

Код МРНТИ 38.61.17

*Н.М. Итемен^{1,2}, Е.Ж. Муртазин², Е.Ш. Жексембаев², И.К. Рахметов²¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Институт гидрогеологии и геоэкологии
им. У.М. Ахмедсафина (г. Алматы, Казахстан)

ОСОБЕННОСТИ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЮЖНОГО МАНГЫШЛАКА

Аннотация. В данной статье приведены данные по изотопному составу пресных и минерализованных подземных вод Южного Мангышлака. В данной работе представлены результаты изучения генезиса подземных вод с использованием комплексного подхода, который был бы относительно недорогим и не требовал проведения длительных циклов наблюдений. При этом для изучения темпов водообмена и условий формирования подземных вод Южного Мангышлака и использованы данные о химическом и изотопном составе воды (^{18}O , ^2H), и концентрациях трития (^3H), полученные в результате опробования в сентябре 2021 г. Опробованные участки расположены в пределах Мангистау-Устриртынского гидрогеологического бассейна, который занимает юго-западную часть обширной Туранской плиты и находится южнее Прикаспийского гидрогеологического бассейна.

Ключевые слова: подземные воды, Южный Мангышлак, изотопные методы исследования, дейтерий, тритий, кислород-18, водоносные горизонты, гидрогеологические бассейны, минерализация.

Оңтүстік Маңғышлақтың жер асты суларының изотоптық құрамының ерекшеліктері

Аңдатпа. Бұл мақалада Оңтүстік Маңғышлақтың тұщы және минералданған жер асты суларының изотоптық құрамы туралы мәліметтер келтірілген. Бұл жұмыста салыстырмалы түрде арзан және ұзақ бақылау циклына қажет етпейтін кешенді тәсілді қолдана отырып, жер асты суларының генезисін зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұл ретте су алмасу қарқынын және Оңтүстік Маңғышлақтың жер асты суларының қалыптасу жағдайларын зерттеу үшін 2021 жылғы қыркүйекте сынау нәтижесінде алынған судың химиялық және изотоптық құрамы (^{18}O , ^2H) және тритий (^3H) концентрациясы туралы деректер пайдаланылды. Сыналған учаскелер кен Тұран тақтасының оңтүстік-батыс бөлігін алып жатқан және Каспий маңы гидрогеологиялық бассейнінің оңтүстігінде орналасқан Мангистау-Устрирт гидрогеологиялық бассейнінің шегінде орналасқан.

Түйінді сөздер: жер асты сулары, Оңтүстік Маңғышлак, изотопты зерттеу әдістері, дейтерий, тритий, оттегі-18, сулы горизонттар, гидрогеологиялық бассейндер, минерализация.

Features of the isotopic composition of groundwater in the Southern Mangyshlak

Abstract. This article presents data on the isotopic composition of fresh and mineralized groundwater of Southern Mangyshlak. This paper presents the results of studying the genesis of groundwater using an integrated approach that would be relatively inexpensive and would not require long observation cycles. At the same time, data on the chemical and isotopic composition of water (^{18}O , ^2H) and tritium concentrations (^3H) obtained as a result of testing in September 2021 were used to study the rates of water exchange and conditions for the formation of groundwater in Southern Mangyshlak. The tested sites are located within the Mangistau-Ustrtra hydrogeological basin, which occupies the southwestern part of the vast Turan plate and is located south of the Caspian hydrogeological basin.

Key words: groundwater, Mangystau region, isotope research methods, deuterium, tritium, oxygen-18, aquifers, hydrogeological basins.

Введение

Эффективность использования изотопных методов для решения гидрогеологических задач продемонстрирована большим количеством исследований [1, 2, 3, 5]. Удобство применения изотопных методов состоит в том, что широкий спектр качественных и количественных параметров может быть оценен на основе достаточно малых объемов единовременного опробования.

Доля подземных вод в общем балансе водопотребления Южного Мангышлака составляет около 360 тыс. м³/сутки, что является одним из меньших показателей для регионов Казахстана.

