

Код МРНТИ 38.61.31:52.01.75

*Н.М. Итемен^{1,2}, Е.Ж. Муртазин², М.К. Абсаметов²¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (г. Алматы, Казахстан)

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЛИТИЯ ИЗ ПЛАСТОВЫХ РАССОЛОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО МАНГЫШЛАКА

Аннотация. Подземные воды всегда играли значительную роль в развитии экономики Казахстана. В последнее время, учитывая истощаемость месторождений полезных ископаемых и редкость некоторых элементов, все большее внимание уделяется промышленным водам. К промышленным относят подземные воды и рассолы, содержащие полезные компоненты или их соединения в количествах, обеспечивающих в пределах конкретных гидрогеологических районов (или их отдельных частей) рентабельную добычу и переработку этих вод с целью получения полезной продукции существующими техническими средствами с использованием современных технологических процессов. В статье изложены основные характеристики перспективных месторождений нефти и газа Южного Мангышлака. Приведены данные о содержании редких элементов в подземных водах на территории этой провинции.

Ключевые слова: подземные воды, промышленные воды, газонасыщенность, литий, прикаспийская впадина, рассолы, нефть и газ, гидрогеологическое районирование, минерализация, стронций.

Оңтүстік Мәңгішләк мұнай және газ кеніштерінің қалыптастық сұздарынан литийді алу

Аңдатпа. Жер асты сулары Қазақстан экономикасының дамуында әрқашан үлкен рөл атқарды. Соңғы кезде пайдалы қазбалар кен орындарының сарқылуын және кейбір элементтердің сирек кездесетінін ескере отырып, өндірістік суларға көбірек көңіл бөлінуде. Өнеркәсіпке пайдалы компоненттері немесе олардың қосындылары нақты гидрогеологиялық аймақтарда (немесе олардың жекелеген бөліктерінде) қолданыстағы техникалық құралдармен және қазіргі заманғы технологиялық процестерді пайдалана отырып пайдалы өнім алу мақсатында осы суларды үнемі өндіруді және өңдеуді қамтамасыз ететін мөлшердегі жер асты сулары мен тұзды сулар жатады. Мақалада Оңтүстік Мәңгішләктағы перспективалы мұнай және газ кен орындарының негізгі сипаттамалары берілген. Осы провинцияның аумағындағы жер асты суларында сирек элементтердің мөлшері туралы деректер келтірілген.

Түйінді сөздер: жер асты сулары, өндірістік сулар, газға қанықтыру, литий, Каспий ойпаты, тұзды сулар, мұнай-газ, гидрогеологиялық аудандату, минералдану, стронций.

Extraction of lithium from formation brines of oil and gas fields of Southern Mangyshlak

Abstract. Groundwater has always played a significant role in the development of the economy of Kazakhstan. Recently, given the depletion of mineral deposits and the rarity of some elements, more and more attention is paid to industrial waters. Industrial include groundwater and brines containing useful components or their compounds in quantities that ensure within specific hydrogeological regions (or their separate parts) cost-effective extraction and processing of these waters in order to obtain useful products by existing technical means and using modern technological processes. The article presents the main characteristics of promising oil and gas fields in the South Mangyshlak. Data on the content of rare elements in groundwater in the territory of this province are given.

Key words: groundwater, industrial water, gas saturation, lithium, Caspian basin, brines, oil and gas, hydrogeological zoning, mineralization, strontium.

Введение

Интенсивная добыча многих полезных ископаемых привела к тому, что запасы некоторых редких элементов существенно сократились, а потребность в них резко увеличилась за счет расширения их использования в новых отраслях техники и технологии. Все острее становится проблема поиска и вовлечения в промышленную разработку новых видов минерального сырья. Одним из таких новых видов гидроминерального сырья могут стать подземные воды различных гидрогеологических структур, а также пластовые рассолы, попутно добываемые при разработке месторождений нефти и газа. Пластовые воды, вскрывающиеся при отработке месторождений нефти и газа, являются гидроминеральным сырьем для получения промышленной продукции. Промышленная вода содержит компоненты, состав и количество которых достаточны для извлечения их в промышленных масштабах¹. Однако, как правило, это сырье не используется, так как либо изливается или сбрасывается на поверхность, либо закачивается обратно в подземные горизонты, что требует дополнительных затрат, а главное, наносит значительный ущерб окружающей среде.

