

УДК 556.314:544

DOI: 10.31660/0445-0108-2024-6-91-98

Гидрогеохимические особенности подземных вод межмерзлотных таликов на примере месторождения в Республике Саха (Якутия)

А. А. Шульгина*, В. А. Бешенцев

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

*shulginaaa@std.tyuiu.ru

Аннотация. Гидрогеохимическая характеристика подземных вод является важным элементом в изучении пространственных и временных изменений ресурсов подземных вод, что имеет решающее значение для использования водных ресурсов, охраны окружающей среды. В данной работе авторами описан гидрогеохимический облик межмерзлотных подземных вод локально-водоносного средне-верхнекембрийского горизонта, на примере месторождения в Республике Саха (Якутия). Проанализировано влияние природных и техногенных факторов на формирование химического состава подземных вод.

Ключевые слова: подземные воды, локально-водоносный горизонт, Республика Саха (Якутия), гидрогеохимический облик, радиационно-тепловой талик, УВС

Для цитирования: Шульгина, А. А. Гидрогеохимические особенности подземных вод межмерзлотных таликов на примере месторождения в Республике Саха (Якутия) / А. А. Шульгина, В. А. Бешенцев. – DOI 10.31660/0445-0108-2024-6-91-98 // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2024. – № 6. – С. 91–98.

Groundwater hydrogeochemical features in interpermafrost taliks on the example of the field in the Republic of Sakha (Yakutia)

Angelina A. Shulgina*, Vladimir A. Beshencev

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

*shulginaaa@std.tyuiu.ru

Abstract. The hydrogeochemical characterization of groundwater is a crucial aspect of studying the spatial and temporal variations in groundwater resources, which is crucial for water resource utilization and environmental protection. This article presents the hydrogeochemical profile of interpermafrost groundwater of the Middle-Upper Cambrian horizon local aquifer, based on a case study from a deposit in the Sakha Republic (Yakutia). Also, this study analyzes the impact of both natural and anthropogenic factors on the chemical composition of the groundwater.

Keywords: groundwater, locally aquifer, Republic of Sakha (Yakutia), hydrogeochemical appearance, radiation-thermal talik, hydrocarbons

For citation: Shulgina, A. A. & Beshencev, V. A. (2024). Groundwater hydrogeochemical features in interpermafrost taliks on the example of the field in the Republic of Sakha (Yakutia). Oil and Gas Studies, (6), pp. 91-98. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2024-6-91-98

Введение

Формирование химического состава подземных вод и изменение его в процессе эксплуатации происходит под воздействием природных (физико-геологических, климатических, гидрогеологических) и техногенных факторов. Установление достоверных причин трансформации гидрохимического облика подземных вод не теряет своей актуальности на сегодняшний день.

Изучаемое месторождение расположено на территории Ленского района Республики Саха (Якутия). Развитие нефтегазовой отрасли региона обусловило необходимость поиска источников водоснабжения для технологического обеспечения водой месторождений углеводородного сырья (УВС). Учитывая суровые климатические условия региона, использование традиционных источников, приуроченных к поверхностным водотокам, нецелесообразно вследствие их полного промерзания. В связи с этим были проведены геологоразведочные работы с целью организации водоснабжения для системы поддержания пластового давления (ППД) за счет использования подземных вод. На территории рассматриваемого месторождения, оптимальным источником признан межмерзлотный локально-водоносный средне-верхнекембрийский горизонт.

Месторождение расположено в зоне сплошного и прерывистого распространения многолетнемерзлых пород (ММП) мощностью до 100–200 м. Рассматриваемый участок приурочен к зонам распространения сквозного радиационно-теплого талика. Границы таликовой зоны выделены по результатам площадных электроразведочных работ методом 3СБ, бурением гидрогеологических скважин и инженерно-геологических изысканий. Величина сезонно-талого слоя (СТС) достигает 2–3 м.

В гидрогеологическом отношении изучаемая территория относится к структуре второго порядка – Тунгусскому артезианскому бассейну Сибирского сложного АБ [1].