Для изучения темпов водообмена и условий формирования подземных вод Южного Мангышлака использованы данные о химическом и изотопном составе воды (^{18}O , ^2H) и концентрациях трития (^3H), полученные в результате опробования подземных вод Южного Мангышлака в сентябре 2021 года (рис. 1). Исследования изотопов кислорода и водорода в изученных подземных водах позволили определить их генезис, а концентрации трития – оценить скорость водообмена. Полученные данные приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

Опробованные участки расположены в пределах Мангистау-Устриртынского гидрогеологического бассейна, который занимает юго-западную часть обширной Туранской плиты и находится южнее Прикаспийского гидрогеологического бассейна. В его пределах достаточно четко выделяются четыре структурно-геоморфологических типа

рельефа: Северо-Мангистауская низменность (п-ов Бозаши), Горный (Центральный) Мангистау, Южно-Мангистауское плато и плато Устюрт.

Северо-Мангистауская низменность (Бозаши) представляет собой морскую аккумулятивную равнину. Равнинная поверхность ее занимает абсолютные отметки от минусовых вблизи моря и в пределах сора Мертвый Колтук и Кайдак, а на юго-западе и северном склоне Северного Актау, и увалисто-грядовой денудационной равнины в центральной части до абсолютной отметки от нуля до 80-100 м. Поверхность последней осложнена соровыми понижениями (Улькенсор, Кызылсор, Мястексор, Кызансор и др.) и небольшими массивами эоловых песков (Кызылқум, Шоль-Шагьль, Уакқум, Жинишке и др.). К югу и юго-западу от Горного Мангистау простирается Южная Актауская возвышенность, южный склон которой постепенно переходит в Южномангистауское плато. Последнее в северо-западном направлении включает Тупкараганское плато, составляющее с, собственно, Южномангистауским плато единый однообразный тип рельефа. Их плоская поверхность сложена неогеновыми и верхнемеловыми известняками. Аналогичный тип рельефа на севере Горного Мангистау образует Северная Актауская возвышенность. Поверхность ее более круто наклонена в сторону Бозашинской низменности, на Северном Мангистау, от 250-280 м до 50-30 м, на юго-западе склон Северной Актауской возвышенности с резко крутым обрывом переходит в Прикараттаускую долину и впадину Каспийского моря.



**Рис. 1. Точки опробования подземных вод.
Сурет 1. Жер асты суларын сынау нүктелері.
Figure 1. Groundwater sampling points.**

Северная и центральная части Южномангистауского плато осложнены глубокими бессточными впадинами (Карагия, Каунды, Басгурлы и Жазгурлы, Узень). Большой по площади впадиной Карынжарык это плато отделяется на востоке от Устыртского плато. На северо-востоке Южномангистауского плато находятся песчаные массивы Саускан, Бостанкум и Туйесу. На востоке и северо-востоке от Мангистауских плато и низменности Бозаши, отделяясь от них круто обрывистым уступом – чинком, высотой 100-200 м, простирается плато Устырт. Его плоская и бронированная неогеновыми известняками-ракушняками поверхность осложнена редкими замкнутыми впадинами, карстовыми воронками и песчаными массивами на севере (Сам и Матайкум) и возвышенным субширотным валом – в центральной части.

Климат территории пустынный, среднегодовая температура атмосферы изменяется с севера на юг: января (минусовая) от 10 до 3 °С и июльская – от 27 до 38, а среднегодовое количество атмосферных осадков от 100-120 мм на юге до 200 мм на севере. Засушливость климата обуславливает полное отсутствие в регионе поверхностных водоисточников.

В бассейне выделяется три крупные структурно-тектонические зоны: Центральномангистау-Устыртская система дислокаций, Бозашинско-Северустыртская и Южномангистау-Устыртская зоны прогибов. Древними образованиями, участвующими в геологическом строении региона, являются складчатые породы пермо-триаса и покровные юрские отложения, которые выходят на дневную поверхность в центральной (горной) части региона. Обнажаются в пределах Прикаратауской долины, обрамляющей горные массивы Каратау и альб-сеноманские отложения, которые в дальнейшем на территории Южномангистауского и Устыртского плато, а также в Северомангистауской низменности погружаются на глубину от 50-100 м, а в Прикаратауской долине до 700-800 м и более. Они перекрываются верхнемеловыми, палеогеновыми и неогеновыми отложениями, верхняя часть (верхнемиоцен-плиоценовая) последних слагает дневную поверхность плато

Южного Мангистау и Устырта. На отдельных участках, в частности, Северо-Мангистауской низменности имеются песчаные массивы.