Для Республики Казахстан приоритетное направление в будущем – добыча и получение чистых ценных компонентов и их соединений с дальнейшим развитием полупроводниковой, электронной, приборостроительной и других передовых отраслей науки и техники. В нефти обнаружено более 60 микроэлементов^{2,3} [1], а в попутных пластовых водах, представленных в основном рассолами, в промышленных масштабах содержатся хлористый натрий, хлористый кальций, другие соли и редкие элементы, такие как литий, стронций, цезий, рубидий, йод, бром, бор и другие^{1,2,4,5}. Вопрос извлечения этих редких микроэлементов и их соединений в настоящее время приобрел значительную актуальность.

Из редких металлов к широко используемым относится литий. Идентифицированные сырьевые ресурсы лития в мире оцениваются в 13 млн т при объеме мирового потребления ~65 тыс. т. При этом 22% подтвержденных запасов лития сосредоточены в пегматитовых рудах, а 78% – в различных видах гидроминерального сырья³. Открытие и разработка в 90-х годах прошлого века богатейшего месторождения

¹Бондаренко С.С., Куликов Г.В. Подземные промышленные воды. – М.: Недра 1984. – 385 с.

²Батуева И.Ю., Гайле А.А., Поконова Ю.В. и др. Химия нефти. – Л.: Химия, 1984. – 360 с.

³Дияров И.Н., Батуева И.Ю., Садыков А.Н., Солодова Н.Л. Химия нефти. – 1990. – 240 с.

⁴Зелинская Е.В., Воронина Е.Ю. Теоретические аспекты использования гидроминерального сырья. – М.: Академия Естествознания, 2009. – 118 с.

⁵Горная энциклопедия. / Гл. ред. Е.А. Козловский. – М.: Сов. Энциклопедия, 1989. – Т. 4. Ортин – Социосфера. – 623 с.

Таблица 1

Содержание ценных компонентов в пластовых водах месторождений нефти и газа

Кесте 1

Мұнай және газ кен орындарының қабат суларындағы құнды компоненттердің мөлшері

Table 1

The content of valuable components in formation waters of oil and gas fields

Площадь	№ скважины	Минерализация, г/дм ³	Li, г/дм ³	Sr, г/дм ³	J, г/дм ³	Br, г/дм ³	B, г/дм ³	K, г/дм ³
Асар	119	21	1,6	53,6	0,70	20,36	9,68	67,2
	50	119	8,8	827	6,0	67,20	17,7	505
	223	116	8,8	702	5,10	328,76	5,52	528
	263	95	7,0	447	2,70	241,87	4,83	598
	408	151	11,4	776	4,70	417,41	5,06	1029
	450	68,6	5,8	361	1,30	180,35	4,95	496
	309	154	11,6	963	3,8	51,20	14,8	795
Бектурлы	107	152	13,6	873	3,2	72,4	14,8	761
Южный Жетыбай	117	100	9,2	515	2,4	69,2	23,4	611
	208	32,2	2,6	83,4	1,0	47,2	17,7	5,2
	400	125	12,0	778	3,22	67,2	23,4	775

литиевой рапы в Чили произвели коренной переворот на рынке литиевой продукции. Подземные рассолы становятся во всем мире доминирующим сырьем для производства Li_2CO_3 , по сравнению с получением карбоната лития из твердой руды.

За последние сорок лет мировой уровень потребления литиевой продукции увеличился более

чем в 2,5 раза за счет появления новых, бурно развивающихся отраслей. Спрос на литий быстро растет из-за разнообразия его применения в: аккумуляторных батареях, легких авиационных сплавах, очистке воздуха, ядерном синтезе, фармацевтике, производстве синтетических каучуков, термоэластопластов, высокочистых литиевых солей,



Рис. 1. Схема расположения месторождений Южный Жетыбай, Бектурлы, Асар. Сурет 1. Оңтүстік Жетібай, Бектұрлы, Асар кен орындарының орналасу схемасы.
Figure 1. Scheme of location of the South Zhetysay, Bekturly, Asar fields.