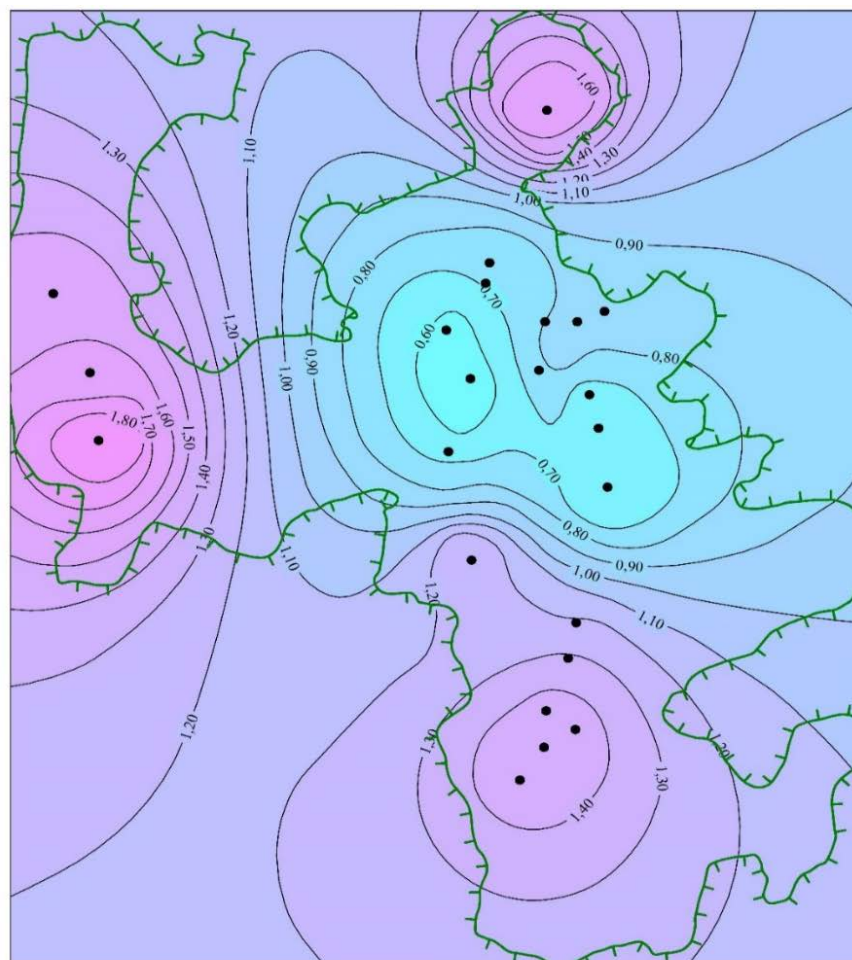
Объект и методы исследования

Целевой средне-верхнекембрийский локально водоносный горизонт (ЛВГ) сверху локально перекрыт нижнеюрскими терригенными отложениями, представленными песками и песчаниками с прослоями алевролитов, мощностью до 50 м. Снизу целевой ЛВГ подстилается карбонатными отложениями среднего-нижнего кембрия, мощностью от 60 до 160 м. Характер структуры целевого средне-верхнекембрийского ЛВГ соотносится с рельефом поверхности и залегает на глубинах до 235 м. Подземные воды исследуемого горизонта циркулируют по порам и трещинам терригенно-карбонатных пород: в большей части доломитов, гипса, известняков, в меньшей — аргиллитов и песчаников.

Ввиду близкого залегания исследуемых подземных вод к поверхности они являются весьма восприимчивыми к техногенному воздействию, результатом которого может быть загрязнение или даже истощение продуктивных горизонтов. В связи с этим необходимо детальное изучение гидрогеохимических условий территории [2].

Для характеристики состава подземных вод использованы результаты лабораторных исследований 302 проб воды, отобранных с водозаборных скважин месторождения. Авторами статьи произведен статистический анализ данных, в результате которого 178 проб признаны представительными.