Основными водоносными комплексами и горизонтами региона, содержащими слабоминерализованные воды, являются отложения: альб-сеномана, верхнего мела, верхнемиоцен-плиоцена и эоловых песков. Подземные воды Альб-сеноманских отложений является самым широко распространенным и водообильным среди всех водоносных отложений в бассейне и представлен разнозернистыми песками и песчаниками с прослоями глинистых осадков, и выходят на дневную поверхность в Прикаратауских долинах и в днище некоторых бессточных котловин. Глубина залегания подземных вод комплекса в бассейне в целом изменяется от абсолютных отметок 100-150 м в Прикаратауских долинах до минус 800 м в прогибах Южного Мангистау и Устырта. В зонах обнажения водовмещающих пород расходы родников не превышают 1,5-2 л/с. При погружении пласта и с ростом напора подземных вод их производительность увеличивается: в Прикаратауских долинах дебиты скважин при самоизливе составляют 5-40 л/с, на юге и севере Мангистау достигают 40-55 л/с. Водоносный комплекс верхнемеловых отложений, содержащий подземные воды мергельно-меловых осадков с минерализацией до 5 г/л, в районе распространен на ограниченной площади. Такие воды вскрыты в пределах Северо- и Южно-Актауских моноклиналей. Дебиты водопунктов не превышают 1-1,5 л/с при небольших понижениях уровня воды. Здесь их минерализация составляет 1,5-5 г/л. Водоносный комплекс четвертичных отложений с минерализацией до 5 г/л связаны в основном с несцементированными и слабосцементированными песчаными массивами и на отдельных ограниченных по площади участках морских четвертичных осадков в виде линз и прослоев в толще глин. Слабоминерализованные грунтовые воды установлены в северной части Устырта, на северо-западе Южномангистауского плато, а также в разных частях полуострова Бозаши. Самский-песчаный массив является самым крупным с общей площадью 2320 км² в северной части Устырта. Песчаные массивы северо-западной части Южного Мангистау (Саускан-Бостанкум, Туйесу, Баскудык) и п-ва Бозаши (Кызылкум, Жилимшик и др.) имеют небольшие площади (по 150-500 км²). Производительность скважин, заложенных особенно в песках на северо-западе Южного Мангистау и Самского массива, изменяется от 0,2 до 6 л/с при понижениях уровня воды на 1,5-10 м. Минерализация воды на большей части массивов составляет преимущественно 0,2-1 г/л, а в их краевых частях, вблизи сорных понижений повышается от 1,5-3 до 5 г/л. Слабоминерализованные грунтовые воды морских четвертичных отложений на отдельных участках центральной возвышенной части или в плоских понижениях рельефа, вблизи озерных и других понижений вскрываются только в Южной и Центральной частях п-ва Бозаши [4].

Материалы и методы

Для исследований были отобраны 15 проб подземных вод из скважин Мангистауской области (рис. 1). Для изотопного анализа пробы отбирались только из самоизлива-

ющих и эксплуатируемых погружными насосами скважинах. Это несколько сужало круг наблюдаемых водопунктов, но также резко снижало возможность случайного воздействия антропогенных, сезонных и других факторов на результаты опробования.

Результаты изотопного анализа представлены в таблице 1. Измерение отношения стабильных изотопов $^2\text{H}/^1\text{H}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в измеряемой пробе проводилось на высокочувствительном лазерном спектрометре LGR 912-0008. В качестве внутренних стандартов использовались пробы воды, откалиброванные относительно Международного стандарта VSMOW (МАГАТЭ). Точность измерения ^2H и ^{18}O составила $\pm 1\text{‰}$ и $0,5\text{‰}$ соответственно.

Тритий является идеальным трассером для исследования циркуляции воды в зоне активного водообмена. Природные концентрации космогенного трития в атмосферных осадках оцениваются величиной около 1-5 ТЕ (0,12-0,6 Бк/л), а в период испытания термоядерных зарядов в 1952-1964 гг. максимальные его концентрации в атмосферных осадках достигали 10^4 ТЕ. Учитывая период полураспада трития $T_{1/2} = 12,26$ лет, можно полагать, что три-

тий, поступивший в подземные воды в доядерную эпоху, к настоящему моменту полностью распался, это позволяет легко диагностировать вклад современных вод в структуру ресурсов подземных вод.

