краях. При этом гидрокарбонатно-натриевые воды (Тумнин, Амгу, Чистоводное) относятся к трещинно-жильным водам, формирующимся в массивах кристаллических пород, в то время как сульфатно-гидрокарбонатные натриевые (Анненские) располагаются преимущественно в вулканогенно-осадочных породах [15].

Также к внутриконтинентальной части Дальнего Востока относится Кульдурское месторождение азотных слабоминерализованных щелочных термальных вод, расположенное на территории Облученского района Еврейской автономной области [16].

К геотермальным минеральным водам Дальнего Востока принадлежат Амурские термальные источники, расположенные на полуострове Крильон (юго-запад острова Сахалин), который сложен формациями от позднего мела до плиоцена [17].

Обособленно в этом плане стоит наименее изученная и активно развивающаяся в бальнеологическом плане Западно-Сибирская область. Но без знаний геологического строения, химического состава, гидрогеологических условий залегания и происхождения тюменских высокоминерализованных геотермальных вод нельзя вести правильную эксплуатацию этих минеральных источников и обеспечивать экологическую безопасность. Высокоминеральные термальные воды находятся в глубокозалегających водоносных горизонтах (в юрском, неокомском и апт-альб-сеноманском гидрогеологических комплексах) [18].

Цель исследования — оценить особенности геохимического состава гидротермальных вод Тюменского региона в сравнении с минеральными водами из термальных источников Кавказа, Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Материалы и методы

В настоящей статье минеральные геотермальные воды России были разделены на четыре группы по географическому положению. Для статистического и гидрогеохимического анализов были проанализированы термальные воды Тюменского региона (9 источников, 19 проб), Кавказа (9 источников, 9 проб), Восточной Сибири (Республика Бурятия, 14 источ-

ников, 14 проб) и Дальнего Востока (Хабаровский и Приморский край, Еврейская АО, Сахалин и Камчатка, 64 источника, 70 проб). Рассмотрены следующие основные ионы, содержащиеся в термальных водах различных районов исследования: катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, анионы HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} . Данные по химическому составу тюменских геотермальных вод были взяты из учетных карточек буровых скважин, предоставленных Тюменским филиалом ФБУ «ТФГИ по Уральскому федеральному округу». Источником данных по другим районам послужили научные публикации в открытом доступе [11–17].

Проводились статистические исследования анализа химического состава по макрокомпонентам с помощью интегрированного пакета программного обеспечения IBM SPSS Statistics 21. Достоверность различий или сходства между статистическими характеристиками в сравниваемых выборках учитывалась при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Рассматриваемые районы с гидротермальными водами, по которым собраны исходные данные, были нанесены на карту (рис. 1).

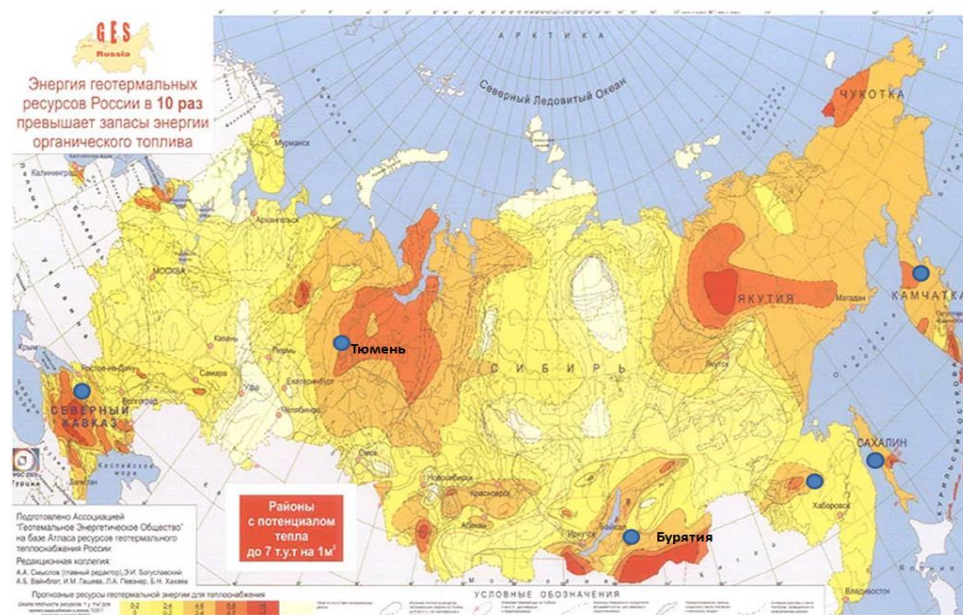


Рис. 1. Рассматриваемые гидротермальные районы [19]

Fig. 1. Hydrothermal areas under consideration [19]

Как следует из карты, основные гидротермальные районы в России расположены на Дальнем Востоке, в Восточной Сибири, на Северном Кавказе и в Тюменской области.