Выбор представительных результатов химического анализа подземных вод на рассматриваемом месторождении основан на анализе и сравнении полученных данных. Из описания химического состава подземных вод исключены пробы с нарушением принципа электронейтральности раствора, с аномальными значениями минерализации, ионов магния и хлорид-ионов.



Условные обозначения:

- - точка гидрогеохимического опробования
- - граница радиационно-теплого талика

Величина минерализации, г/дм³

	0,40		0,80		1,20		1,60		2,00
	0,50		0,90		1,30		1,70		2,10
	0,60		1,00		1,40		1,80		
	0,70		1,10		1,50		1,90		

Рис. 1. Площадьное изменение средней минерализации

По солевому составу подземные воды объекта эксплуатации преимущественно гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатные, реже хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные, смешанного катионного состава.

Результаты

Авторами составлена схема изменения минерализации по площади радиационно-теплого талика (рис. 1). В центральной части радиационно-теплого талика подземные воды характеризуются как пресные ($0,2\text{--}0,9\text{ г/дм}^3$), по приближению к границам радиационно-теплого талика происходит увеличение минерализации до $2,7\text{ г/дм}^3$.

Очаг пресных подземных вод выявлен на участках наибольшей инсоляции, на возвышенной части территории. Увеличение минерализации, вероятно, связано с процессом вымораживания. При замерзании подземные воды концентрируются, а при их оттаивании в перенасыщенном растворе происходит выпадение твердых солей и, соответственно, увеличивается минерализация межмерзлотных подземных вод [3, 4].

По величине водородного показателя воды характеризуются от слабых до слабощелочных ($6,0\text{--}8,5\text{ ед.}$).

В анионном составе в основном преобладают сульфат-ионы содержащиеся в количестве $0,3\text{--}40,0\text{ мг-экв/дм}^3$. Гидрокарбонат-ионы определены в количестве $0,3\text{--}8,7\text{ мг-экв/дм}^3$, хлорид-ионы в количестве $0,1\text{--}16,2\text{ мг-экв/дм}^3$.

В катионном составе преобладают ионы кальция ($1,5\text{--}23,3\text{ мг-экв/дм}^3$) и суммарное содержание ионов натрия и калия ($0,1\text{--}14,1\text{ мг-экв/дм}^3$). Концентрация магния достигает $25,3\text{ мг-экв/дм}^3$.

