

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-1-73-79>

УДК 556.3:543.3:546.11546.21:551.588 (574.51)

ОЦЕНКА ИСТОЧНИКОВ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Т. Ш. Токтаганов¹, А. О. Айдарханов¹, А. К. Айдарханова¹,
Е. В. Сотников², А. С. Мамырбаева^{1*}, Ж. Е. Тлеуканова¹

¹ Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

² Институт гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина,
ТОО “Hydrogeology consulting group”, Алматы, Казахстан

*E-mail для контактов: tamyrbayeva@nnc.kz

В статье представлены результаты использования стабильных изотопов водорода и кислорода для понимания происхождения и динамики водных ресурсов, особенно подземных вод. Исследования включали отбор проб из испытательных скважин и гидрологических постов, лабораторные исследования на соотношение стабильных изотопов и химический анализ. Результаты показали, что стабильные изотопы меняются в зависимости от сезона, что указывает на изменение источника водоснабжения с течением времени. В исследовании также рассматривалось влияние процессов испарения на водные объекты. Результаты дают ценную информацию для эффективного управления и сохранения водных ресурсов в регионе.

Ключевые слова: стабильные изотопы водорода и кислорода, подземная вода, гидрологические посты, водные ресурсы, изменение климата.

ВВЕДЕНИЕ

Вода является жизненно важным ресурсом для поддержания жизни, и ее доступность и качество имеют решающее значение для благополучия человека и здоровья экосистемы. Ресурсы пресной воды подвергаются все большему давлению из-за роста населения, изменения климата и загрязнения. Существует острая необходимость в понимании происхождения и динамики водных ресурсов, особенно грунтовых вод. Так как стремительные темпы развития промышленности и сельского хозяйства, где доступность поверхностных вод ограничена, приводят к интенсивной эксплуатации подземных вод. Стабильные изотопы водорода и кислорода являются мощным инструментом, который можно использовать для улучшения понимания процессов водных систем и для поддержки усилий по сохранению пресной воды [1]. Распределение изотопов контролируются разными стадиями круговорота воды и связаны с гидрологическими процессами и температурой, при которой она испаряется [2]. В результате изотопный состав воды позволяет отслеживать движение воды в окружающей среде и выявлять источники воды и оценки эффективности мер по сохранению.

Стабильные изотопы водорода и кислорода применимы в исследованиях по сохранению пресной воды несколькими способами, в том числе:

— *определение источников воды:* изотопный состав пресной воды можно использовать для определения источника воды, что позволит оценить качество воды и определить потенциальные источники загрязнения. Например, подземные воды, пополняемые за счет осадков, будут иметь другой изотопный состав, чем подземные воды, пополняемые за счет поверхностных вод [3, 4].

— *отслеживание движения воды:* изотопный состав воды позволяет отслеживать движение воды в окружающей среде. Эти данные могут быть использованы для оценки возможности заболачивания, для определения областей, где происходит потеря воды, и для планирования устойчивого использования пресноводных ресурсов [5].

— *оценка скорости испарения:* изотопный состав воды, испаряющейся из поверхностных водоемов, отличается от изотопного состава воды, которая остается в воде. Эту разницу допускается использовать для оценки количества имевшего место испарения и для отслеживания движения водяного пара через атмосферу. Данная информация может быть использована для оценки потенциальной нехватки воды и планирования устойчивого использования пресноводных ресурсов [6].

Целью данной работы являлся применение методов изотопной гидрологии для определения условий формирования подземных и поверхностных вод Аралтобинской впадины, расположенной в области Жетысу.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Аралтобинская впадина, расположенная в области Жетысу на юго-востоке Республики Казахстана, — это бассейн р. Коктал, относящийся к бассейну р. Коксу. Водные запасы Аралтобинского бассейна находятся под влиянием ряда факторов, включая изменение климата, рост населения и развитие сельского хозяйства. Изменение климата приводит к таянию ледников в окружающих горах, что снижает количество воды, доступной для бассейна. Рост населения увеличивает нагрузку на водные ресурсы бассейна, поскольку все больше людей нуждаются в воде для питья, орошения и промышленных целей.



Рисунок 1. Вид на Аралтобинскую впадину (с СЗ стороны)

В бассейне р. Коктал находится ряд рек и ручьёв, входящих в бассейн оз. Балкаш. Вся речная сеть района исследований относится к бассейну трех рек – Коктал, Каскентерек и Терсаккан. Все эти реки сливаются в р. Коктал и впадают в р. Коксу на северо-востоке Аралтобинской впадины. Аралтобинская впадина окружена со всех сторон горными хребтами Южной Джунгарии. Общая площадь впадины достигает 160 км² при средней длине 20 км и ширине 8 км (рисунок 1).