Концентрации дейтерия и кислорода-18 в природных водах испытывают наиболее значительные, по сравнению с другими веществами, изменения изотопного состава, обусловленные фракционированием в ходе испарения, конденсации и замерзания. При этом строго соблюдается закономерность – тяжелый изотоп накапливается в более конденсированной фазе. Следует особо подчеркнуть, что в ходе таяния воды фракционирования обычно не происходит из-за слишком малых скоростей диффузии молекул воды во льду. Изотопный состав воды выражают в относительных единицах, используя в качестве эталона венский стандарт средней океанической воды:

$$\delta X = (R_{np}/R_{cm} - 1) \times 1000, \text{‰},$$

где $R = ^2\text{H}/^1\text{H}$ или $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ – атомное отношение изотопов водорода и кислорода в пробе и стандарте (индексы ПР и СТ, соответственно).

Таблица 1

Измеренные значения показателей химического и изотопного составов подземных вод

Кесте 1

Жер асты суларының химиялық және изотоптық құрамы көрсеткіштерінің өлшенген мәндері

Table 1

Measured values of indicators of chemical and isotopic compositions of groundwater

№ п/п	Место отбора	Координаты		Водоносные гор-ты	Минерализация мг/л	$\delta^{18}\text{O}$ ‰	$\delta^2\text{H}$ ‰	^3H Bq/l	pH
		СШ	ВД						
1	Куйылыс	43° 50'	51° 38'	K ₂ , marls	2119	-14.1	-106.5		8.43
2	Куйылыс 2	43° 55'	51° 37'	K ₂ , marls	-	-14.5	-107	< 7	8.1
3	Жынгылды	44° 11'	51° 42'	K, sands, sandstones	5117	-12.7	-94.5	-	7.53
4	Уланак	44° 14'	51° 32'	K, sands, sandstones	-	-6.4	-62.8	-	-
5	Саубет	44° 22'	50° 33'	K, sands, sandstones	4107	-12.3	-93.6	-	7.32
6	Сад-Дубского	44° 35'	50° 17'	K, sands, sandstones	8739	-12.3	-94.5	-	7.91
7	Мойнак	44° 14'	51° 47'	Triassic	811	-9	-69.7	< 6	8.24
8	Прохлада	43° 34'	51° 43'	K, sands, sandstones	7503	-11.5	-95.1	-	7.44
9	Асар	43° 33'	52° 19'	K, sands, sandstones	10451	-12.1	-100.6	-	7.59
10	Баскудук	43° 51'	52° 19'	Q, sands	475	-7.7	-66.6	-	8.24
11	Саускан	43° 49'	52° 51'	Q, sands	494	-7.8	-68.1	< 6	7.94
12	Туйесу	43° 22'	53° 24'	K, sands, sandstones	1008	-7.6	-66.9	< 7	7.94
13	Санаторий Шагала	43° 37'	51° 11'	K, sands, sandstones	8325	-5.5	-54	-	7.79
14	Бейнеу	45° 17'	55° 31'	Q, sands	-	-11.1	-92.5	-	-
15	Сам	45° 14'	55° 52'	Q, sands	395	-9.5	-80.6	< 7	7.38

Для анализа условий формирования природных подземных вод результаты измерений наносили на диаграмму $\delta^{18}\text{O} \div \delta^2\text{H}$, которая отражает закономерное распределение изотопного состава атмосферных осадков, так называемая глобальная линия метеорных вод (рис. 2). Глобальная линия метеорных вод – это зависимость между средней годовой температурой воздуха и средним годовым изотопным составом осадков по данным различных метеостанций Земли – от тропических широт до Гренландии и Антарктиды (Dansgaard, 1964).

Относительно Глобальной линии метеорных вод также показывается фракционирование изотопного состава воды, которое имеет место в ходе фазовых превращений. При этом строго соблюдается правило – в процессе испарения изотопный состав воды изменяется в соответствии с линией испарения, где остаточная вода изотопно утяжеляется, а испаряемый пар – облегчается. В процессе замерзания формирующийся лед изотопно утяжеляется, а остаточная вода – облегчается.

