

assessment of vegetation condition and agroecosystem productivity. Based on satellite data from recent years' vegetation periods, spatial and temporal changes in the state of agricultural lands were identified, which made it possible to determine areas with sustainable development and problematic zones requiring additional attention. The paper presents thematic maps of NDVI distribution, analyzes factors affecting the decrease in vegetation activity, including weather conditions, irrigation levels, and soil degradation. The results confirm the high informational value and practical significance of using NDVI in agro-monitoring, and highlight the need for integrating remote sensing methods into the regional agricultural management system. The proposed approach can be useful for government bodies, farming enterprises, and research institutions in making decisions on adapting agriculture to modern climate challenges.

**Keywords:** NDVI, Earth remote sensing, Sentinel-2, ArcGIS Pro, agriculture, Kyzylorda region, agro-monitoring, vegetation index, geospatial technologies, vegetation.

**Вклад авторов:**

Алтаева А.А. — методическое сопровождение, сбор и обработка данных, написание основного текста статьи.

Даркенбаева А.Б. — сбор и обработка данных, написание и редактирование текста статьи. Отбор данных; Формальный анализ; Написание статьи. Методология; Отбор данных; Формальный анализ; Написание статьи.

Садыков Б.Б. — постановка исследования, интерпретация результатов, научное редактирование текста. Концептуализация; Валидация; Написание – обзор и редактирование; Руководство.

**МРНТИ 38.61.19**

**DOI** <https://doi.org/10.37884/3-2025/44>

*Е.Ж. Муртазин, Д.К. Аденова\*, С. Тажиев*

<sup>1</sup> *Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, Алматы, Казахстан, ye\_murtazin@list.ru, adenovadinara@gmail.com\*, sula\_tashiev@mail.ru*

**ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ  
ЛИТИЕНОСНЫХ РАССОЛОВ ШУ-САРЫСУЙСКОЙ ВПАДИНЫ**

*Аннотация*

Статья посвящена изучению гидрогеохимических условий формирования литиеносных рассолов в пределах Шу-Сарысуйской впадины, одного из перспективных районов Казахстана по добыче лития из подземных вод. На основе анализа химического состава рассолов, минерализации, ионных соотношений и гидрогеологического строения территории выявлены основные факторы, влияющие на аккумуляцию лития. Выявлены гидрогеохимические зоны и подзоны распространения рассолов с минерализацией от 140 до 272 г/л. Химический состав рассолов в основном хлоридный кальциево-натриевый III-б типа, реже хлоридные магниевонатриевый и натриевый III-а типа. Установлена роль тектонических, климатических и литолого-фациальных условий в формировании геохимических барьеров и концентрации лития в подземных водах. Проведен сравнительный анализ состава рассолов различных горизонтов, дана оценка степени их эволюции и минерализации. Из микрокомпонентов в рассолах содержится стронций от 680.5 до 1648.2 мг/л; литий от 24.46 до 55.11 мг/л; рубидий от 4.3 до 8.4 мг/л; цезий от 0.31 до 0.41 мг/л. Полученные результаты позволяют уточнить механизмы литогенеза и обосновать перспективные участки для дальнейших поисков и рационального освоения литиеносных ресурсов региона.

**Ключевые слова:** литий, рассолы, Шу-Сарысу́йская впадина, гидрогеохимия, подземные воды.

### **Введение**

В условиях стремительно развивающихся технологий и перехода к альтернативным источникам энергии возрастает потребность в редких и рассеянных элементах, среди которых особое место занимает литий [1]. Этот элемент играет ключевую роль в развитии «зеленых» технологий, особенно в производстве литий-ионных аккумуляторов, используемых в электромобилях, портативной электронике, системах хранения энергии и других отраслях высокотехнологичной промышленности. Учитывая возрастающий мировой спрос на литий, актуальность исследования природных источников этого металла — как в твёрдой, так и в жидкой (рассольной) форме — непрерывно возрастает [2-3].

Особый интерес в последние годы вызывает изучение литиеносных рассолов — природных подземных вод с высоким содержанием лития, представляющих собой стратегически важный источник его промышленной добычи. В отличие от твёрдых руд, извлечение лития из рассолов может быть более экономически выгодным и экологически приемлемым при соответствующих условиях [4-6].

Формирование рассольных вод, обогащенных литием, представляет собой сложный многокомпонентный процесс, обусловленный сочетанием климатических, геологических, гидрогеологических и геохимических факторов. В частности, засушливый климат, наличие замкнутых и слабодренированных впадин, а также особенности минерального состава вмещающих пород создают благоприятные условия для аккумуляции лития в природных рассолах [7-8].