Отбор проб производился в Аралтобинской впадине: подземные воды отбирались из трех опытных скважин (ОС) и поверхностные воды – на пяти гидрологических постах (ГП) (рисунок 2). Полевые работы по отбору проб поверхностных и подземных

вод проводились в октябре 2021 г., в феврале, мае, июне и июле 2022 г., всего было отобрано 37 проб, из них 11 проб подземных вод и 26 проб поверхностных вод.

Лабораторные работы включали подготовку и измерение образцов воды на соотношение стабильных изотопов.

Измерение отношения стабильных изотопов $^2\text{H}/^1\text{H}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в анализируемом образце и стандарте проводилось на высокочувствительном лазерном спектрометре LGR 912-0008 [7]. В качестве внутренних стандартов использовались пробы воды, откалиброванные относительно международного стандарта VSMOW (МАГАТЭ). Точность определения ^2H и ^{18}O составила $\pm 0,5\text{‰}$ и $0,1\text{‰}$, соответственно.

В образцах воды проведены анализы по определению химического состава, анализ воды проводился в соответствии с ГОСТ 26449.1-85 [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным результатам отношения стабильных изотопов в осенний период по кислороду изменяются от $-13,7\text{‰}$ до $-11,5\text{‰}$; а по дейтерию от $-94,1\text{‰}$ до $-88,1\text{‰}$; в зимний период – по кислороду от $-13,3\text{‰}$ до $10,1\text{‰}$; по дейтерию от $-94,9\text{‰}$ до $-76,8\text{‰}$; в весенний период – по кислороду от $-15,5\text{‰}$ до $10,9\text{‰}$; по дейтерию от $-96,4\text{‰}$ до $-82,7\text{‰}$; в летний период – по кислороду от $-14,8\text{‰}$ до $10,1\text{‰}$; по дейтерию от $-93,4\text{‰}$ до $-74,4\text{‰}$ (рисунок 3).