Содержание стабильных изотопов в пробах воды Южного Мангышлака изменяется в следующих пределах: от $-14,5\text{‰}$ до $-5,5\text{‰}$ по ^{18}O ; от $-107,0\text{‰}$ до $-54,0\text{‰}$ по ^2H .

Измерение радионуклида трития ^3H проводилось на жидкостно-сцинтилляционном бета-спектрометре TRI-CARB 2900TR производства фирмы HewlettPackard – предназначен для определения удельной активности ^3H .

По результатам β -спектрометрического анализа установлено, что в анализируемых пробах концентрация техногенного радионуклида меньше предела обнаружения < 7 Бк/л в воде. В 50-е годы и в начале 60-х годов в атмосферу в результате испытания атомных бомб попало большое количество трития. Таким образом, осадки оказались мечеными [5], и если проба подземных вод не содержит значительное количество трития, это определенно свидетельствует о том, что вода не подпитывалась в течение последних двух или трех десятилетий.

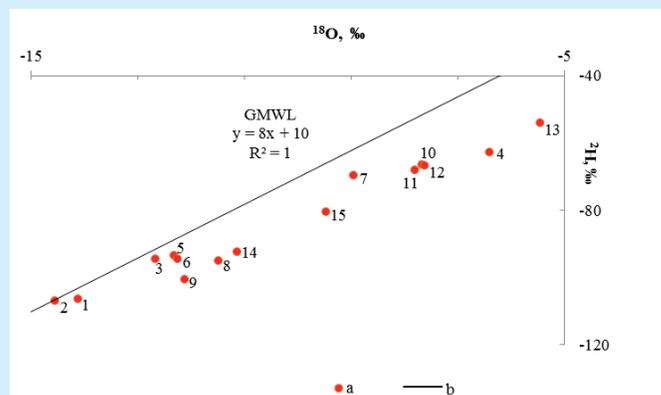


Рис. 2. Изотопный состав подземных вод Южного Мангышлака.

Сурет 2. Оңтүстік Маңғышлақ жер асты суларының изотоптық құрамы.

Figure 2. Isotopic composition of underground waters of Southern Mangyshlak.

Результаты и обсуждение

На рисунке 2 хорошо видно, что изотопный состав подземных вод Южного Мангышлака обогащен тяжелым изотопом $\delta^{18}\text{O}$ относительно общепринятой линии метеорных вод. Это вероятно вызвано испарительной концентрацией, в процессе которой из воды удаляется легкий изотоп $\delta^{16}\text{O}$, обогащая таким образом воду более тяжелым изотопом $\delta^{18}\text{O}$.

Исключением являются пробы, отобранные из двух скважин Куйбылыс, которые имеют относительно идентичный «легкий» изотопный состав и не подвержены изменениям, вызванными гидрогеологическими процессами (процессам испарения и слабому водообмену). Это может быть связано с тем, что данные воды залегают сравнительно глубже и локализованы в непроницаемом водоносном горизонте, который исключает попадание поверхностных вод и атмосферных осадков.

Обнаружение легких по составу подземных вод (Куйбылыс) $\delta^2\text{H} < -107$ и $\delta^{18}\text{O} < -14 \text{‰}$ позволяет утверждать, что данные подземные воды сформировались в холодных климатических условиях со среднегодовой температурой ниже $0 \text{ }^\circ\text{C}$ [5, 6].

В остальных случаях подземные воды по изотопному составу подвержены изменению. Пробы, отобранные со скважин Сад-Дубского (термоминеральные воды) и Саубет, имеют характерную взаимосвязь, указывающую на один источник формирования и гидрогеологическую взаимосвязь. Обратная картина наблюдается на пробах Жынгылды, Уланак и Мойнак. Несмотря на то, что по координатам поселки Жынгылды, Уланак и Мойнак расположены рядом, воды с данных точек имеют абсолютно разный изотопный состав. Изотопные соотношения свидетельствуют о том, что воды отобраны с разных водоносных горизонтов, не имеющих какую-либо взаимосвязь. Также, вода с поселка Самск по изотопному составу не имеет взаимосвязи с водами Бейнеу, которое расположено рядом. Согласно сравнительному изотопному анализу воды Самска сильно подвержены процессу испарения в сравнении с водами Бейнеу, что свидетельствует о разных водоносных горизонтах [7-10].