Одним из перспективных регионов по выявлению и изучению литиеносных водоносных комплексов в Центральной Азии является Шу-Сарысу́йская впадина, расположенная на территории Казахстана. Эта крупная тектоническая структура отличается сложным геологическим строением, разнообразием литологических формаций и благоприятными гидрогеохимическими условиями, способствующими формированию рассолов с аномальным содержанием лития и других ценных компонентов. Несмотря на известную солерассольную специализацию впадины, вопросы геохимической эволюции рассолов, механизмов миграции и аккумуляции лития, а также пространственной дифференциации его концентраций остаются недостаточно изученными [9-11].

В этой связи целью настоящего исследования является выявление гидрогеохимических особенностей формирования литиеносных рассолов Шу-Сарысу́йской впадины, оценка влияющих факторов и обоснование перспективных участков для дальнейших поисков и освоения ресурсов лития, также целью является анализ гидрогеохимических условий формирования литиеносных рассолов в пределах Шу-Сарысу́йской впадины с учетом факторов водообмена, минерализации, ионного состава и миграционных характеристик лития. Особое внимание уделяется генетическим типам рассолов, источникам поступления лития и трансформациям его форм в подземных водах в условиях аридного климата.

### **Методы и материалы**

Исследования проводились на территории Шу-Сарысу́йской впадины, охватывающей районы с различной степенью минерализации ионов в подземных водах, включая замкнутые участки с интенсивными процессами испарения. Основной объем полевых работ включал отбор проб подземных рассольных вод из эксплуатационных, разведочных и наблюдательных скважин, а также из естественных источников (колодцев, родников, временных водоемов).

Анализ проб проводился в аккредитованных лабораториях с использованием стандартных методик анализа природных вод. Для определения ионного состава применялись ионометрические, фотометрические, титриметрические и пламенные фотометрические методы. Особое внимание уделялось точному определению концентраций лития, натрия, калия, хлора, сульфатов, а также общему солесодержанию и pH.

Дополнительно использовались следующие методы:

*Статистическая обработка* данных для выявления закономерностей распределения лития и других элементов;

*Геоинформационные технологии* для пространственной интерпретации гидрогеохимических данных, включая построение карт распределения минерализации и лития.

В качестве дополнительных источников использовались материалы фондовых геолого-гидрогеологических отчетов, данные космического зондирования, а также результаты ранее выполненных исследований на данной территории. Геолого-структурные и литологические характеристики анализировались на основе существующих стратиграфических разрезов, данных бурения и описаний керна.

Представленные методы позволяют комплексно оценить факторы, влияющие на формирование литиеносных рассолов, и выделить наиболее перспективные участки для дальнейших геолого-гидрогеологических работ.