Таблица 2

Состав пластовых рассолов нефтяных месторождений Асар, Южный Жетыбай и Бектурлы

Кесте 2

Асар, Оңтүстік Жетібай және Бектұрлы мұнай кен орындарының қабат тұзды суларының құрамы

Table 2

Composition of reservoir brines of oil fields Asar, South Zhetybai and Bekturly

Образец	Месторождение	Скважина, №	рН	Содержание, мг/дм ³			Отношение, мг-экв/дм ³
				SO ₄ ²⁻	Li	Sr	Sr/Li
1	Асар	408	5,95	4,5	12,4	776	9,9
		309	5,86	7,4	11,6	963	13,1
2		50	5,99	8,2	8,8	827	14,9
3		223	6,22	41,2	8,8	702	12,6
4		263	6,32	801,8	7	447	10,1
5		450	6,57	375	5,8	361	9,9
6		119	7,83	3037,6	1,6	53,6	5,3
7	Южный Жетыбай	400	6,05	226,4	12	778	10,3
8		117	6,59	467,2	9,2	467,2	8,0
9		208	7,96	2109,5	2,6	83,4	5,1
10	Бектурлы	107	5,94	9,9	13,6	873	10,2

различных химических источников тока. Ожидается, что к 2025 г. спрос на литий утроится за счет использования батарей, особенно для электромобилей. Ожидается, что рынок лития вырастет с 184000 т/г карбоната лития до 534000 т/г к 2025 г. Для обеспечения растущего потребления лития необходимо увеличить извлечение лития из различных источников. Природные ресурсы лития в основном связаны с месторождениями гранитно-пегматитового типа, рассолами соленых озер, морской водой и геотермальной водой. Запасы лития в рассоле соленых озер, морской и геотермальной водах, которые являются отличным сырьем для добычи лития, составляют 70-80% от общих запасов. Мировые запасы лития составляют около 14 млн т, из которых 70-80% находится в рассоле соленых озер, геотермальной воде и твердом литии, содержащемся в литиевой руде.

К низким промышленным концентрациям относится содержание лития в пластовых водах больше 10 мг/дм³. Такие концентрации содержат попутные воды ряда месторождений нефти и газа Прикаспийской впадины и полуострова Мангышлак.

Характеристика нефтегазовых месторождений Южного Мангышлака

В основу районирования подземных промышленных вод, как и общего гидрогеологического районирования, положен геоструктурный принцип. В соответствии с этим, главные элементы районирования представляют собой крупные гидрогеологические области (платформенные и горно-складчатые), при выделении которых принимаются во внимание основные геоструктурные

элементы земной коры. В качестве такого рода гидрогеологических структур можно назвать древние и молодые платформы и горно-складчатые сооружения.

Месторождение Асар расположено в Мангистауской области, в 55 км к юго-востоку от г. Актау (рис. 1). Структура представляет собой асимметричную брахиантиклинальную складку северо-западного простирания, осложненную тектоническим нарушением. По кровле II продуктивного горизонта, стратиграфически относимого к батскому ярусу, размер структуры составляет 7 × 2,5 км. Продуктивные отложения юры представлены песчаниками и алевролитами. В разрезе средней юры установлены 9 продуктивных горизонтов, в которых выявлены 16 залежей. В семи горизонтах залежи нефтяные, в двух – нефтяные с газовыми шапками. По типу ловушек они относятся к пластовым, сводовым, а также к пластовым, тектонически и литологически экранированным. Ряд залежей имеет наклонный водонефтяной контакт. Пористость коллекторов 2,5-36 м, нефтенасыщенная – 1,5-10,6 м, газонасыщенная – 1,8-7,8 м. Начальные пластовые давления изменяются от 15,99 МПа до 22,9 МПа; пластовая температура 70-900°C. Начальные дебиты нефти составляли 4-104 м³/сут. Нефти плотностью 857-905 кг/м³ – высокосмолистые (12,6-23,9%), высокопарафинистые (18,8-22,6%), малосернистые. Содержание асфальтенов в них от 2,05% до 4,02%. Выход фракций до 3000°C – 29%. В составе растворенных газов преобладает метан (68,4-80,05%), тяжелых углеводородов – 17-25%, повышенное содержание азота (до 15,37%).

Газы газовых шапок имеют метановый состав (75-80,2%), на долю тяжелых углеводородов приходится 11-20%, сероводород отсутствует, азота – 4,24-8,88%, углекислого газа – 0,17%. Воды – хлоркальциевые с плотностью 1007-1120 кг/м³ и минерализацией 116-143 г/л, обогащены бромом (659,3-587,8 мг/л). В небольших количествах содержатся йод, бор. Режим залежи – упруго водонапорный.