Заключение

Воды, отобранные с санатория Шагала (г. Актау), характеризуются самыми «тяжелыми» изотопами, возможно, данные воды подвержены интенсивному процессу испарительной концентрации.

Изотопные исследования подземных пресных и слабосоленых вод, распространенных в Мангистауской области, позволили сделать следующие выводы:

1. Соотношения стабильных изотопов $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в подземных водах района показывают единое атмосферное происхождение.

2. С целью установления скорости водообмена на месторождениях были измерены концентрации трития. Для подземных вод исследуемого района концентрации трития меньше предела обнаружения < 7 Бк/л в воде, что указывает на затрудненный водообмен и отсутствие связи с поверхностными водами.

В заключение отметим, что для достоверного определения отношений стабильных изотопов необходим сезонный отбор проб подземных вод с этих же участков в течение года. Также следует использовать данные по изотопному составу атмосферных осадков Мангистауской области. Глобальные линии метеорных вод получены путем интерполяции, не могут считаться достоверным для Южного Мангышлака, поскольку ближайшие станции сети GNIP (Global Network on Isotopes in Precipitation) находятся на значительном удалении и рядом находится акватория Каспийского моря, которое влияет на атмосферные осадки.

Благодарности

Мы высоко отмечаем поддержку Комитета геологии Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан. Эта работа была выполнена в рамках программы «Тепло-энергетический, минерально-сырьевой и лечебно-оздоровительный потенциал термоминеральных и промышленных подземных вод Казахстана. Оценка состояния и тенденций изменения гидрогеохимических показателей подземных вод под влиянием природно-климатических изменений и антропогенных нагрузок» (Грант № BR10262555).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбушина Л.В., Тыминский В.Г. Радиоактивные и стабильные изотопы в геологии и гидрогеологии. // Москва, Атомиздат. – 1974. – С. 104 (на русском языке)
2. Природные изотопы гидросферы. / Под ред. В.И. Ферронского. // Москва, Недра. – 1975. – С. 277 (на русском языке)
3. Изотопно-геохимические методы оценки степени взаимосвязи подземных и поверхностных вод. // Киев, Наукова думка. – 1977. – С. 154 (на русском языке)
4. Абсаметов М.К., Мухамеджанов М.А., Сыдыков Ж.С., Муртазин Е.Ж. Подземные воды Казахстана – стратегический ресурс водной безопасности страны. – Алматы. – 2017. – С. 110-118 (на русском языке)
5. Rayne В.Р. Методы изотопной гидрологии – практическое решение водных проблем. // Бюллетень. – Т. 23. – 1981. – С. 3-6 (на английском языке)
6. Hoover W.F. Эпизодический поток флюида в зоне сдвига эклогитовой фации: выводы из изотопного районирования Li. // Геология. – Т. 55. – 2022. – С. 546-550. – <https://doi.org/10.1130/G49737.1> (на английском языке)
7. William F. Hoover, Sarah Penniston-Dorland, Lucas Baumgartner, Anne-Sophie Bouvier, Besim Dragovic, Michel Locatelli, Samuel Angibust, Philippe Agard. Эпизодический поток флюидов в присутствии сдвига эклогитовой фации: взятие из изотопного зонирования лития в гранате. // Геология. – 2022. – 50(6). – С. 746-750. – <https://doi.org/10.1130/G49737.1> (на английском языке)
8. Wang Z., Ma J., Li J., Wei G., Chen X., Deng W., Xie L., Lu W. and Zou L. 2015. Химический контроль за изменением изотопного состава молибдена в речной воде: данные из крупных рек Китая. // Химическая геология. – Т. 410. – С. 201-212. – doi:10.1016/j.chemgeo.2015.06.022 (на английском языке)
9. Итемен Н.М. Условия формирования промышленных вод Западного Казахстана на основе изотопного анализа подземных вод. // Томск. Проблемы геологии и освоения недр. – Т. 1. – 2019. – С. 361-363 (на русском языке)
10. Итемен Н.М., Дутова Е.М. Освоение гидроминеральных ресурсов на месторождениях нефти и газа Западного Казахстана. Материалы IX Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. // Томск. – 2020. – С. 293-297 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Горбушина Л.В., Тыминский В.Г. Геология мен гидрогеологиядағы радиоактивті және тұрақты изотоптар. // Мәскеу, Атомиздат. – 1974. – Б. 104 (орыс тілінде)
2. Гидросфераның табиғи изотоптары. // Ред. В. И. Ферронский. // Мәскеу, Недра. – 1975. – Б. 277 (орыс тілінде)
3. Жер асты және жер үсті суларының өзара байланыс дәрежесін бағалаудың изотоптық-геохимиялық әдістері. // Киев, Наукова думка. – 1977. – Б. 154 (орыс тілінде)
4. Абсаметов М.Қ., Мұхамеджанов М.А., Сыдықов Ж.С., Мұртазин Е.Ж. Қазақстанның жер асты сулары-елдің су қауіпсіздігінің стратегиялық ресурсы. – Алматы. – 2017. – Б. 110-118 (орыс тілінде)
5. Rayne В.Р. Изотоптық Гидрология әдістері-су проблемаларын практикалық шешу. // Бюллетені. – Т. 23. – 1981. – Б. 3-6 (ағылшын тілінде)
6. Hoover W.F. Эклогиттік фацияның сдсы аймағындағы эпизодтық сұйықтық ағыны: анардағы li изотоптық аудандастырудан алынған нәтижелер. // Геология. – Т. 55. – 2022. – Б. 546-550. – <https://doi.org/10.1130/G49737.1> (ағылшын тілінде)