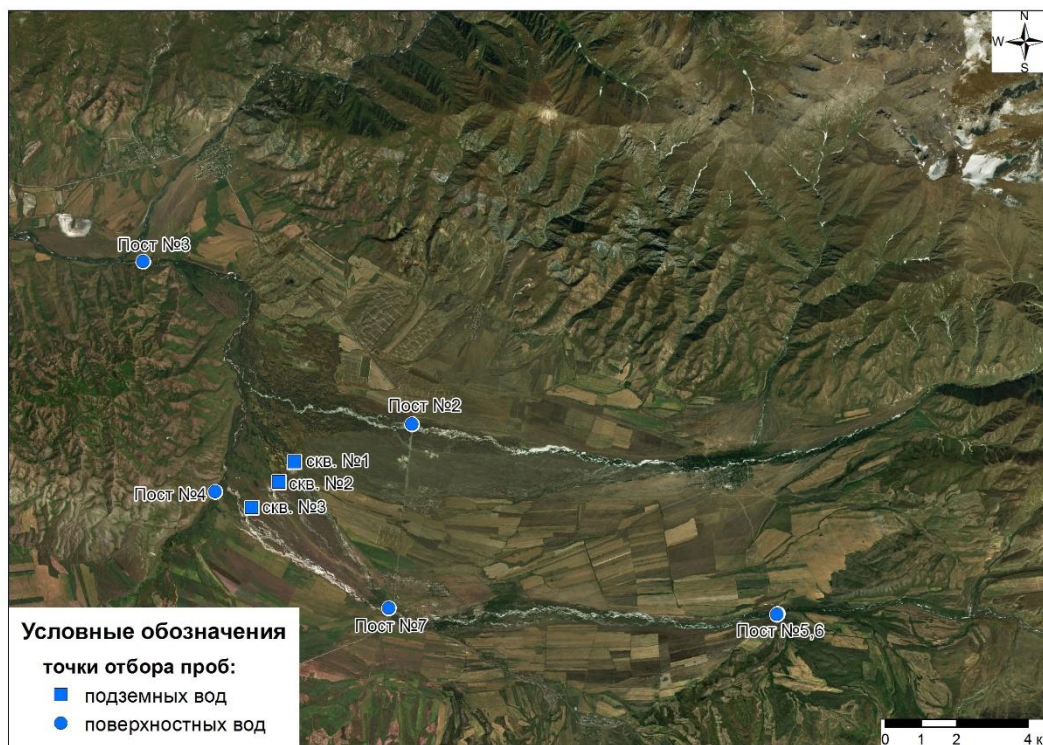


Рисунок 2. Точки отбора проб

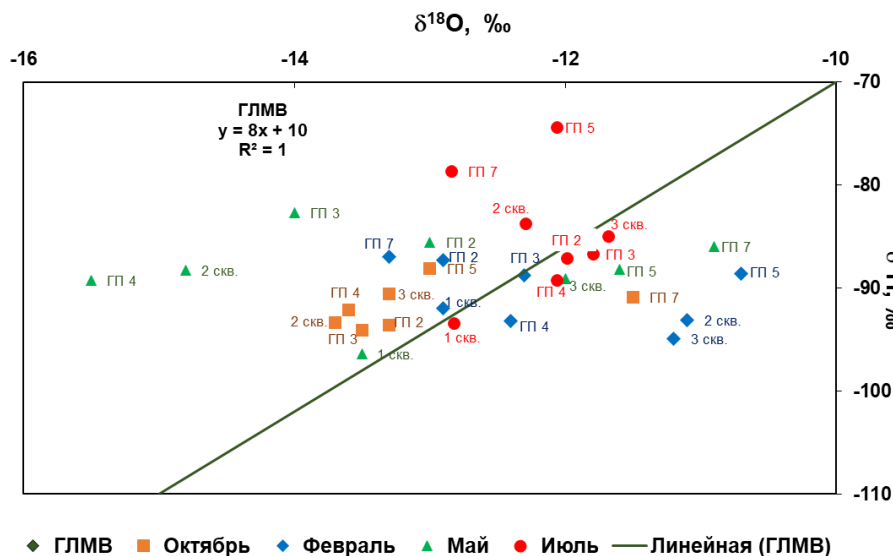
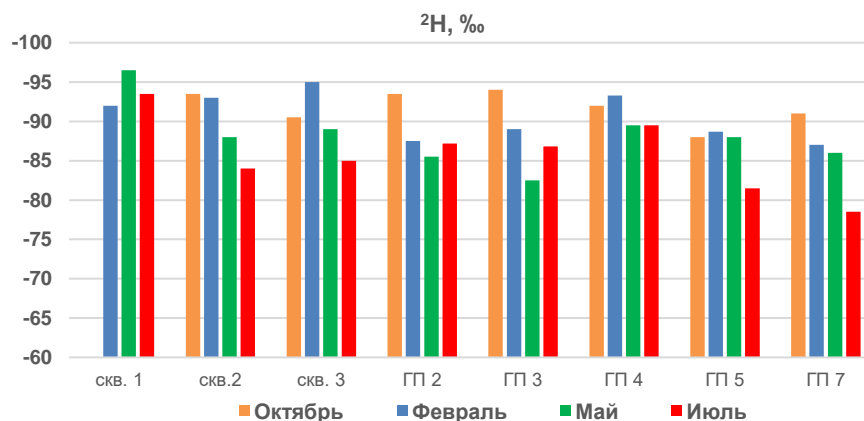
Рисунок 3. Результаты измерений $^2\text{H}/^{18}\text{O}$ 

Рисунок 4. Изменения дейтерия в исследуемых водах

Полученные данные лабораторного анализа показали сезонность изменений вариации стабильных изотопов. Легкий изотопный состав в исследуемых водах наблюдается в весенний период, а тяжелый – в летний период.

На основе полученных результатов изотопного анализа построена гистограмма изменения распределения дейтерия (рисунок 4). Представленные на гистограмме данные можно интерпретировать как изменение источника питания воды. Значения $\delta^2\text{H}$ для проб воды, отобранных осенью и зимой, были одинаковыми, что свидетельствовало о том, что вода поступала из одного источника.

Однако значения $\delta^2\text{H}$ для проб воды, отобранных весной и летом, были более изменчивыми, что позволяет предположить, что вода поступала из нескольких источников. Одним из возможных объяснений изменения источника воды состоит в том, что талые воды могут смешиваться с подземными водами. Подземные воды обычно обеднены дейтерием, поэтому смешивание талых вод и подземных вод приводит к уменьшению значений $\delta^2\text{H}$.

Также возможно наличие других дополнительных источников питания поверхностных вод, таких приток со стороны горных сооружений (скрытая разгрузка) и дождевые осадки. Эти источники воды также обеднены дейтерием, поэтому смешение исследуемых вод с родниковыми водами также приведет к уменьшению значений $\delta^2\text{H}$.