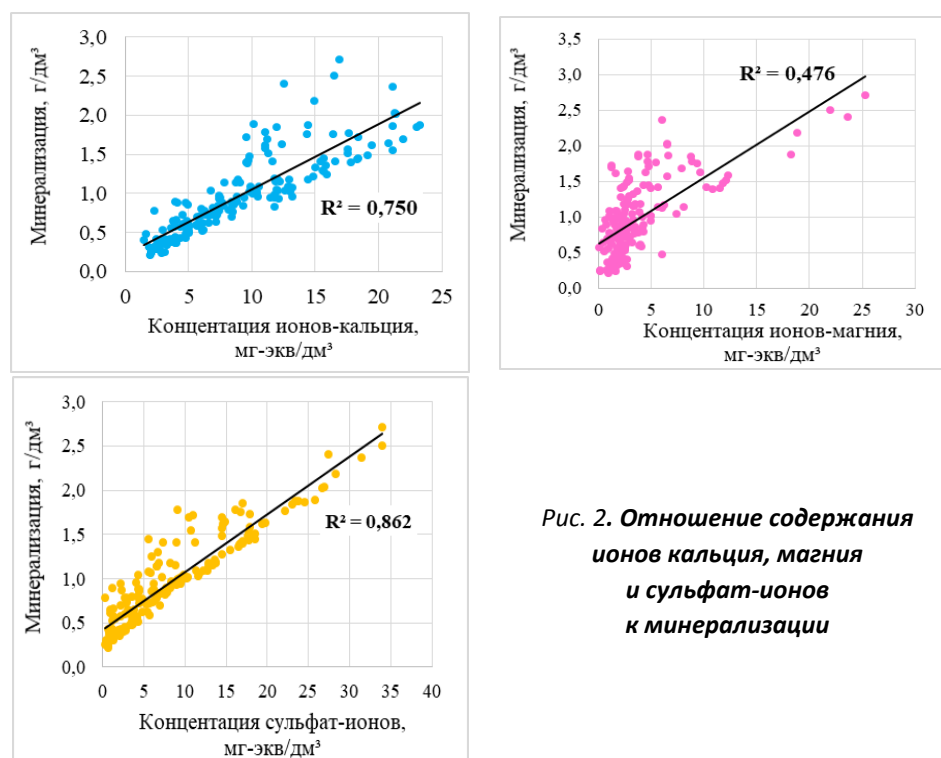


Рис. 2. Отношение содержания ионов кальция, магния и сульфат-ионов к минерализации

Для оценки влияния пород коллекторов на состав подземных вод авторами построены графики отношения величины минерализации от содержания основных компонентов. По результатам расчетов, наиболее тесная связь прослеживается с ионами кальция и сульфата, коэффициенты детерминации составили 0,750 и 0,862 соответственно (рис. 2).

Слабая линейная взаимосвязь прослеживается с магнием, коэффициент детерминации равен 0,476. По остальным компонентам взаимосвязь не прослеживается. Тесная взаимосвязь ионов магния и сульфатов говорит об их накоплении в подземных водах в результате выщелачивания из горных пород водорастворимых солей (гипс, доломит) [5]. Таким образом, формирование подземных вод межмерзлотного талика происходит при тесной взаимосвязи системы вода — порода.

С целью оценки динамики основных компонентов химического состава подземных вод авторами статьи проведен сравнительный анализ данных. По результатам анализа, химический состав отличается своей стабильностью во времени (рис. 3), а в слабосолоноватых отмечается увеличение содержания хлоридов с 2018 года (рис. 4).