7. William F. Hoover, Sarah Penniston-Dorland, Lucas Baumgartner, Anne-Sophie Bouvier, Besim Dragovic, Michel Locatelli, Samuel Angibust, Philippe Agard. Экологиттік фацияның ауысуы болған кездегі эпизодтық сұйықтық ағыны: анардағы литийді изотоптық аймақтарға бөлуден алу. – *Геология*. – 2022. – 50(6). – Б. 746-750. – <https://doi.org/10.1130/G49737.1> (ағылшын тілінде)
8. Wang Z., Ma J., Li J., Wei G., Chen X., Deng W., Xie L., Lu W. and Zou L. Өзен суындағы молибденнің изотоптық құрамының өзгеруін химиялық бақылау: Қытайдың ірі өзендерінен алынған мәліметтер: химиялық геология. – *Т. 410*. – 2015. – Б. 201-212. – doi:10.1016/j.chemgeo.2015.06.022 (ағылшын тілінде)
9. Итемен Н.М. Жер асты суларын изотоптық талдау негізінде Батыс Қазақстанның өнеркәсіптік суларын қалыптастыру шарттары. // ТПУ, Геология және жер қойнауын игеру мәселелері. – 2019. – Т. 1. – Б. 361-363 (орыс тілінде)
10. Итемен Н.М., Дутова Е.М. Батыс Қазақстанның мұнай және газ кен орындарында гидроминералдық ресурстарды игеру. Ғылыми-практикалық конференцияның халықаралық қатысуымен IX Бүкілресейлік материалдар. // Томск. – 2020. – Б. 293-297 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Gorbushina L.V., Tyminsky V.G. Radioaktivnye i stabilnye izotopy v geologii i gidrogeologii [Radioactive and stable isotopes in geology and hydrogeology]. // Moscow: Atomizdat, 1974. – P. 104 (in Russian)
2. Prirodnye izotopy gidrosfery. // Pod red. V.I. Ferronskogo [Natural isotopes of the hydrosphere]. // Moscow: Nedra, 1975. – P. 277 (in Russian)
3. Izotopno-geohimicheskie metody otsenki stepeni vzaimosvyazi podzemnyh i poverhnostnyh vod [Isotope-geochemical methods for assessing the degree of interrelation of underground and surface waters] // Kiev: Naukova dumka, 1977. – P. 154 (in Russian)
4. Absametov M.K., Mukhamedzhanov M.A., Sydykov Zh.S., Murtazin Ye.Zh. Podzemnye vody Kazakhstana – strategicheskii resurs vodnoi bezopasnosti strany [Kazakhstan's groundwater is a strategic resource for the country's water security]. – Almaty, 2017. – P. 111-114 (in Russian)
5. Payne B.R. // Isotope hydrology methods – a practical solution to water problems. // Bulletin. – Vol. 24. – No.3 (in English)
6. Hoover W.F. Episodic fluid flow in an eclogite-facies shear zone: Insights from Li isotope zoning in garnet: *Geology*. – 2022. – Vol. 55. – P. 546-550. – doi.org/10.1130/G49737.1 (in English)
7. William F. Hoover, Sarah Penniston-Dorland, Lucas Baumgartner, Anne-Sophie Bouvier, Besim Dragovic, Michel Locatelli, Samuel Angibust, Philippe Agard; Episodic fluid flow in the presence of eclogite facies shift: taking from isotopic zoning of lithium in garnet. – *Geology*. – 2022. – 50(6). – P. 746-750. – <https://doi.org/10.1130/G49737.1> (in English)
8. Wang Z., Ma J., Li J., Wei G., Chen X., Deng W., Xie L., Lu W. and Zou L. Chemical weathering controls on variations in the molybdenum isotopic composition of river water: Evidence from large rivers in China: *Chemical Geology*. – 2015 – Vol. 410. – P. 201-212. – doi:10.1016/j.chemgeo.2015.06.022 (in English)
9. Iteмен N.M. Usloviya formirovaniya promyshlennyh vod Zapadnogo Kazakhstana na osnove izotopnogo analiza podzemnyh vod [Conditions of formation of industrial waters of Western Kazakhstan on the basis of isotope analysis of groundwater] // Problemy geologii i osvoeniya nedr [Problems of geology and subsoil development]. – Tomsk, 2019. – Vol. 1. – P. 361-363 (in Russian)
10. Iteмен N.M., Dutova E.M. Osvoenie gidromineral'nyh resursov na mestorozhdeniyah nefi i gaza Zapadnogo Kazakhstana [Development of hydromineral resources in the oil and gas fields of Western Kazakhstan]. // Materialy IX Vserossiiskoi s mejdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoi konferencii. = Materials of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation]. – Tomsk. 2020. – P. 293-297 (in Russian)