В целом изменение значений $\delta^2\text{H}$, представленное на гистограмме, свидетельствует о том, что источник воды в бассейне Аралтобинской впадины мог меняться с течением времени.

При проведении анализа проведен расчет d-excess, данный показатель важен при определении условий образования подземных и поверхностных вод. Избыток дейтерия (d-excess) в водах отражает степень испарения и применим для отслеживания источников влаги и изменений окружающей среды и рассчитывается согласно формуле $\text{dexs} = \delta^2\text{H} - 8 \delta^{18}\text{O}$ [9]. Высокие значения d-excess могут указывать на высокую эвапотранспирацию, а низкие значения на преобладание пополнения другими источниками, которые имеют меньшие значения $\delta^2\text{H}$ [10].

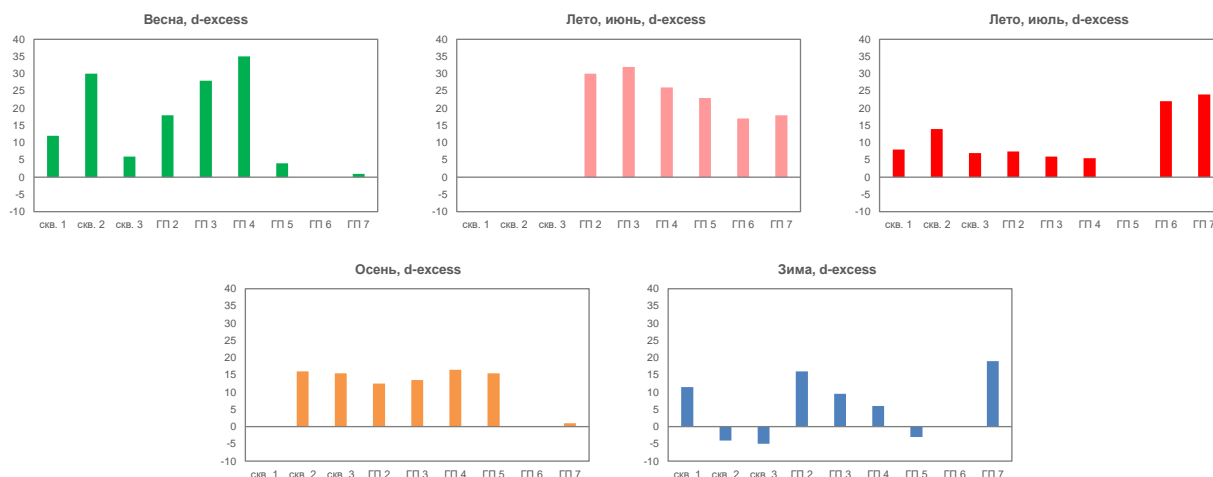


Рисунок 5. Изменение дейтериевого эксцесса

Проведенный сравнительный анализ в целом показывает, что наибольшие значения d-excess характерны для поверхностных вод, отобранных в летний период (июнь), когда скорость испарения была максимальной. Низкие значения d-excess наблюдаются зимой, когда скорость испарения была наименьшей. Это свидетельствует о том, что основным фактором, влияющим на воды бассейна Аралтобе, является испарение.

Данные также указывают на то, что значения d-excess в летний период в подземных водах (скв. № 2) несколько выше, чем в поверхностных водах. Это говорит о том, что воды скважин больше подвержены влиянию испарительных процессов.

Значения d-excess для проб воды, отобранных летом, были более изменчивы, чем значения d-excess для проб воды, отобранных в другие сезоны. Это указывает на то, что интенсивность испарения была более изменчивой летом, что могло быть связано с изменением погодных условий или с дополнительными источниками питания в виде осадков горного массива.

Значения d-excess для июньских образцов ГП №№ 2, 3, 4 и 5 значительно выше, чем значения d-excess для июльских образцов. Это говорит о том, что вода в реке в июне была более изменчивой, чем в июле. Данная изменчивость в воде может быть связана с рядом факторов:

- *испарение*: испарение может привести к увеличению концентрации дейтерия в воде, что приведет к более высокому значению d-excess.
- *дождь*: дождь может привести к снижению концентрации дейтерия в воде, что приведет к более низкому значению d-excess.
- *переток*: переток – это вода, которая течет через землю из области с большим количеством осадков в область с малым количеством осадков. Переток также может привести к снижению концентрации дейтерия в воде, что приведет к более низкому значению d-excess.

Уменьшение значений d-excess в июле связано с дополнительными источниками питания, возможные источники:

- *осадки*: осадки (ледники близлежащих гор) являются основным источником пополнения поверхностных вод.
- *снеготаяние*: снеготаяние является еще одним важным источником пополнения поверхностных вод.
- *слияние*: слияние с атмосферными осадками теплого периода является менее важным источником пополнения поверхностных вод.

Обратная картина наблюдается на ГП №№ 6 и 7, то есть воды на данных точках подвергаются активному испарению в июле, больше чем в июне. Такие изменения возможно связаны с внедрением родниковых вод и влиянием ледняков гор на поверхностные воды в июне.

Изменение источника воды может иметь ряд последствий для ее качества воды. Например, вода, поступающая из нескольких источников, может с большей вероятностью содержать загрязняющие вещества или примеси. Кроме того, вода, смешанная с грунтовыми водами, может иметь более низкий pH, что делает ее более «агрессивной». Поэтому в качестве подтверждающего метода и для понимания генетических связей поверхностных и подземных вод определен химический состав вод.

Результаты химического анализа показали, что пробы воды сильно различаются по своему химическому составу. Концентрации различных катионов и анионов колеблются от очень низких до очень высоких. Например, концентрация кальция (Ca^{2+}) в пробах воды колеблется от 22 мг/л до 47 мг/л, а концентрация гидрокарбонатов (HCO_3^-) в пробах воды варьируется от 11 мг/л до 128 мг/л. Также видно, что пробы воды можно разделить на две группы в зависимости от их источника. Все пробы воды из скважин относительно схожи со средней концентрацией Ca^{2+} 30,6 мг/л и средней концентрацией HCO_3^- 119 мг/л.

Все поверхностные воды с гидрогеологических постов более изменчивы, со средней концентрацией Ca^{2+} 31,3 мг/л и средней концентрацией HCO_3^- 106,8 мг/л.

Показатели pH указывают на то, что эти воды не смешиваются с загрязненными водами образованные в результате сельскохозяйственной деятельности. Воды имеют слабощелочную среду со значениями pH от 7,4 до 8,1 (рисунок 6).

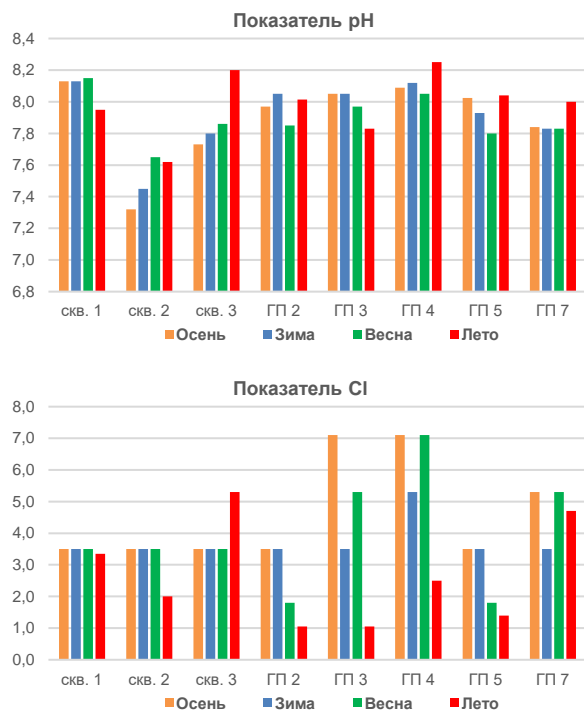


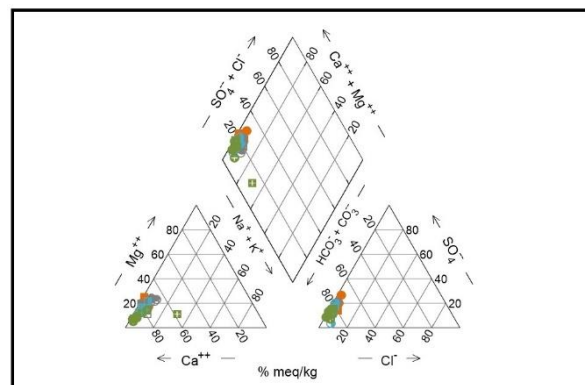
Рисунок 6. Изменения pH показателя и хлора

Низкий pH показатель наблюдается в водах ОС № 2, высокие показатели наблюдаются в скважине № 3 и на ГП № 4 в летние периоды, полученные результаты указывают на дополнительный источник питания в летний период в виде вод, образующихся при таянии снежного покрова гор. Тенденция изменения данного показателя в ГП № 2 и 5 имеют схожесть, данные точки расположены ниже (относительно других точек) и имеют питание в виде вод с гор, поступающих с северо-востока и северо-запада, то есть при смешивании вод показатели pH усредняются и в течение наблюдательных периодов имеют стабильные показатели. На ОС № 2 самые низкие показатели, расположение данной скважины говорит о поступлении только талых вод в весенний период, а в остальных периоды не пополняются другими источниками, так как находится на равнине.

По результатам построенной гистограммы распределения хлора, максимальные значения наблюдаются в поверхностных водах, а именно на ГП № 3 и 4 в осенний и зимний периоды, а в подземных водах максимальные значения хлор-иона наблюдается в летний период на ОС № 3, это свидетельствует о бы-

строй подпитке подземных вод этого участка поверхностными водами. Хлориды вымываются атмосферными осадками из засоленных почв, магматических пород, соленосных отложений, затем переносятся в реки, проникают в грунтовые воды.

Диаграмма Пайпера (1944) использовалась для классификации талых вод по гидрогеохимическим признакам. Данная диаграмма также позволяет установить связь между составом талой воды и типом породы путем построения значений основных катионов и анионов на этой диаграмме.



Легенда:
 ■ Осенние образцы подземных вод
 ● Осенние образцы поверхностных вод
 ■ Зимние образцы подземных вод
 ● Зимние образцы поверхностных вод
 ■ Весенние образцы подземных вод
 ● Весенние образцы поверхностных вод
 ■ Летние образцы подземных вод (июль)
 ● Летние образцы поверхностных вод (июль)

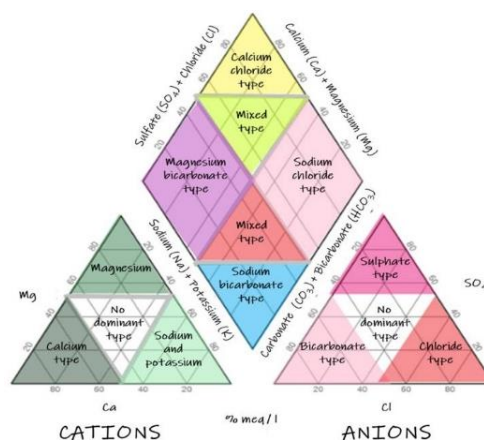


Рисунок 7. Диаграмма Пайпера

По результатам построенной диаграммы Пайпера видно, что все пробы имеют одинаковый состав, и относятся к гидрокарбонатно-кальциевым водам (CaHCO_3). Согласно этой диаграмме в исследуемых водах, щелочноземельные металлы ($\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$) преобладают над щелочными (Na^+K^+), а также слабые кислоты (HCO_3^-) доминируют над сильными кислотами ($\text{SO}_4^{2-}\text{Cl}^-$), что подтверждает карбонатное выветривание. При карбонатном выветривании известковистые песчаники выщелачиваются из карбонатов, оставляя хорошо проницаемый песок, на котором быстро образуются песчаные парарендины, а затем бурые почвы.

Выводы

По результатам проведенных работ, установлено следующее. Подземные воды Аралтобинского бассейна слабощелочные и имеют высокую концентрацию ионов кальция и гидрокарбоната. Поверхностная вода более кислая и имеет более высокую концентрацию ионов хлора. На воду в бассейне влияет испарение, которое ярко выражено в летний период.

Поверхностные воды получают питание весной за счет таяния снега и летом – в результате таяния снежных и ледяных покровов гор Джунгарского Алатау.

По химическому составу вода в бассейне относительно чистая, но важно следить за ее качеством, чтобы убедиться, что она безопасна для использования. Данные по pH показывают, что вода в бассейне слабощелочная. Вероятно, это связано с присутствием в воде ионов кальция и гидрокарбоната. Данные по хлоридам показывают, что концентрация ионов хлора выше в поверхностных водах, чем в подземных водах. Вероятно, это связано с тем, что ионы хлора более подвижны, чем ионы кальция и гидрокарбоната. Ионы хлорида могут переноситься поверхностными водами, но не так легко переносятся грунтовыми водами. Однако выявлено влияние поверхностных вод на подземные воды скважин № 1 и 3. При пополнении подземных вод поверхностными наблюдаются увеличение pH и концентрации хлора. Данные на диаграмме Пайпера показывают, что все пробы воды относятся к гидрокарбонатно-кальциевым водам. Это означает, что они щелочные и имеют высокую концентрацию ионов кальция и гидрокарбоната. Это согласуется с тем, что вода в бассейне Аралтобе поступает из района, богатого известняком. Установлено, что концентрация ионов гидрокарбоната в пробах воды колеблется от 11 мг/л до 128 мг/л. Ионы гидрокарбоната образуются при растворении углекислого газа в воде. Углекислый газ — это газ, присутствующий в атмосфере, и он легче растворяется в воде, когда вода теплая, поэтому летом концентрация ионов гидрокарбоната выше, чем зимой.

Данные по стабильным изотопам показывают, что вода летом имеет другой изотопный состав, чем зимой. Это свидетельствует о наличии нескольких источников питания. Данные по d-excess показывают, что летом вода более нестабильна, чем зимой. Это говорит о том, что летом d-excess более изменчив.

Данные исследования выполнены в рамках программно-целевого финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан BR21881915 «Применение ядерных, сейсмических и инфразвуковых методов для оценки климатических изменений и смягчения последствий изменения климата» и договорных работ с ТОО «Hydrogeology consulting group».

ЛИТЕРАТУРА

1. Araguas-Araguas, L. J., Fröhlich, K., & Rozanski, K. (2000). Isotopic composition of deuterium and oxygen-18 precipitation and atmospheric moisture // *Hydrological Processes*. – 14(8). – P. 1341–1355.
2. Craig, H. (1961). Isotopic variations of meteoric waters // *Science*. – 133 (3465). – P. 1702–1703.
3. Токтаганов, Т.Ш. Оптимизация мониторинговых наблюдений вод на радиационно-опасных участках сип при помощи метода изотопной гидрологии / Т.Ш. Токтаганов, А.О. Айдарханов, М.Р. Актаев, Б.А. Кокежанов, С.С. Пронин, А.О. Искенов // *Вестник НЯЦ РК. – Курчатов*, 2018. – Вып. 4 (76). – С. 44–48.
4. Wassenaar, L. I., & Tertzter, S. (2018). The role of stable isotopes in understanding and managing global water resources. In *Isoscapes* (2nd edition) (pp. 177–204). Springer.
5. Kendall, K., & McDonnell, J. J. (1998). Isotope tracers in watershed hydrology. Elsevier.
6. Gat, J. R. (1996). Isotopes of oxygen and hydrogen in the hydrological cycle. *Annual Review of the Earth and Planetary Sciences*, 24(1), P. 225–262.
7. «Изотопный анализатор» Модель LGR 912-0008, Руководство пользователя. Документ № 912-U008 Переработанное и исправленное издание 01. Дата выпуска 9/12/2014.
8. ГОСТ 26449.1-85 «Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод». ГОСТ 26449.1-85. Москва, 1987.
9. Chen, F.; Zhang, M.; A. Argiriou, A.; Wang, S.; Zhou, X.; Liu, X. Deuterium Excess in Precipitation Reveals Water Vapor Source in the Monsoon Margin Sites in Northwest China // *Water* 2020, 12, 3315. <https://doi.org/10.3390/w12123315>
10. Sreedevi, P.D., Sreekanth, P.D. & Reddy, D.V. Deuterium Excess of Groundwater as a Proxy for Recharge in an Evaporative Environment of a Granitic Aquifer, South India // *J Geol Soc India* 97, (2021). – P. 649–655. <https://doi.org/10.1007/s12594-021-1740-0>
11. Брезгунов В.С., Есиков А.Д., Ферронский В.И., Сальнова Л.В. Пространственно-временные вариации изотопного состава кислорода атмосферных осадков и речных вод на территории северной части Евразии, их связь с использованием температуры // *Водные ресурсы*. – 1998. – Т. 25, № 1. – С. 73–84.

REFERENCES

1. Araguas-Araguas, L. J., Fröhlich, K., & Rozanski, K. (2000). Isotopic composition of deuterium and oxygen-18 precipitation and atmospheric moisture // *Hydrological Processes*. – 14(8). – P. 1341–1355.
2. Craig, H. (1961). Isotopic variations of meteoric waters // *Science*, 133 (3465). – P. 1702–1703.
3. Toktaganov, T.Sh. Optimizatsiya monitoringovykh nablyudeniye vod na radiatsionno-opasnykh uchastkakh sip pri pomoshchi metoda izotopnoy gidrologii / T.Sh. Toktaganov, A.O. Aydarkhanov, M.R. Aktaev, B.A. Kokezhanov, S.S. Pronin, A.O. Iskenov // *Vestnik NYaTs RK. – Kurchatov*, 2018. - Issue 4 (76). – P. 44–48.
4. Wassenaar, L. I., & Tertzter, S. (2018). The role of stable isotopes in understanding and managing global water resources. In *Isoscapes* (2nd edition) (pp. 177–204). Springer.

5. Kendall, K., & McDonnell, J. J. (1998). Isotope tracers in watershed hydrology. Elsevier.
6. Gat, J. R. (1996). Isotopes of oxygen and hydrogen in the hydrological cycle // Annual Review of the Earth and Planetary Sciences, 24(1). – P. 225–262.
7. “Izotopnyy analizator” Model' LGR 912-0008, Rukovodstvo pol'zovatelya. Dokument No. 912-U008 Pererabotannoe i ispravlennoe izdanie 01. Data vypuska 9/12/2014.
8. GOST 26449.1-85 “Ustanovki distillyatsionnye opresnitel'nye statsionarnye. Metody khimicheskogo analiza solenyykh vod”. GOST 26449.1-85. Moscow, 1987.
9. Chen, F.; Zhang, M.; A. Argiriou, A.; Wang, S.; Zhou, X.; Liu, X. Deuterium Excess in Precipitation Reveals Water Vapor Source in the Monsoon Margin Sites in Northwest China // Water 2020, 12, 3315. <https://doi.org/10.3390/w12123315>
10. Sreedevi, P.D., Sreekanth, P.D. & Reddy, D.V. Deuterium Excess of Groundwater as a Proxy for Recharge in an Evaporative Environment of a Granitic Aquifer, South India // J Geol Soc India 97 (2021). – P. 649–655. <https://doi.org/10.1007/s12594-021-1740-0>
11. Brezgunov V.S., Esikov A.D., Ferronskiy V.I., Sal'nova L.V. Prostranstvenno-vremennyye variatsii izotopnogo sostava kisloroda atmosferykh osadkov i rechnykh vod na territorii severnoy chasti Evrazii, ikh svyaz' s ispol'zovaniem temperatury // Vodnye resursy. – 1998. – Vol. 25, No. 1. – P. 73–84.

СУ ОБЪЕКТІЛЕРІНІҢ ҚАЛЫПТАСУ КӨЗДЕРІН БАҒАЛАУ

**Т. Ш. Тоқтағанов¹, А. О. Айдарханов¹, А. К. Айдарханова¹,
Е. В. Сотников², А. С. Мамырбаева^{1*}, Ж. Е. Тлеуканова¹**

¹ ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, Курчатов, Қазақстан

² У.М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты,
“Hydrogeology consulting group” ЖШС, Алматы, Қазақстан

*Байланыс үшін E-mail: mamyrbaeva@nnc.kz

Мақалада су ресурстарының, әсіресе жер асты суларының шығу тегі мен динамикасын түсіну үшін тұрақты сутегі мен оттегі изотоптарын қолдану нәтижелері келтірілген. Зерттеулерге сынақ ұңғымалары мен гидрологиялық бекеттерден сынама алу, тұрақты изотоптардың арақатынасы үшін зертханалық зерттеулер және химиялық талдау кірді. Нәтижелер тұрақты изотоптардың жыл мезгіліне байланысты өзгеретінін көрсетті, бұл уақыт өте келе сумен қамтамасыз етуші су көзінің өзгеруін көрсетеді. Зерттеу сонымен қатар булану процестерінің су объектілеріне әсерін қарастырды. Нәтижелер аймақтағы су ресурстарын тиімді басқару және сақтау үшін құнды ақпарат береді.

Түйін сөздер: сутегі мен оттегінің тұрақты изотоптары, жер асты суы, гидрологиялық бекеттер, су ресурстары, климаттың өзгеруі.

ASSESSMENT OF FORMATION SOURCES OF WATER BODIES

**T. Sh. Toktaganov¹, A. O. Aidarkhanov¹, A. K. Aidarkhanova¹,
E. V. Sotnikov², A. S. Mamyrbayeva^{1*}, Zh. E. Tleukanova¹**

¹ Branch “Institute of Radiation Safety and Ecology” RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

² Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Ahmadsafin,
LLP “Hydrogeology consulting group” Almaty, Kazakhstan

*E-mail for contacts: mamyrbaeva@nnc.kz

The article presents results on the utilization of stable hydrogen and oxygen isotopes to understand the origin and dynamics of water resources especially ground waters. Research involved sampling from test boreholes and gauging stations, laboratory research into the ratio of stable isotopes and a chemical analysis. Results showed that stable isotopes may change depending on a season, which indicates that a source of water supply also changes over time. Research also addressed the impact of evaporation processes on water bodies. Results provide valuable information to efficiently manage and preserve water resources in the region.

Keywords: stable isotopes of hydrogen and oxygen, ground water, gauging stations, water resources, climate change.