В таблице 1 представлены результаты химического состава основных катионов и анионов различных гидротермальных систем в различных географических районах РФ. Показано, что гидротермальные воды Тюменского региона относятся к природным минеральным хлоридно-натриевым. При этом согласно ГОСТ Р 54316-2020¹ их минерализация составляет от 6–7 до 15–20 г/дм³ [20], и это свидетельствует о том, что она высокая.

Таблица 1. Химический состав различных гидротермальных систем, мг/л
Table 1. Chemical composition of various hydrothermal systems, mg/L

Показатель	Тюменский регион	Восточная Сибирь	Дальний Восток	Кавказ
Cl ⁻	6301,64±484,57	18,90±2,80 **	157,97±30,27 **	680,78±241,93 **
SO ₄ ²⁻	162,96±109,81	154,57±30,53	305,90±37,83	696,39±146,77 *
HCO ₃ ⁻	262,01±15,67	104,21±10,90 **	111,22±14,28 **	2046,76±1028,8
Ca ²⁺	265,18±33,79	13,69±5,81 **	71,21±8,73 **	452,47±93,94
Mg ²⁺	52,20±6,28	0,92±0,15 **	1,16±0,22 **	183,94±94,90
Na ⁺ +K ⁺	4021,92±355,38	130,46±9,25 **	219,14±19,59 **	883,93±444,92 **

* Достоверность различий с Тюменским регионом (* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$)

Сравнительный анализ термальных вод Тюменского региона с изучаемыми гидротермальными системами показал, что по химическому составу они значительно отличаются практически по всем компонентам. Так, содержание анионов, в отличие от термальных вод Восточной Сибири по Cl⁻, превышено более чем в 300 раз, для вод Дальнего Востока — почти в 40 раз, для минеральных вод Кавказской группы — в 9 раз; по HCO₃⁻ в 2 раза в сравнении с водами Восточной Сибири и Дальнего Востока; по SO₄²⁻ — в 4 раза меньше по сравнению с Кавказскими термальными водами. Практически аналогичная картина наблюдается по катионам. Так, содержание катионов превышено в водах Тюменского региона по Ca²⁺ в 19 раз, Mg²⁺ — более чем в 50 раз, Na⁺ + K⁺ — в 30 раз в отличие от термальных вод Восточной Сибири; по Mg²⁺ почти в 45 раз; Na⁺ + K⁺ в 18 раз; Ca²⁺ в 4 раза в сравнении с минеральными водами Дальнего Востока; по Na⁺ + K⁺ в 4,5 раза от вод Кавказской группы.

Таким образом, концентрация исследуемых ионов в термальных водах Тюменского региона была значительно выше, чем в минеральных водах Восточной Сибири, Дальнего Востока и Кавказа. Известно, что хими-

¹ ГОСТ Р 54316-2020. Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ. 2020. 46 с.

ческий состав минеральных вод отражает не только состав тех горных пород, в которых они залегают, но и по которым эти воды циркулируют.

Для лучшего понимания взаимосвязи между ионным составом геотермальных минеральных вод, исследованных в разных географических положениях, был проведен корреляционный анализ Пирсона для определения связей и корреляций между ними с учетом уровня значимости (рис. 2).