Месторождение Бектурлы. Газоконденсатное месторождение Бектурлы находится в Мангистауской области, в 80 км к востоку от г. Актау. Структура выявлена при проведении региональных геолого-геофизических работ в 1967-1968 гг. Глубокое поисковое бурение начато в 1973 г. В том же году скважиной №3 установлены залежи в отложениях средней юры, а в 1975 г. открыта залежь в нижней юре. В структурном отношении – это брахиантиклиналь субширотного простирания. По кровле отложений батского яруса размер структуры составляет 2 × 1 км, амплитуда – 15 м. С глубиной контрастность структуры увеличивается, отмечается смещение свода в восточном направлении. Высота нефтяных залежей – 16-62 м, нефтегазоконденсатной – 37 м. Коллекторы продуктивных горизонтов поровые, литологически представлены песчаниками и алевролитами. Газовый фактор – 91-145,2 м³/м³. Нефти плотностью 855-870 кг/м³, малосернистые (0,2%), высокопарафинистые (23-25,1%), с повышенным содержанием смол и асфальтенов (до 11,8% и 6,2% соответственно). Растворенный газ по составу тяжелый, этансодержащий. Количество тяжелых углеводородов колеблется от 14% до 25%. В составе газа отмечается от 3% до 6% азота, углекислый газ отсутствует. Режим залежей – водонапорный.

Месторождение Южный Жетыбай. Газоконденсатнонефтяное месторождение Южный Жетыбай расположено в Мангистауской области, в 4,5 км к югу от месторождения Жетыбай. Поднятие выявлено геофизическими исследованиями 1962-1964 гг. и детализировано в 1968 г. Месторождение открыто в 1968 г. поисковой скважиной №95, установившей продуктивность средне- и нижнеюрских отложений. В 1972 г. выявлены залежи в триасе. В тектоническом отношении представляет собой асимметричную брахиантиклинальную складку субширотного ориентирования, осложненную двумя поднятиями – Южно-Жетыбайским на западе и Нормальским на востоке. По подошве ааленского яруса (замыкающая изогипса – 2640 м) поднятие имеет размеры 4,9 × 1,1 км. С глубиной размеры структуры возрастают и по подошве анатийского яруса среднего триаса достигают 12 × 2,5 км с амплитудой 450 м. Южное крыло поднятия – более крутое и осложненное сбросом, затухающим в ааленских отложениях. Установлена промышленная нефтегазонасыщенность среднеюрских, нижнеюрских и триасовых отложений. Средняя пористость коллектора продуктивных горизонтов юры колеблется от 12% до 19%, проницаемость – от 0,01 м до 0,004 м; для триаса – 14-19% и 0,002 м соответственно. Эффективная толщина

коллектора изменяется от 4,6 м до 61,1 м, нефтенасыщенная – от 3,8 м до 11 м, газонасыщенная – от 2,8 м до 14,6 м, коэффициент нефтенасыщенности – 0,60-0,68. Начальное пластовое давление 19,8-27,0 МПа при температурах 84-1330°C. Газонасыщенность пластовых нефтей изменяется от 64 м³/т до 99 м³/т. Газ залежей средней юры по составу тяжелый, этансодержащий, тяжелых углеводородов в нем отмечается от 14% до 39%. В триасовых залежах газы легкие, метановая составляющая достигает 91%. Содержание стабильного конденсата в юрских залежах достигает 108 г/м³, в триасовых – 125 г/м³. Пластовые воды хлоркальциевого типа плотностью 1074-1110 кг/м³. Общая минерализация вод юрских горизонтов 132-152 г/л, триасового – 102,2 г/л. В водах содержатся йод, бор, бром.

Результаты

По данным химико-аналитических исследований были выбраны три перспективные площади:

- месторождение Асар, скважина №309, вскрывшая пластовые рассолы с содержанием: лития – 11,6 мг/дм³, стронция – 963 мг/дм³, брома – 417,41 мг/дм³, калия – 1029 мг/дм³;

- месторождение Бектурлы, скважина №107 с содержанием: лития – 13,6 мг/дм³, стронция – 873 мг/дм³;

- месторождение Южный Жетыбай, скважина №400 с содержанием: лития – 12,0 мг/дм³, стронция – 778 мг/дм³.

По результатам анализа проб пластовых рассолов, приведенных в табл. 2, можно утверждать, что перспективные пластовые воды на содержание лития (> 10 мг/дм³) имеют рН < 6,0.