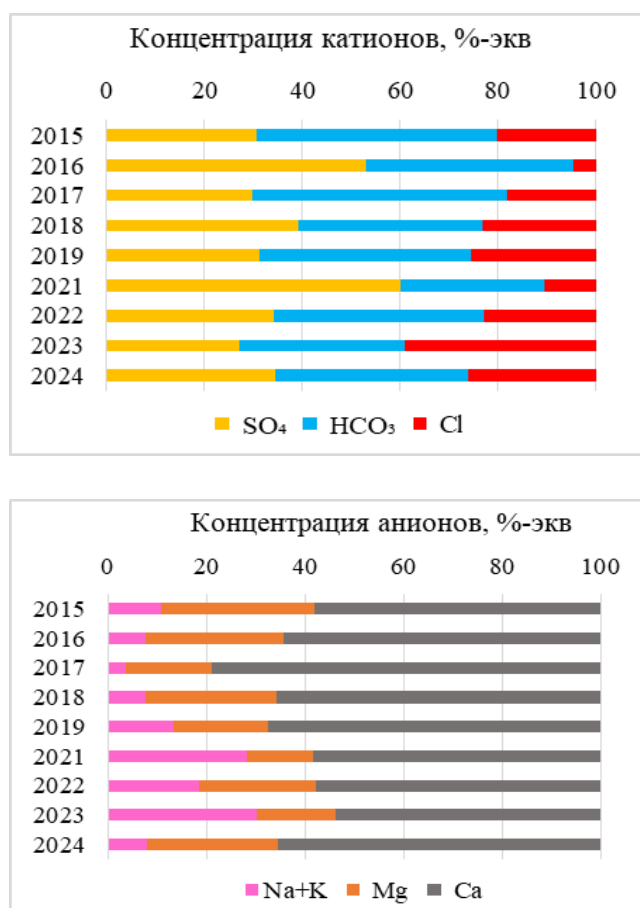


Рис. 3. Динамика изменения химического состава пресных подземных вод

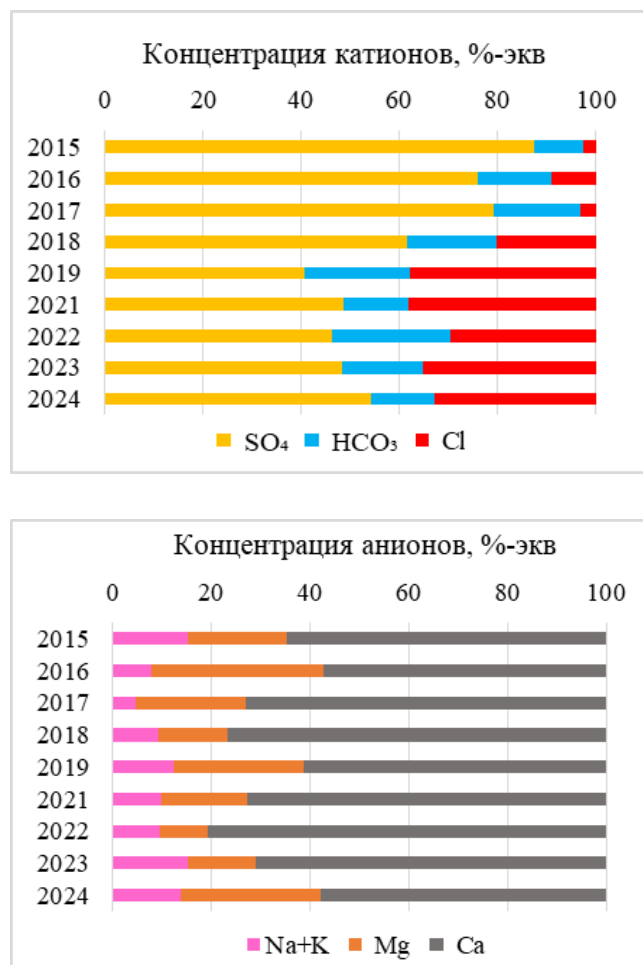


Рис. 4. Динамика изменения химического состава слабосоленых подземных вод

Повышение содержания хлорид-иона, вероятно, связано с антропогенным фактором при интенсивной разработке месторождения УВС. На месторождении кустовые площадки отсыпаны общераспространенными полезными ископаемыми, которые, в свою очередь, при взаимодействии с атмосферными осадками образуют перенасыщенный солями раствор. Это подтверждается данными по экологическому мониторингу почвенного состава территории. Фоновые значения по данному району зафиксированы для хлоридов 1,22 мг/кг. Впоследствии интенсивной разработки месторождения концентрация увеличилась до 7,5–433,1 мг/кг. Также увеличение концентрации хлорид-иона может говорить о межпластовых перетоках по трещинам.

Содержание общего железа по пробам составило 0,09–4,1 мг/дм³.

Из микрокомпонентов в пробах подземных вод средне-верхнекембрийского ЛВК определены в следующих концентрациях: алюминий — до < 0,01 мг/дм³, бериллий — до < 0,0001 мг/дм³, бор —

от $< 0,001$ до $0,37$ мг/дм³, кадмий — до $< 0,0001$ мг/дм³, кобальт — до $< 0,0001$ мг/дм³, марганец — от $< 0,0001$ до $0,6$ мг/дм³, медь — до $< 0,001$ мг/дм³, молибден — до $< 0,001$ мг/дм³, мышьяк — до $< 0,001$ мг/дм³, никель — до $< 0,001$ мг/дм³, свинец — до $< 0,001$ мг/дм³, селен — до $< 0,005$ мг/дм³, фосфаты — от $< 0,5$ до 2 мг/дм³, фтор — от $0,25$ до $0,32$ мг/дм³, хром — до $< 0,001$ мг/дм³, цинк — до $< 0,005$ мг/дм³.

Содержание механических примесей составляет от $3,3$ до 73 мг/дм³. Содержание нефтепродуктов незначительно и колеблется от нижнего порога определения ($< 0,005$ мг/дм³) до $0,014$ мг/дм³.

По результатам определения, концентрация растворенного кислорода варьирует в пределах $0,4$ – $2,16$ мг/дм³ при нормативном значении не более $0,5$ мг/дм³. Теоретически растворенный кислород должен отсутствовать в подземных водах. Вероятно, высокие концентрации связаны с нарушением методики отбора проб воды.

Содержание сероводорода находится ниже порога определения лабораторной установки ($< 0,002$ мг/дм³), что говорит об его отсутствии.

Сульфатовосстанавливающие бактерии отсутствуют.

Выводы

Таким образом, формирование подземных вод межмерзлотного водоносного горизонта в основном происходит под влиянием геокриологических, геологических, геохимических и техногенных факторов. Повышение минерализации обусловлено процессами вымораживания и выщелачивания солей из горных пород, которые, в свою очередь происходят за счет тепляющего эффекта недр при разработке месторождения УВС.

Локальное техногенное воздействие, а именно отсыпка территории общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ) со временем приводит к повышению хлорид-иона, что ведет к трансформации гидрогеохимического облика подземных вод.

Список источников

1. Карта гидрогеологического районирования территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 и Унифицированные схемы объектов гидрогеологической стратификации территории Российской Федерации (протокол Роснедра от 07.02.2012 г. № 18/83-пр). – Москва : Гидроспецгеология, 2011. – 47 с. – Текст : непосредственный.
2. Abdrashitova, R. N. Causes of variability in groundwater salinity of the Lower Jurassic sediments in the Talinskoye oilfield of West Siberia / R. N. Abdrashitova, M. A. Kadyrov. – DOI 10.3390/su14137675. – Direct text // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, Issue 13. – P. 7675.
3. Киреева, Т. А. Нефтегазопромысловая гидрогеохимия и гидрогеодинамика. Ч. 1. Нефтегазопромысловая гидрогеохимия : учебное пособие / Т. А. Киреева. – Москва : МГУ. – 2016. – 217 с. – Текст : непосредственный.

4. Посохов, Е. В. Общая гидрогеохимия / Е. В. Посохов. – Ленинград : Недра, 1975. – 208 с. – Текст : непосредственный.
5. Климентов, П. П. Общая гидрогеология : учебник / П. П. Посохов. – Москва : Высшая школа, 1971. – 224 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Karta gidrogeologicheskogo rajonirovaniya territorii Rossijskoj Federacii mashtaba 1:2 500 000 i Unificirovanny`e sxemy` ob`ektov gidrogeologicheskoy stratifikacii territorii Rossijskoj Federacii (protokol Rosnedra ot 07.02.2012 g. № 18/83-pr). (2011). Moscow, FGUGP «Gidrospeczgeologiya» Publ., 47 p. (In Russian).
2. Abdrashitova, R. N., & Kadyrov, M. A. (2022). Causes of Variability in Groundwater Salinity of the Lower Jurassic Sediments in the Talinskoye Oilfield of West Siberia. Sustainability, 14(13). (In English). DOI: 10.3390/su14137675
3. Kireeva, T. A. (2016). Neftegazopromy`slovaya gidrogeoximiya i gidrogeodinamika. Ch.1 Neftegazopromy`slovaya gidrogeoximiya. Moscow, MGU Publ., 217 p. (In Russian).
4. Posoxov, E. V. (1975). Obshhaya gidrogeoximiya. Leningrad, Nedra Publ., 208 p., (In Russian).
5. Klimentov, P. P. (1971). Obshhaya gidrogeologiya. Moscow, Vy`sshaya shkola Publ., 224 p. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Шульгина Ангелина Аркадьевна, аспирант кафедры геологии месторождений нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, shulginaaa@std.tyuiu.ru

Бешенцев Владимир Анатольевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии месторождений нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Angelina A. Shulgina, post-graduate student of the Department of Geology of Oil and Gas Field, Industrial University of Tyumen, shulginaaa@std.tyuiu.ru

Vladimir A. Beshentsev, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor at the Department of Geology of Oil and Gas Fields, Industrial University of Tyumen

Статья поступила в редакцию 01.11.2024; одобрена после рецензирования 13.11.2024; принята к публикации 15.11.2024.

The article was submitted 01.11.2024; approved after reviewing 13.11.2024; accepted for publication 15.11.2024.