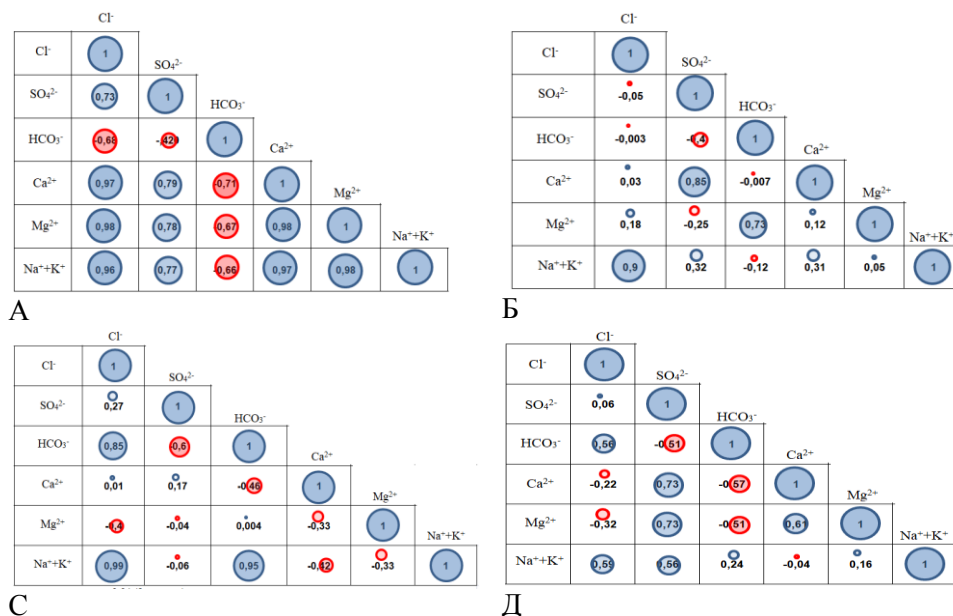


Рис. 2. Корреляция Пирсона для различных геотермальных минеральных вод России (А — Тюменский регион; Б — Дальний Восток; С — Кавказ; Д — Восточная Сибирь)

Fig. 2. Pearson correlation for various geothermal mineral waters in Russia (A — Tyumen region; B — Far East; C — Caucasus; D — Eastern Siberia)

Установлены прямые корреляционные взаимосвязи между Cl⁻ анионом со всеми рассматриваемыми катионами и анионами (кроме HCO₃⁻ (r = -0,68)) в Тюменских термальных водах с высокой степенью достоверности (p < 0,001): с концентрацией SO₄²⁻ (r = 0,73), Ca²⁺ (r = 0,97), Mg²⁺ (r = 0,98), Na⁺+K⁺ (r = 0,96). Содержание аниона SO₄²⁻ связано с высокой степенью достоверности (p < 0,001) с другими химическими компонентами: с Ca²⁺ (r = 0,79), Mg²⁺ (r = 0,78) и Na⁺+K⁺ (r = 0,77). Уровень содержания аниона HCO₃⁻ коррелировал с содержанием Ca²⁺ (r = -0,71 при p < 0,001), Mg²⁺ (r = -0,67 при p < 0,001) и Na⁺+K⁺ (r = -0,66 при p = 0,002). Определены корреляционные взаимосвязи между следующими катионами: Ca²⁺:Mg²⁺ (r = 0,98 при p < 0,001), Ca²⁺:Na⁺+K⁺ (r = 0,97 при p < 0,001), Mg²⁺:Na⁺+K⁺ (r = 0,98 при p < 0,001).

При рассмотрении минеральных вод Кавказской группы выявлены прямые корреляционные взаимосвязи только между анионами Cl^- , HCO_3^- и суммой катионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ($r = 0,99$ при $p < 0,001$ и $r = 0,95$ при $p = 0,049$ соответственно), что указывает на их гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые состав.

Иная корреляционная картина складывается при анализе геотермальных минеральных вод Восточной Сибири. Были обнаружены ассоциативные взаимосвязи между содержанием аниона SO_4^{2-} с Ca^{2+} ($r = 0,73$ при $p = 0,003$), Mg^{2+} ($r = 0,73$ при $p = 0,003$) и $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ($r = 0,56$ при $p = 0,036$). При этом анион HCO_3^- коррелировал с Ca^{2+} ($r = -0,57$ при $p = 0,035$), а Cl^- анион с HCO_3^- ($r = 0,56$ при $p = 0,036$) и $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ($r = 0,59$ при $p = 0,026$). Обнаружена положительная корреляционная взаимосвязь между $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ ($r = 0,61$ при $p = 0,022$).

При проведении корреляции между ионами геотермальных вод Дальнего Востока установлены следующие взаимосвязи: Cl^- аниона с суммой катионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ($r = 0,90$ при $p < 0,001$), аниона SO_4^{2-} с Ca^{2+} ($r = 0,85$ при $p < 0,001$), $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ($r = 0,32$ при $p = 0,007$); SO_4^{2-} с Mg^{2+} ($r = -0,25$ при $p = 0,044$); HCO_3^- с Mg^{2+} ($r = 0,73$ при $p < 0,001$); Ca^{2+} с $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ($r = 0,31$ при $p = 0,01$).