### ***Результаты и обсуждение***

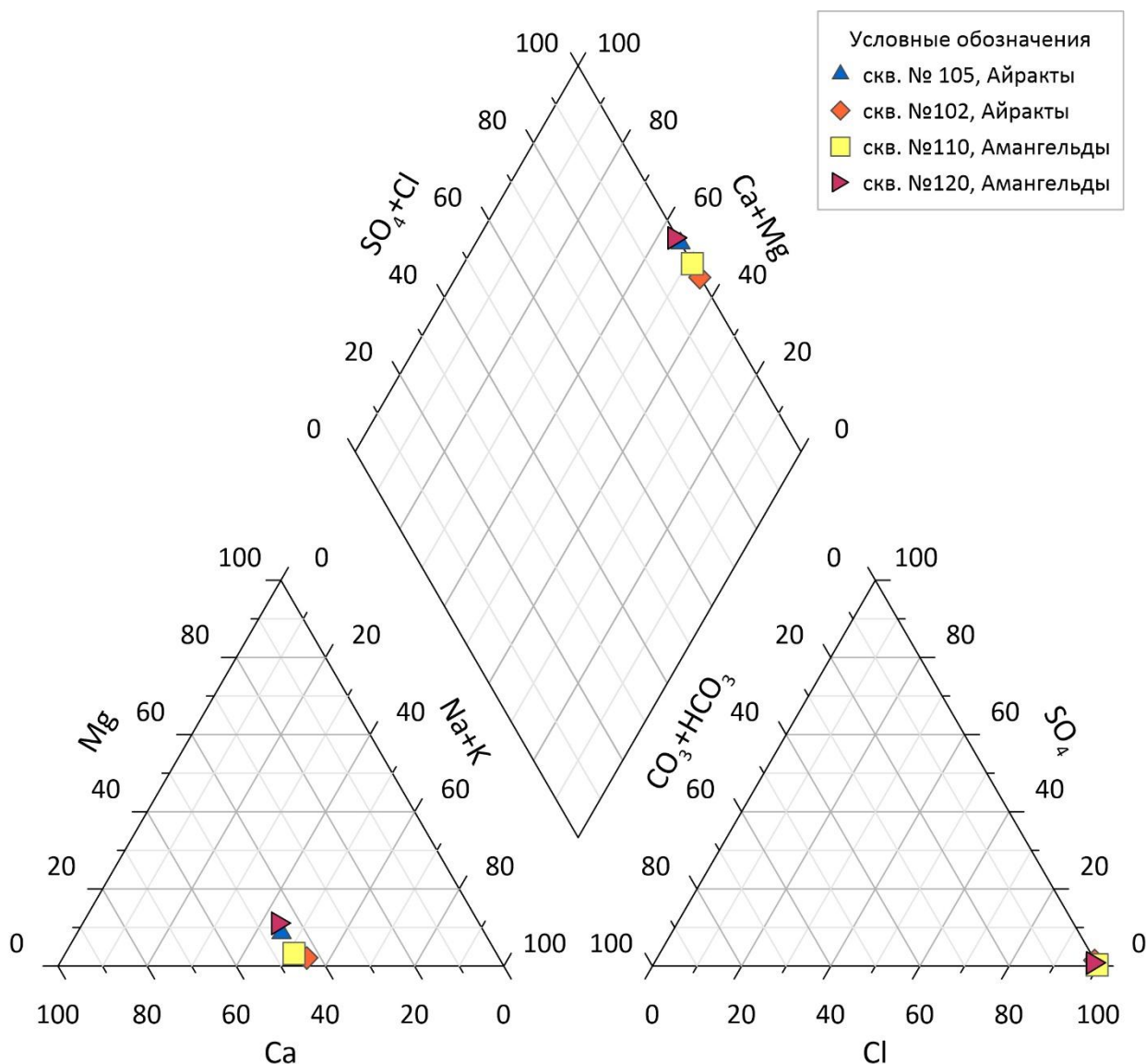
*Область исследований.* Шу-Сарысуйская впадина представляет собой крупное тектоническое образование, расположенное в южной части Казахстана, характеризующееся сложным геологическим строением и благоприятными условиями для аккумуляции минеральных подземных вод. Формирование литиеносных рассолов в пределах впадины определяется совокупностью литолого-структурных, климатических и гидрогеохимических факторов, способствующих накоплению ионов лития в подземных водах различной степени минерализации (рис.1) [9-10].



**Рисунок 1 - Обзорная карта района работ**

Литологически водоносные горизонты представлены преимущественно терригенными осадками песками, алевритами и глинами, чередующимися с линзами карбонатных и эвапоритовых пород. Присутствие гипсо-ангидритовых и хлоридных формаций способствует насыщению вод сульфатами, хлоридами, натрием и литием. Герметичность отдельных горизонтов, обусловленная слабо проницаемыми глинистыми пачками, создает благоприятные условия для длительной изоляции рассольных вод и их эволюции в сторону повышения минерализации [11-12].

По результатам гидрохимических анализов, рассолы Шу-Сарысуйской впадины обладают высокой минерализацией от 140 до 272 г/л. По ионному составу преобладают хлоридный кальциево-натриевый III-б типа; реже хлоридные магниевое-натриевый и натриевый III-а типа, что свидетельствует о развитом процессе испарительной концентрации. Концентрации лития варьируют в пределах от 24.46 до 55.11 мг/л, достигая максимальных значений в межпластовых водах закрытых депрессионных зон с ограниченной циркуляцией. Повышенное содержание лития также наблюдается в рассолах, обогащенных бором, стронцием и бромом, что указывает на общий генетический тип минеральных вод (рис.2).



**Рисунок 2** - Диаграмма Пайпера – основных химических компонентов

Формирование литиеносных рассолов обусловлено рядом гидрогеохимических процессов: ионным обменом, растворением и переотложением солей, диффузной миграцией, а также действием геохимических барьеров. Особую роль играют окислительно-восстановительные градиенты, способствующие локальной концентрации лития за счёт перехода его из сорбированного состояния в раствор. Условия аридного климата с повышенной испаряемостью также вносят значительный вклад в повышение минерализации подземных вод [10-12].

Гидродинамически наиболее перспективными для накопления лития являются зоны пониженного напора, где ограничена циркуляция вод, а восстановительные условия и застойный режим способствуют длительному концентрированию солевых компонентов.



Современные исследования указывают на наличие в пределах впадины ряда локальных участков, обладающих промышленным потенциалом по литийному содержанию, в особенности в зоне северо-западного борта впадины и центральной части Сарысуйского прогиба [9-10].

Таким образом, гидрогеохимическая специфика Шу-Сарысуйской впадины предопределяет её значимость как потенциального источника литиеносных рассолов. Комплексное изучение литогенеза и водно-солевой эволюции подземных вод региона необходимо для обоснования рационального освоения и промышленной эксплуатации литиевых ресурсов.

Результаты гидрогеохимических исследований показали, что литиеносные рассолы Шу-Сарысуйской впадины характеризуются высокой минерализацией (до 272 г/л) и значительным преобладанием ионов натрия и хлора, что указывает на хлоридно-натриевый тип вод. Концентрации лития варьируются в широком диапазоне — 24.46 до 55.11 мг/л, с наибольшими значениями в наиболее замкнутых и аридных участках впадины (рис.3).

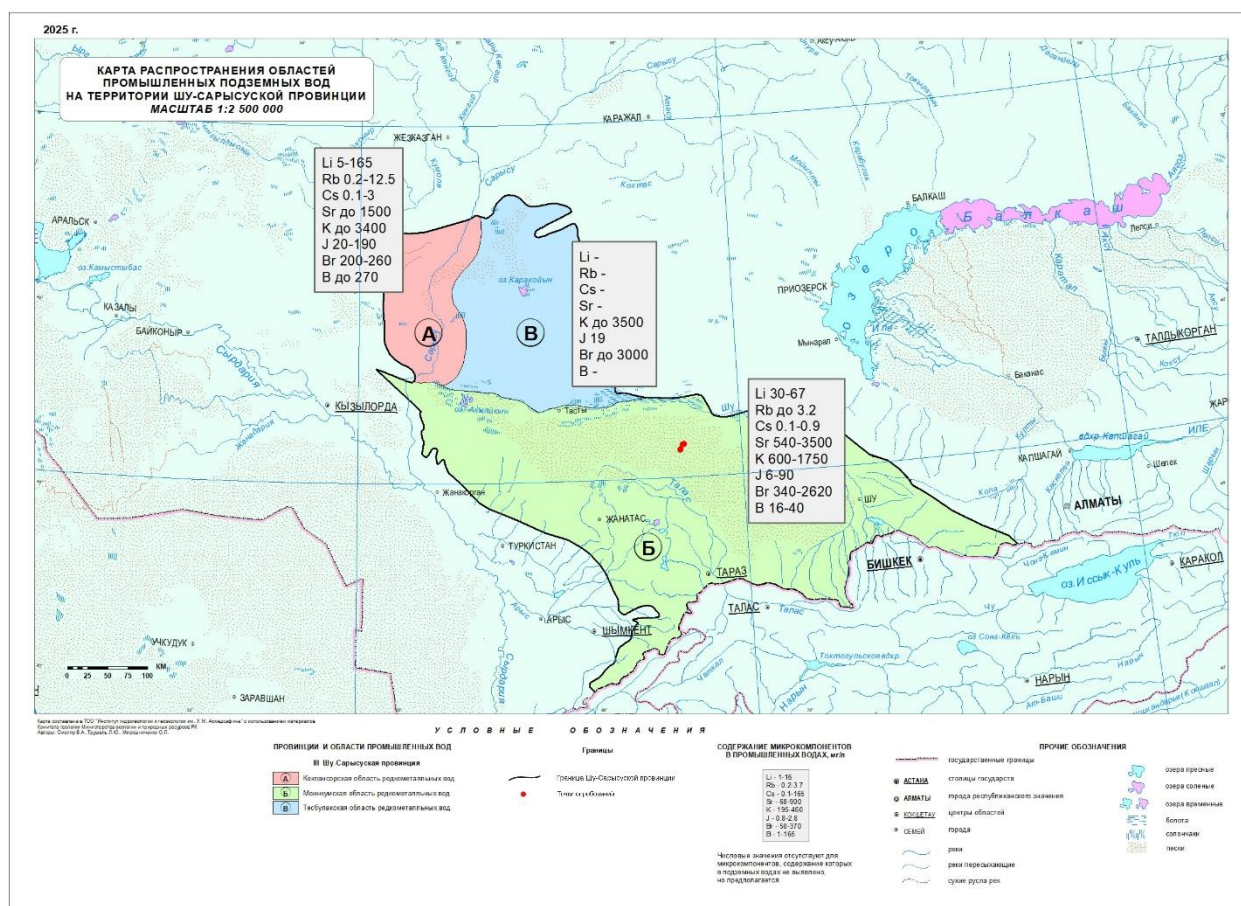


Рисунок 3 - Структура геоинформационной базы данных

Анализ пространственного распределения лития свидетельствует о его аккумуляции в условиях слабого дренажа, активного испарения и наличия вмещающих пород, обогащенных литийсодержащими минералами (в том числе глинистыми и вулканогенными). Ключевым фактором миграции лития является взаимодействие инфильтрационных и глубинных вод, а также процессы ионного обмена и сорбции на глинистых и карбонатных материалах.

Статистическая обработка данных подтвердила наличие устойчивых корреляционных связей между концентрацией лития и показателями минерализации, что свидетельствует о единой эволюционной истории вод. Обнаружено, что литий аккумулируется

преимущественно в системах с замкнутым водообменом, где наблюдается высокая степень испарения и незначительный приток маломинерализованных вод.

Обсуждение полученных результатов в контексте аналогичных аридных бассейнов Центральной Азии (например, Урмийская впадина в Иране, Кызылкумы в Узбекистане) позволяет утверждать, что Шу-Сарысуйская впадина обладает значительным потенциалом для дальнейшей разведки и освоения литиеносных подземных рассолов. Геолого-гидрогеохимическая обстановка региона благоприятствует формированию устойчивых литиевых аномалий в водоносных горизонтах, что делает данную территорию перспективной для промышленного извлечения лития.

### **Выводы**

Шу-Сарысуйская впадина является перспективным регионом для выявления и изучения литиеносных подземных рассолов, что обусловлено сочетанием аридного климата, наличием замкнутых дренажных систем и специфическим литологическим строением вмещающих пород.

Проведенные гидрогеохимические исследования показали, что рассолы впадины характеризуются минерализацией от 140 до 272 г/л. Химический состав рассолов в основном хлоридный кальциево-натриевый III-б типа, реже хлоридные магниевое-натриевый и натриевый III-а типа. Из микрокомпонентов в рассолах содержится стронций от 680.5 до 1648.2 мг/л; литий от 24.46 до 55.11 мг/л; рубидий от 4.3 до 8.4 мг/л; цезий от 0.31 до 0.41 мг/л.

Формирование литиевых аномалий обусловлено преимущественно испарительными процессами, ионным обменом, миграцией лития из осадочных и вулканогенно-осадочных пород, а также ограниченным водообменом в пределах впадины.

Результаты исследования могут быть использованы для выделения наиболее перспективных участков для разведки, а также при разработке технологий извлечения лития из природных рассолов на основе их ионного состава и геохимических условий.

**Благодарность.** Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, грант № AP23489898 (2024-2026 гг.).

### **Список литературы**

1. Абсаметов М.К., Мухамеджанов М.А., Сыдыков Ж.С., Муртазин Е.Ж. Подземные воды Казахстана – стратегический ресурс водной безопасности страны. – *Алматы*, 2017. – 220с.
2. Саркынов, Е., Яковлев, А., Бейсембин, К., Жакупова, Ж., Рыскулбекова, Л., Жанымхан, Қ., & Қалқабаева, А. (2024). ОРОШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ОБВОДНЕНИЯ ПАСТБИЩ ИЗ ВОДОТОКОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ. *Izdenister Natigeler*, (4 (104), 309–316. <https://doi.org/10.37884/4-2024/32>
3. Botelho Disu, Roozbeh Rafati, Amin Sharifi Haddad, José Antonio Mendoza Roca, María Isabel Iborra Clar, Sanaz Soleymani Eil Bakhtiari (2024). Review of recent advances in lithium extraction from subsurface brines. *Geoenergy Science and Engineering*, 241, 213189. <https://doi.org/10.1016/j.geoen.2024.213189>
4. Ресурный потенциал подземных вод Казахстана как источник устойчивого питьевого водообеспечения / Под ред. акад. НАН РК, доктора геол.-мин. наук, проф. М.К.Абсаметова. – *Алматы: «Print express»*, 2023. – 304с.
5. Hasan Nikkiah, Andrea Di Maria, Giuseppe Granata, Burcu Beykal (2025). Sustainable process design for lithium recovery from geothermal brines using chemical precipitation. *Resources, Conservation and Recycling*, 107980. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107980>
6. Lena Kölbel, Klemens Slunitschek, Elif Kaymakci, Thomas Kölbel, Rebekka Reich, Joche n Schneider (2024). Lithium recovery from geothermal brines: An investigation into radioactive nuclide uptake on lithium-manganese-oxide (LMO) granules. *Hydrometallurgy*, 224, 106266. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2024.106266>