Вторым существенным параметром является содержание SO_4^{2-} . При рН > 6,0 содержание сульфат-иона выше 200 мг/дм³ может указывать на повышенное содержание лития на 25-36%, по сравнению с близкими по значению рН рассолов. Из табл. 2 видно, что для рассолов скважин №55 и №400 при рН, равном 6,12 и 6,05, и концентрации сульфатов 5,4 мг/дм³ и 226,4 мг/дм³, содержание лития было 9,6 мг/дм³ и 12 мг/дм³ соответственно. В рассолах скважин №450 и №117 при рН, равном 6,57 и 6,59, и концентрации сульфатов 375 мг/дм³ и 467,2 мг/дм³, содержание лития было 5,8 мг/дм³ и 9,2 мг/дм³ соответственно.

При сравнении относительного содержания стронция и лития в мг-экв/дм³ (табл. 2) получены результаты, на основании которых предлагается простая формула оценки возможного содержания лития в пластовых рассолах Мангышлака в зависимости от содержания стронция в рассолах^{2,3} в диапазоне рН = 5,9-6,5.

$$C_{Li} = C_{Sr}/K,$$

где C_{Li} – ожидаемая концентрация лития в пластовом рассоле Мангышлакских месторождений нефти, мг-экв/дм³;

C_{Sr} – концентрация стронция в пластовом рассоле Мангышлакских месторождений нефти, мг-экв/дм³;

K – коэффициент пропорциональности между концентрацией Sr/Li , мг-экв/дм³, в пластовых рассолах Мангышлакских месторождений нефти.

Получено среднее значение коэффициента для месторождений нефти Мангышлака – 11,4.

Постоянное отношение концентраций стронция и лития в пластовых водах свидетельствует о поступлении

их в рассол при растворении $SrSO_4$ (целестина), отложения которого широко представлены в третичных отложениях минералов Мангышлака [2]. Кроме того, известно, что сульфаты лития образуют с сульфатом стронция двойные соединения различного состава [3, 4].

Заключение

На основе данных о составе пластовых рассолов можно сделать следующие предположения и рекомендации:

- для рассолов нефтяных месторождений Мангышлака важнейшим фактором, определяющим перспективность на предмет содержания лития, является рН;

значение рН должно быть меньше 6,0, что может быть связано с последними сроками кислотной обработки скважин добычи нефти;

- содержание и перспективные запасы лития в пластовых рассолах связаны с количеством целестина во вмещающих породах месторождения нефти и может оцениваться на основании имеющихся геологических изысканий, оценки состава вмещающих пород;

- определение содержания стронция в полевых условиях позволяет на месте оперативно оценивать содержание лития в рассоле.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колодяжный А.В., Ковальчук Т.Н., Коровин Ю.В., Антонович В.П. Определение микроэлементного состава нефтей и нефтепродуктов. Состояние и проблемы. // Методы и объекты химического анализа. – 2006. – Т. 1. – №2. – С. 90-104 (на русском языке)
2. Wang J., Chen M., Chen H., Luo T., Xu Z. Исследование выщелачивания отработанных литий-ионных аккумуляторов. // Труды экологических наук. – 2012. – Т. 16. – С. 443-450 (на английском языке)
3. Wei Xiang, Shengke Liang и др. Извлечение лития из рапы соленых озер противоточной экстракцией с использованием трибутифосфата/ $FeCl_3$ в метилизобутилкетоне. // Гидрометаллургия. – 2017. – Т. 171. – С. 27-32 (на английском языке)
4. Jianfeng Song и др. Извлечение лития из рассола соленого озера с высоким соотношением Mg/Li с использованием $Na[FeCl_4 \cdot 2TBP]$ в качестве экстрагента: термодинамика, кинетика и процессы. // Гидрометаллургия. – 2017. – Т. 173. – Р. 63-70 (на английском языке)
5. Каршигина З.Б., Абишева З.С., Бочевская Е.Г., Кан С.М., Бейсенбиева У.Ж. Апробация экстракционных способов для извлечения лития из природных рассолов Казахстана. // Вестник КазНУ. – 2018. – №5(129). – С. 374-383 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Колодяжный А.В., Ковальчук Т.Н., Коровин Ю.В., Антонович В.П. Мұнай және мұнай өнімдерінің микроэлементтік құрамын анықтау. Жағдайы мен проблемалары. // Химиялық талдау әдістері мен объектілері. – 2006. – Т. 1. – №2. – Б. 90-104 (орыс тілінде)
2. Wang J., Chen M., Chen H., Luo T., Xu Z. Пайдаланылған литий-ионды батареяларды сілтілеуді зерттеу. // Экологиялық ғылымдар еңбектері. – 2012. – Т. 16. – Б. 443-450 (ағылшын тілінде)
3. Wei Xiang, Shengke Liang және т.б. Метил изобутил кетондағы үш фосфат/ $FeCl_3$ көмегімен қарсы токпен экстракциялау арқылы тұзды көлдің тұзды ерітіндісінен литийді алу. // Гидрометаллургия. – 2017. – Т. 171. – Б. 27-32 (ағылшын тілінде)
4. Jianfeng Song және т.б. Экстрагент ретінде $Na[FeCl_4 \cdot 2TBP]$ пайдалана отырып, жоғары Mg/Li қатынасы бар тұзды көл тұзды суынан литийді алу: Термодинамика, кинетика және процесстер. // Гидрометаллургия. – 2017. – Т. 173. – Б. 63-70 (ағылшын тілінде)
5. Каршигина З.Б., Абишева З.С., Бочевская Е.Г., Кан С.М., Бейсенбиева У.Ж. Қазақстанның табиғи тұзды ерітінділерінен литий алудың экстракция әдістерін апробациялау. // ҚазҰТУ хабаршысы. – 2018. – №5(129). – Б. 374-383 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Kolodyazhny A.V., Kovalchuk T.N., Korovin Yu.V., Antonovich V.P. Opredelenie mikroelementnogo sostava neftej i nefteproduktov. Sostoyanie i problemy [Determination of the microelement composition of oils and oil products. Condition and problems]. // Metody i ob"ekty ximicheskogo analiza = Methods and objects of chemical analysis. – 2006, – Vol. 1. – №2. – P. 90-104 (in Russian)