Таким образом, наименьшая связанность между анионами и катионами наблюдается в геотермальных минеральных водах предгорной равнины Кавказа при отсутствии каких-либо ассоциаций между собой как среди различных анионов, так и среди катионов. При этом содержание сульфат-аниона и катионов кальция и магния не коррелировало с другими проанализированными параметрами. Ассоциативные связи между анионами и катионами были выше в дальневосточных минеральных водах и водах Восточной Сибири. Наибольшая связанность и гармоничность содержания анионов и катионов наблюдается в термах Западно-Сибирской геосинеклизы, в частности в глубокозалегающих гидрогеологических комплексах Тюменского региона.

Выводы

Термальные минеральные воды Тюменского региона обладают наиболее сбалансированным катион-анионным составом. Эта особенность обуславливает развитие следующих наиболее перспективных направлений их использования: бальнеологическое, производство бутылированной минеральной воды и получение химических элементов для различных отраслей промышленности. Реализация работы по данным направлениям требует разработки соответствующих инновационных экобиотехнологий.

Вклад авторов

Мамаева Н. Л.: сбор и обработка материала; статистическая обработка данных; написание статьи.

Петров С. А.: концепция и дизайн исследования; научное редактирование.
Мальчевский В. А.: теоретический анализ данных; научное редактирование; концептуализация.

Authors' contributions

Natali L. Mamaeva: collection and processing of study materials; statistical data processing; writing.

Sergei A. Petrov: concept and design of the study; scientific editing.

Vladimir A. Malchevski: theoretical data analysis; scientific editing; conceptualization.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of interests. The authors declare no conflicts of interest.

Список источников

1. Туровинина Е. Ф., Шишина Е. В., Шумасова Ф. К., Аверин С. О. Лечебные минеральные воды юга Тюменской области. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2018;95(3):69–73. <https://doi.org/10.17116/kurort201895369>
2. Петров С. А., Мамаева Н. Л. Оценка запасов геотермальных источников минеральных вод юга Тюменской области. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2023;100(3):46–50. <https://doi.org/10.17116/kurort202310003146>.
3. Хайруллина Л. Б., Мамаева Н. Л. *Концепция устойчивого развития современного общества: взгляд эколога*. Тюмень: Тюменский индустриальный университет; 2025. 161 с.
4. Сахаров В. А., Ильин В. В., Морозова О. А., Выпряхкин Е. Н., Гоголева И. В., Хи И. Кен. Дагинское месторождение термальных минеральных вод. Условия формирования, современное состояние, перспективы использования (Сахалинская область). *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2020;331(1):13–26. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/1/2443>
5. Ахмедов А. И. Термальные и минеральные воды южного склона Большого Кавказа. *Образование и наука в России и за рубежом*. 2021;(79):81–88.
6. Леонова Н. Б., Микляева И. М., Рябова Н. В., Малхазова С. М. Современное состояние и перспективы использования целебных ресурсов Камчатки. *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2018;(6):10–17.
7. Сахаров В. А., Морозова О. А., И К. Хи., Выпряхкин Е. Н. *Гидро-минеральные ресурсы острова Сахалин*. Сер. Монографии ученых Сахалинского государственного университета. Южно-Сахалинск: Сахалинский государственный университет; 2020. 160 с.
8. Антонюк М. В., Гвозденко Т. А., Лебедев С. В., Челнокова Б. И. Состояние и перспективы применения бальнеологических ресурсов Сахалинской области в реабилитации и санаторно-курортном лечении. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2023;4 (94):16–20.
9. Рахманин Ю. А., Егорова Н. А., Михайлова Р. И., Рыжова И.Н., Кочеткова М. Г. *Лечебное и профилактическое применение минеральных вод, содержащих кремний, в Российской Федерации (обзор) Часть 1. Минеральные воды Эссентукской группы. Микроэлементы в медицине*. 2023;24(2):3–11. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2023-24-2-3-11>

10. Адилов В. Б., Львова Н. В., Морозова Е. Ю., Ряженев В. В. Азотные слабоминерализованные термальные минеральные воды России. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2019;96(5):66–71. <https://doi.org/10.17116/kurort20199605166>
11. Дзенс-Литовский А. И. Минеральные источники кавказской группы минеральных вод (КМВ). *Природа*. 1940;(6):70–83. URL: http://neotec.ginras.ru/comrus/_dzens-litovskiy-a-i-1940-mineralnye-istochniki-kavkazskoy-gruppy-mineralnyh-vod-kmv.pdf.
12. Зиппа Е. В., Пургина Д. В., Дребот В. В. Химический состав и геотермальный режим термальных вод байкальской складчатой области (Республика Бурятия). *Успехи современного естествознания*. 2022;(12):110–115.
13. Чудаев О. В. *Состав и условия образования современных гидротермальных систем Дальнего Востока России*. Владивосток: Дальнаука; 2003. 226 с.
14. Брагин И. В., Павлов А. А., Челноков Г. А., Лаврушин В. Ю., Харитонов Н. А. Состав и условия формирования азотно-кремнистых терм Амгинской группы (северо-восток Приморского края). *Тихоокеанская геология*. 2024;43(2):0–101. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2024-43-2-90-101>
15. Брагин И. В. *Термальные воды Сихотэ-Алиня (состав и условия формирования): автореферат на соискание диссертации кандидата геолого-минералогических наук*. Владивосток: Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН; 2011. 18 с.
16. Харитонов Н. А., Лямина Л. А., Челноков Г. А., Брагин И. В., Карабцов А. А., Тарасенко И. А. [и др.]. Химический и изотопный состав азотных термальных вод месторождения Кульдур (ЕАО, Россия). *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*. 2020;(5):77–91. <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2020-5-77-91>
17. Жарков Р. В., Козлов Д. Н., Веселов О. В. Амурские термальные источники (остров Сахалин). *Успехи современного естествознания*. 2018;(11):317–322.
18. Павленко О. Л. *Подземные минеральные лечебные воды юга Тюменской области (условия формирования и практическое использование): автореферат на соискание диссертации кандидата геолого-минералогических наук*. Тюмень: Западно-Сибирский институт проблем геологии нефти и газа Тюменского государственного нефтегазового университета; 2012. 17 с.
19. Карта прогнозных ресурсов геотермальной энергии. Камчатский научный центр ДО РАН. URL: http://www.kscnet.ru/ivs/publication/kuril_kam2005/title4.jpg.
20. Тюменский филиал ФБУ «ТФГИ по Уральскому федеральному округу». URL: https://www.tmntfgi72.ru/miniralinie_vodi.

References

1. Turovinina E. F., Shishina E. V., Shumasova F. K., Averin S. O. The medicinal mineral waters in the southern part of the Tyumen region. *Problems of balneology, physiotherapy and exercise therapy*. 2018;95(3):69–73. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort201895369>
2. Petrov S. A., Mamaeva N. L. Assessment of reserves of mineral water's geothermal sources in the south of Tyumen region. *Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy*. 2023;100(3):46–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort202310003146>