7. Navid Hosseini Alae, Ardeshir Saadmohammadi, Pooria Kianoush (2025). Innovative approaches to lithium extraction in Iran: Assessing resource potential and sustainable practices for a competitive future. Results in Engineering, 27, 105745. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105745>
8. Mohammad Marza, Grant Ferguson, Jon Thorson, Isabel Barton, Ji-Hyun Kim, Lin Ma, Jennifer McIntosh (2024). Geological controls on lithium production from basinal brines across North America. Journal of Geochemical Exploration, 257, 107383. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2023.107383>
9. Мухамеджанов М.А., Арыстанбаев Я.Ю. Подземные воды аридных регионов Казахстана и их использование в условиях изменения климата и роста водопотребления // Материалы международной конференции «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», Алматы, 2016, 1, 122-126.
10. Смоляр В.А. (2023). Создание Атласа гидрогеологических карт Республики Казахстан на основе геоинформационных систем. Геол. и охрана недр, 1(86), 63-79.
11. Рациональное использование и охрана подземных вод Республики Казахстан в условиях климатических и антропогенных изменений / Под ред. акад. НАН РК, доктора геол.-мин. наук, проф. М.К.Абсаметова. – Алматы: «Print express», 2020. – 282с.
12. Bernard Sanjuan, Blandine Gourcerol, Romain Millot, Detlev Rettenmaier, Elodie Jean del, Aurélien Rombaut (2022). Lithium-rich geothermal brines in Europe: An up-date about geochemical characteristics and implications for potential Li resource. Geothermics, 101, 102385. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2022.102385>

### References

1. Absametov M.K., Muhamedzhanov M.A., Sydykov Zh.S., Murtazin E.Zh. Podzemnye vody Kazahstana – strategicheskij resurs vodnoj bezopasnosti strany. – Алматы, 2017. – 220s.
2. Sarkynov, E., Yakovlev, A., Bejsemin, K., Zhakupova, Zh., Ryskulbekova, L., Zhanyman, K., & Kalkabaeva, A. (2024). OROSHENIYA ZEMEL' I OBVODNENIYA PASTBISHCH IZ VODOTOKOV I OPREDELENIE TEHNOLOGICHESKIH I TEHNICHESKIH PARAMETROV GIDROTARANNOJ NASOSNOJ USTANOVKI. Izdenister Natigeler, (4 (104), 309–316. <https://doi.org/10.37884/4-2024/32> [in Russian]
3. Botelho Disu, Roozbeh Rafati, Amin Sharifi Haddad, José Antonio Mendoza Roca, María Isabel Iborra Clar, Sanaz Soleymani Eil Bakhtiari (2024). Review of recent advances in lithium extraction from subsurface brines. Geoenergy Science and Engineering, 241, 213189. <https://doi.org/10.1016/j.geoen.2024.213189>
4. Resursnyj potencial podzemnyh vod Kazahstana kak istochnik ustojchivogo pit'evogo vodoobespecheniya / Pod red. akad. NAN RK, doktora geol.-min. nauk, prof. M.K.Absametova. – Алматы: «Print express», 2023. – 304s.
5. Hasan Nikkhah, Andrea Di Maria, Giuseppe Granata, Burcu Beykal (2025). Sustainable process design for lithium recovery from geothermal brines using chemical precipitation. Resources, Conservation and Recycling, 107980. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107980>
6. Lena Kölbel, Klemens Slunitschek, Elif Kaymakci, Thomas Kölbel, Rebekka Reich, Joche n Schneider (2024). Lithium recovery from geothermal brines: An investigation into radioactive nuclide uptake on lithium-manganese-oxide (LMO) granules. Hydrometallurgy, 224, 106266. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2024.106266>
7. Navid Hosseini Alae, Ardeshir Saadmohammadi, Pooria Kianoush (2025). Innovative approaches to lithium extraction in Iran: Assessing resource potential and sustainable practices for a competitive future. Results in Engineering, 27, 105745. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105745>
8. Mohammad Marza, Grant Ferguson, Jon Thorson, Isabel Barton, Ji-Hyun Kim, Lin Ma, Jennifer McIntosh (2024). Geological controls on lithium production from basinal brines across North America. Journal of Geochemical Exploration, 257, 107383. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2023.107383>
9. Muhamedzhanov M.A., Arystanbaev Ya.Yu. Podzemnye vody aridnyh regionov Kazahstana i ih ispol'zovanie v usloviyah izmeneniya klimata i rosta vodopotrebleniya // Materialy

mezhdunarodnoj konferencii «Vodnye resursy Central'noj Azii i ih ispol'zovanie», Almaty, 2016, 1, 122-126.

10. Smolyar V.A. (2023). Sozdanie Atlasa gidrogeologicheskikh kart Respubliki Kazakhstan na osnove geoinformacionnykh sistem. Geol. i ohrana nedr, 1(86), 63-79

11. Racional'noe ispol'zovanie i ohrana podzemnykh vod Respubliki Kazakhstan v usloviyah klimaticheskikh i antropogennykh izmenenij / Pod red. akad. NAN RK, doktora geol.-min. nauk, prof. M.K.Absametova. – Almaty: «Print express», 2020. – 282s

12. Bernard Sanjuan, Blandine Gourcerol, Romain Millot, Detlev Rettenmaier, Elodie Jean del, Aurélien Rombaut (2022). Lithium-rich geothermal brines in Europe: An up-date about geochemical characteristics and implications for potential Li resource. *Geothermics*, 101, 102385. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2022.102385>

**Е.Ж. Муртазин, Д.К. Аденова\*, С. Тажиев**

<sup>1</sup> У.М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты, Алматы, Қазақстан, [ye\\_murtazin@list.ru](mailto:ye_murtazin@list.ru), [adenovadinara@gmail.com](mailto:adenovadinara@gmail.com)\*, [sula\\_tashiev@mail.ru](mailto:sula_tashiev@mail.ru)

### **ШУ-САРЫСУ ОЙПАТЫНЫҢ ҚҰРАМЫНДАҒЫ ЛИТИЙЛІ**

### **ТҰЗДЫҚТАРЫНЫҢ ТҮЗУІНІҢ ГИДРОГЕОХИМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

#### **Аңдатпа**

Мақала жерасты суларынан литийді алу бойынша Қазақстанның перспективті аймақтарының бірі Шу-Сарысу ойпаты шегінде құрамында литий болатын тұзды ерітінділердің пайда болуының гидрогеохимиялық жағдайларын зерттеуге арналған. Тұзды ерітінділердің химиялық құрамын, минералдануын, иондық қатынасын және аумақтың гидрогеологиялық құрылымын талдау негізінде литийдің жинақталуына әсер ететін негізгі факторлар анықталды. 140-тан 272 г/л-ге дейін минералданған тұзды ерітінділердің таралу аймақтары мен гидрогеохимиялық аймақтары анықталды. Тұзды ерітінділердің химиялық құрамы негізінен III-b типті кальций-натрий хлоридті, сирек магний-натрий хлоридті және III-a типті натрий болып табылды. Жерасты суларында литийдің шоғырлануында және геохимиялық кедергілердің пайда болуында тектоникалық, климаттық және литофациялық жағдайлардың рөлі анықталды. Өртүрлі горизонттағы тұзды ерітінділердің құрамына салыстырмалы талдау жүргізіліп, олардың эволюциясы мен минералдану дәрежесіне баға берілді. Микрокомпоненттердің ішінде тұзды ерітінділерде 680,5-тен 1648,2 мг/л дейін стронций; литий 24,46-дан 55,11 мг/л дейін; рубидий 4,3-тен 8,4 мг/л дейін; цезий 0,31-ден 0,41 мг/л дейін анықталды. Алынған нәтижелер литогенездің механизмдерін нақтылауға және аймақтың литийлі ресурстарын одан әрі барлау мен ұтымды игерудің перспективалық бағыттарын негіздеуге мүмкіндік береді.

**Кілт сөздер:** литий, тұзды ерітінділер, Шу-Сарысу ойысы, гидрогеохимия, жерасты сулары.

**Ye.Zh. Murtazin, D.K. Adenova\*, S. Tazhiev**

<sup>1</sup> Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M.Akhmedsafin, Almaty, Kazakhstan, [ye\\_murtazin@list.ru](mailto:ye_murtazin@list.ru), [adenovadinara@gmail.com](mailto:adenovadinara@gmail.com)\*, [sula\\_tashiev@mail.ru](mailto:sula_tashiev@mail.ru)

### **HYDROGEOCHEMICAL FEATURES OF THE FORMATION OF LITHIUM-BEARING BRINES OF THE SHU-SARYSU BASIN**

#### **Abstract**

The article is devoted to the study of hydrogeochemical conditions for the formation of lithium-bearing brines within the Shu-Sarysu depression, one of the promising regions of Kazakhstan for the extraction of lithium from groundwater. Based on the analysis of the chemical composition of brines, mineralization, ionic ratios and hydrogeological structure of the territory, the main factors influencing the accumulation of lithium were identified. Hydrogeochemical zones and subzones of brine distribution with mineralization from 140 to 272 g/L have been identified. The chemical composition of the brines is mainly calcium-sodium chloride type III-b, less often magnesium-sodium chloride and sodium III-a type. The role of tectonic, climatic and lithofacies conditions in the formation of



geochemical barriers and the concentration of lithium in groundwater has been established. A comparative analysis of the composition of brines of different horizons was carried out, and an assessment of the degree of their evolution and mineralization was given. Of the microcomponents, brines contain strontium from 680.5 to 1648.2 mg/L; lithium from 24.46 to 55.11 mg/L; rubidium from 4.3 to 8.4 mg/L; cesium from 0.31 to 0.41 mg/L. The obtained results allow us to clarify the mechanisms of lithogenesis and substantiate promising areas for further exploration and rational development of the region's lithium-bearing resources.

**Key words:** lithium, brines, Shu-Sarysu depression, hydrogeochemistry, groundwater.

**Вклад авторов:** Концептуализация – А.Д.К., М.Е.Ж.; Курирование данных – М.Е.Ж.; Формальный анализ – А.Д.К.; Приобретение финансирования – М.Е.Ж.; Расследование – Т.С.Р.; Методология – М.Е.Ж., А.Д.К.; Администрирование проекта – М.Е.Ж.; Ресурсы – Т.С.Р.; Программное обеспечение – Т.С.Р.; Надзор – Т.С.Р.; Проверка – М.Е.Ж.; Визуализация – Т.С.Р.; Роли/Письмо – первоначальный проект – М.Е.Ж., А.Д.К.; и Написание – обзор и редактирование – А.Д.К.

МРНТИ 87.21.02; 87.21.07; 87.21.05

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2025/45>

*К.А.Оспанова, А.Д.Омарбекова\*, А.Х.Наушабаев,  
Б.А.Рсымбетов, Г.К.Серикбаева*

*Казахский национальный аграрный исследовательский университет,  
г. Алматы, Казахстан, rada89\_08@mail.ru\**

## **ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРЕДГОРНОЙ РАВНИНЫ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРОБЛЕМЫ ДЕГРАДАЦИИ ИХ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ**

### *Аннотация*

В статье представлены результаты исследований химического состава засоленных почв орошаемой пашни, которые ранее находились в составе сенокосов и пастбищ в предгорной равнине Алматинской области. Здесь на территории хозяйств нарушение технологии орошения и возделывания сельскохозяйственных культур спровоцировали поднятие солевого раствора в корнеобитаемую зону растений, вызвав таким образом, вторичное засоление почв. Исследования показали, что северные светлые луговые сероземы, преобразованные в солончаки-солонцы отличились хлоридно-сульфатным типом засоления и осолонцеванием всего профиля поглощенным натрием. Содержание солей в срединной части профиля превышало  $\geq 1,5\%$ . Концентрация доминантного сульфат иона в верхнем горизонте составило 13,75 мг-экв, а с глубиной она возрасла до 19,50 мг-экв. Почва не засолена содой, о чем свидетельствовало отсутствие и низкое содержание карбонат и бикарбонат ионов. В составе поглощенных оснований господствует обменный натрий, который занимает от 34,0 до 40,5% доли от емкости катионного обмена. Полученные данные являются ценными в том плане, что показывают состояние антропогенно-деградированных засоленных земель временных орошаемых угодий, которые требуют всестороннего дальнейшего комплексного изучения на основе наземных и космических методов и подходов.

**Ключевые слова:** пастбище, вторичное засоление почв, пашня, деградация, плодородие