Сведения об авторах:

Итемен Н.М., PhD, студент, научный сотрудник, Satbayev University, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» (г. Алматы, Казахстан), nurbol_iteмен@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2551-9020>

Муртазин Е.Ж., PhD, к.г.-м.н., заместитель директора, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» (г. Алматы, Казахстан), ye_murtazin@list.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7404-4298>

Жексембаев Е.Ш., PhD, старший научный сотрудник, Satbayev University, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» (г. Алматы, Казахстан), erkebulan.adai@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7510-208>

Рахметов И.К., младший научный сотрудник лаборатории региональной гидрогеологии и геоэкологии, ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» (г. Алматы, Казахстан), issa-92@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6269-7734>

Авторлар туралы мәліметтер:

Итмен Н.М., PhD студенті, ғылыми қызметкер, Satbayev University, «У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» (Алматы қ., Қазақстан)

Муртазин Е.Ж., PhD, геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, институт директорының орынбасары, «У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» (Алматы қ., Қазақстан)

Жексембаев Е.Ш., PhD, ғылыми қызметкер, Satbayev University, «У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» (Алматы қ., Қазақстан)

Рахметов И.К., Аймақтық гидрогеология және геоэкология зертханасының кіші ғылыми қызметкері, «У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» (Алматы қ., Қазақстан)

Information about authors:

Itmen N.M., PhD student, Satbayev University, «Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U.M. Ahmedsafin» (Almaty, Kazakhstan)

Murtazin Ye.Zh., PhD, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Director of the Institute, «Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U.M. Ahmedsafin» (Almaty, Kazakhstan)

Zhexembayev E.Sh., PhD, Researcher, Satbayev University, «Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U.M. Ahmedsafin» (Almaty, Kazakhstan)

Rakhmetov I.K., Junior Researcher of the Laboratory of Regional hydrogeology and geocology, «Institute of Hydrogeology and Geocology named after U.M. Akhmedsafin» (Almaty, Kazakhstan)

XXVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ВЫСТАВКА

**СУРГУТ.
НЕФТЬ И ГАЗ
2023**

**27-29
СЕНТЯБРЯ**

+7 (3462) 94-34-54
sales@yugcont.ru
sngexpo.ru

XXVIII INTERNATIONAL
SPECIALIZED
TECHNOLOGICAL EXHIBITION

**SURGUT.
OIL & GAS
2023**

📍 г. Сургут,
СОК «Энергетик»
ул. Энергетиков, 47