3. Hajrullina L. B., Mamaeva N. L. *The concept of sustainable development of modern society: an ecologist's view*. Tyumen: Industrial University of Tyumen; 2025. (In Russ.).
4. Saharov V. A., Il'in V. V., Morozova O. A., Vypryazhkin E. N., Gogoleva I. V., I Ken Khi. Daginskoye thermal mineral water deposit. Formation conditions, current status, and development prospects (Sakhalin Oblast). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2020;331(1):13–26. (In Russ.). <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/1/2443>
5. Ahmedov A. I. Thermal and mineral waters of the southern slope of the Greater Caucasus. *Obrazovanie i nauka v Rossii i za rubezhom*. 2021;(79):81–88. (In Russ.).
6. Leonova N. B., Miklyaeva I. M., Ryabova N. V., Malhazova S. M. Current state and prospects for the use of Kamchatka's healing resources. *Moscow University Bulletin. Series 5, Geography*. 2018;(6):10–17. (In Russ.).
7. Saharov V. A., Morozova O. A., Hi I K., Vypryazhkin E. N. *Hydrothermal resources of Sakhalin Island*. Ser. Monografii uchenykh Sahalinskogo gosudarstvennogo universiteta. Yuzhno-Sahalinsk: Sahalinskij gosudarstvennyj universitet; 2020. (In Russ.).
8. Antonyuk M. V. Gvozdenko T. A., Lebedev S. V., Chelnokova B. I. The status and prospects of using the balneological resources of the Sakhalin region in rehabilitation and spa treatment. *Pacific Medical Journal*. 2023;4 (94):16–20. (In Russ.).
9. Rahmanin Yu. A., Egorova N. A., Mihajlova R. I., Ryzhova I. N., Kochetkova M. G. *Therapeutic and prophylactic use of mineral waters containing silicon in the Russian Federation (review). Part 1. Mineral waters of the Essentuki group. Trace elements in medicine (Moscow)*, 2023;24(2):3–11. (In Russ.). <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2023-24-2-3-11>
10. Adilov V. B., L'vova N. V., Morozova E. Yu., Ryazhenov V. V. Weakly mineralized nitrogen thermal waters of Russia. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2019; 96(5):66–71. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort20199605166>
11. Dzens-Litovskiy A. I. Mineral springs of the Caucasian group of mineral waters (KMV). *Priroda*. 1940;(6):70–83. (In Russ.). URL: http://neotec.ginras.ru/comrus/_dzens-litovskiy-a-i-1940-mineralnye-istochniki-kavkazskoy-gruppy-mineralnyh-vod-kmv.pdf
12. Zippa E. V., Purgina D. V., Drebot V. V. Chemical composition and geothermal regime of thermal waters of the Baikal folded region (Republic of Buryatia). *Advances in current natural sciences*. 2022;(12):110–115. (In Russ.).
13. Chudaev O. V. *Composition and conditions of formation of modern hydrothermal systems of the Russian Far East*. Vladivostok: Dal'nauka; 2003. (In Russ.).
14. Bragin I. V., Pavlov A. A., Chelnokov G. A., Lavrushin V. Iu., Kharitonova N. A. The composition and formation conditions of nitrogen–siliceous thermal waters of the AMGU group (northeast of the Primorsky krai). *Russian Journal of Pacific Geology*. 2024;18(2):198–209. (In Russ.). <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2024-43-2-90-101>
15. Bragin, I. V. Thermal waters of Sikhote-Alin (composition and conditions of formation): abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Geological and Mineralogical Sciences. Vladivostok: Far Eastern Geological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; 2011. (In Russ.).

16. Kharitonova N. A., Lyamina L. A., Chelnokov G. A., Bragin I. V., Karabtsov A. A., Tarasenko I. A. [et al.]. *Chemical and isotopic composition of nitrogen thermal waters of the Kuldur Deposit (JAR, Russia)*. Moscow University Bulletin. Series 4. Geology. 2020;(5):77-91. (In Russ.) <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2020-5-77-91>
17. Zharkov R. V., Kozlov D. N., Veselov O. V. Amur thermal springs (Sakhalin Island). *Advances in current natural sciences*. 2018;(11):317–322. (In Russ.).
18. Pavlenko O. L. *Underground mineral healing waters of the south of the Tyumen region (conditions of formation and practical use)] : Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Geological and Mineralogical Sciences*. Tyumen: West Siberian Institute of Oil and Gas Geology Problems of Tyumen State Oil and Gas University; 2012. (In Russ.).
19. Map of predicted geothermal energy resources. http://www.kscnet.ru/ivs/publication/kuril_kam2005/title4.jpg. Kamchatskiy nauchnyy tsentr DO RAN. (In Russ.). URL: http://www.kscnet.ru/ivs/publication/kuril_kam2005/title4.jpg.
20. Tyumen branch of the Federal State Budgetary Institution "TFGI for the Ural Federal District". www.tmntfgi72.ru/miniralinie_vodi, date of access 11.02.2025. (In Russ.) URL: https://www.tmntfgi72.ru/miniralinie_vodi

Информация об авторах / Information about the authors

Мамаева Наталья Леонидовна, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук; старший преподаватель, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, mamaeva.natali2011@mail.ru

Natali L. Mamaeva, Senior Researcher, Tyumen Scientific Centre SB RAS; Senior Lecturer, Industrial University of Tyumen, mamaeva.natali2011@mail.ru

Петров Сергей Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень, tumiki@yandex.ru

Sergei A. Petrov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher, Tyumen Scientific Centre SB RAS, tumiki@yandex.ru

Мальчевский Владимир Алексеевич, доктор медицинских наук, профессор РАН, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень, malchevski@mail.ru

Vladimir A. Malchevski, Doctor of Medical Sciences, Professor of the RAS, Chief Researcher, Tyumen Scientific Centre SB RAS, malchevski@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 11.11.2025

Поступила после рецензирования / Revised 11.12.2025

Принята к публикации / Accepted 12.12.2025