2. Wang J., Chen M., Chen H., Luo T., Xu Z. Leaching study of spent Li-ion batteries. // *Procedia Environmental Sciences*. – 2012. – Vol. 16. – P. 443-450 (in English)
3. Wei Xiang, Shengke Liang et al. Lithium recovery from salt lake brine by counter-current extraction using tributyl phosphate/FeCl₃ in methyl isobutyl ketone. // *Hydrometallurgy*. – 2017. – Vol. 171. – P. 27-32 (in English)
4. Jianfeng Song et al. Recovery of lithium from salt lake brine of high Mg/Li ratio using Na[FeCl₄ * 2TBP] as extractant: Thermodynamics, kinetics and processes. // *Hydrometallurgy*. – 2017. – Vol. 173. – P. 63-70 (in English)
5. Karshigina Z.B., Abusheva Z.S., Bochevskaya E.G., Kan S.M., Beisenbieva U.Zh. Aprobaciya e'kstrakcionnyx sposobov dlya izvlecheniya litiya iz prirodnyx rassolov Kazaxstana [Approbation of extraction methods for the extraction of lithium from natural brines of Kazakhstan]. // *Vestnik KazNITU = Bulletin of KazNRTU*. – 2018. – №5(129). – P. 374-383 (in Russian)

Сведения об авторах:

Итемен Н.М., докторант кафедры «Гидрогеология, инженерная и нефтегазовая геология» Satbayev University, научный сотрудник Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (г. Алматы, Казахстан), nurbol_itemen@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2551-9020>

Муртазин Е.Ж., PhD, канд. геол.-минерал. наук, заместитель директора Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (г. Алматы, Казахстан), ye_murtazin@list.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7404-4298>

Абсаметов М.К., д-р геол.-минерал. наук, директор Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (г. Алматы, Казахстан), igg_gis-dzz@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2520-6294>

Авторлар туралы мәліметтер:

Итемен Н.М., Satbayev University «Гидрогеология, инженерлік және мұнай-газ геологиясы» кафедрасының докторанты, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институттың ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

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

Абсаметов М.К., геология-минералогия ғылымдарының докторы, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты директоры (Алматы қ., Қазақстан)

Information about authors:

Itemen N.M., Doctoral Student at the Department «Hydrogeology, Engineering and Oil and Gas Geology» of the Satbayev University, Researcher of the Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U.M. Ahmedsafin (Almaty, Kazakhstan)

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

Absametov M.K., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Director of the Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U.M. Ahmedsafin (Almaty, Kazakhstan)

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).

Авторы выражают благодарность Комитету геологии Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан.