

Код МРНТИ 38.15.29

А. Жумагазиев¹, *С. Курбаниязов², Т. Шоймуротов³, М. Мамадияров⁴¹Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова (г. Атырау, Казахстан),²Международный казахско-турецкий университет им. А. Ясави (г. Туркестан, Казахстан),³Министерство горнодобывающей промышленности и геологии (г. Ташкент, Узбекистан),⁴Университет дружбы народов имени академика А. Куатбекова (г. Туркестан, Казахстан)

ГЛАУКОНИТОНОСНОСТЬ ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация. В статье рассматриваются геолого-стратиграфические, литолого-петрографические и минералого-геохимические особенности глауконитсодержащих песков Кайнарбулакской свиты, широко распространенных в пределах юго-восточной части Большого Каратау и Сырдарьинского осадочного бассейна. По результатам рентгеноструктурного анализа установлено, что основными минералами являются кварц (до 44,36%), глауконит (до 27%), полевые шпаты и кремнистые обломки. В глауконитовых песках встречаются фосфатные компоненты, копролиты, зубы акул размером до 1 мм. Анализ гранулометрии и структуры свидетельствует о двух этапах перемыва, оказавших влияние на степень сортировки, распределение глауконита и форму зерен. Показано, что глауконитообразование происходило в условиях трансгрессивного шельфа в умеренном климате при низкой скорости седиментации, что подтверждается фациальной зональностью и структурными текстурами осадков.

Ключевые слова: глауконит, Кайнарбулакская свита, стратиграфия, морфология зерен, рентгеноструктурный анализ, палеоцен, шельфовые фаши, Южный Казахстан.

Оңтүстік Қазақстанның палеоген шөгінділеріндегі глаукониттің таралуы

Аннотация. Бұл мақалада Оңтүстік Қазақстандағы Үлкен Қаратау жотасының оңтүстік-шығыс бөлігінде және Сырдария ойпаңы аумағында кең таралған палеоценнің соңынан эоценнің басына дейінгі кезеңді қамтитын қайнарбулак шөгінділерінің глауконитті құмдарының геологиялық, литологиялық және минералогиялық ерекшеліктері зерттеледі. Рентгенқұрылымдық талдау нәтижелері бойынша негізгі минералдар – кварц (44,36%-ға дейін), глауконит (27 %-ға дейін), дала шпаты мен кремнийлі жыныс қалдықтары екені анықталды. Құмдар құрамында фосфат компоненттері – балық сүйектері, копролиттер мен ақула тістері жиі кездеседі. Гранулометриялық зерттеулер екі қайта шөгінділердің болғанын көрсетіп, глауконит дәндерінің морфологиясы мен таралуына әсер еткенін дәлелдейді. Теңіз трансгрессиясы жағдайында қалыптасқан глауконитті шөгінділер шельфтік фашиялармен, төмен шөгінді жылдамдықпен және штормдық режиммен сипатталады.

Түйінді сөздер: глауконит, Кайнарбулак свитасы, стратиграфия, дән морфологиясы, рентгенқұрылымдық талдау, палеоцен, шельфтік фашиялар, Оңтүстік Қазақстан.

Glauconite-bearing paleogene deposits of Southern Kazakhstan

Abstract. This study presents a comprehensive analysis of glauconite-bearing sands of the Kainarbulak Formation (Late Paleocene – Early Eocene), extensively developed in the southeastern Greater Karatau Mountains and Syrdarya sedimentary basin (South Kazakhstan). X-ray diffraction data show that the primary components include quartz (up to 44.36%), glauconite (up to 27%), feldspars, and siliceous rock fragments. The sands also contain phosphatized remains – bone fragments, coprolites, and shark teeth – up to 1 mm in size. Granulometric data indicate two reworking phases, influencing sediment sorting and glauconite concentration in specific fractions. The results suggest that glauconite formation occurred in a transgressive shelf environment with low sedimentation rates and storm-dominated hydrodynamics.

Key words: glauconite, Kainarbulak Formation, stratigraphy, grain morphology, X-ray diffraction, Paleocene, shelf facies, South Kazakhstan.

Введение

Глауконитовые пески имеют широкое распространение в пределах юго-восточной части гор Большого Каратау и территории Сырдарьинского осадочного бассейна. Приурочены они к нижней части кайнарбулакской свиты, отнесенной по возрасту к позднему палеоцену – раннему эоцену. Пласты глауконитовых песков выявлены на участках Бургем, Балабургем, Укаша-ата, Атабай и Урангай на территории Туркестанского района Южно-Казахстанской области. В Жанақурганском районе Кызылординской области известны проявления Кайнарбулак, Кайнар, Кыраш-тобе, Кос-Уйенки, Жанааул и др.

Представленное исследование обладает значительной научной и прикладной ценностью, так как комплексно освещает стратиграфическую позицию, литологическое строение, минералогический состав и генезис глауконитсодержащих песков Кайнарбулакской свиты в пределах юго-восточной части гор Каратау и Сырдарьинского осадочного бассейна. Впервые на обширном фактическом материале дана детальная петрологическая и минералогическая характеристика глауконитовых горизонтов, выявлены морфологические особенности зерен глауконита, их фазовая неоднородность и условия седиментации в палеошельфовой зоне.

Научная новизна работы заключается в следующем:

– впервые для рассматриваемого региона систематизированы данные по морфологии глауконита, включая его кристаллические формы, агрегационные структуры и ми-

кросструктурные особенности, определенные методами рентгеноструктурного анализа;

– установлена полигенетическая природа глауконита и определена зависимость его морфологии и гранулометрического распределения от интенсивности перемывов в условиях шельфовой седиментации;

– уточнены стратиграфические и тектонические особенности распространения глауконитсодержащих отложений, показана их приуроченность к трансгрессивным базальным слоям морского палеогена (Кайнарбулакская и Акжарская свиты);

– доказано, что глауконитовые горизонты формировались в условиях шельфовых морей с преимущественно штормовым режимом, при высокой биологической продуктивности, низкой скорости седиментации и активной придонной циркуляции;

– выявлены корреляции между морфометрией глауконита и фациальными условиями осадконакопления, что позволяет использовать глауконит как индикатор палеогеографических обстановок позднего палеоцена – раннего эоцена.

Таким образом, результаты работы расширяют представления о глауконитогенезе, закономерностях размещения глауконитовых горизонтов и создают фундамент для последующих геологоразведочных, минералогических и ресурсных оценок месторождений глауконита в Южном Казахстане и сопредельных регионах. В пределах центральной части хребта Каратау отложения Кайнарбулак-

ской свиты уничтожены эрозией. Однако на обоих его склонах, а также в пределах Сардарьинского и Шу-Сарысуйского осадочного бассейнов они развиты повсеместно. На юго-западном склоне Каратау породы свиты обнажены на значительных участках, а на северо-восточном они вскрыты многочисленными скважинами. Наиболее полный и характерный разрез свиты наблюдается в северо-западной части хребта, как на юго-западном, так и на северо-восточном склоне [1, 2].

В составе Кайнарбулакской свиты отчетливо выделяются три пачки, характеризующиеся различием в литологическом составе (рис. 1, 2) [3, 4]. Нижняя отличается изменчивостью литологического состава по простиранию. В строении ее преобладают серые и темно-серые алевролитистые глины с небольшим количеством органического (сапропелевого) материала и пирита, с прослоями кварц-глауконитовых песчаников и песков. На отдельных участках в ней наоборот доминируют глинистые кварц-глауконитовые песчаники, а иногда и гравелиты с желваками фосфоритов.

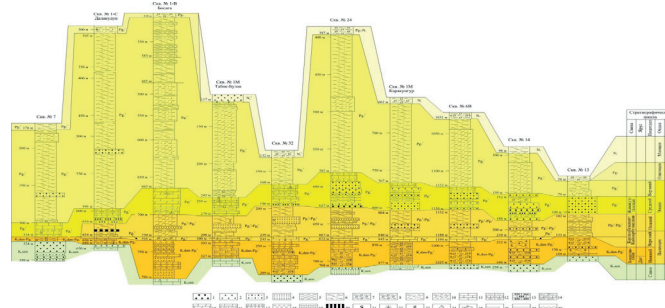
Глауконитовые пески и песчаники слагают пластообразные и линзобразные горизонты мощностью до 3 м, отличающиеся широким площадным развитием. Мощность пачки колеблется от нескольких до 25 м. Средняя пачка

Система	Отдел	Подотдел	Район/рус	Свита	Литологическая колонка	Мощность (в метрах)	Описание пород
Палеогеновая	Эоцен	Верхний	Альминский	Байгубская		200	Толща зеленых глин: зеленовато-серые глины с подчиненными прослоями алевролитов.
		Севфур-повойский	Яныурагская		60	Верхняя пачка - серые и темно-серые алевролитистые бескарбонатные глины. М - 10-25 м. Средняя пачка - алевролитистые глины шоколадного цвета с подчиненными прослоями серых коослоистых известковистых алевролитов. М - <20 м. Нижняя пачка - серые и темно-серые алевролитистые глины с прослоями кварц-глауконитовых песчаников и песков, редко гравелитов с желваками фосфоритов. М - до 25 м.	
							Нижний
		Верхний	Кенге-суйский	Капан-бекская		25	
							Нижний
	Палеоцен	Нижний	Иккеруан-суйский	Босапская		25	

Рис. 1. Сводная литолого-стратиграфическая колонка отложений Кайнарбулакской свиты хребта Каратау и Сырдарьинской впадины.

Сурет 1. Қаратау жотасы мен Сырдария ойпатының Қайнарбулак свитасының шөгінділерінің жинақталған литология-стратиграфиялық колонкасы.

Figure 1. Generalized lithological-stratigraphic column of the deposits of the Kainarbulak Formation in the Karatau Ridge and the Syrdarya Depression.



Условные обозначения

Литологические типы пород: 1 – гравелиты, 2 – песчаники, 3 – пески, 4 – алевролиты, 5 – аргиллиты, 6 – глины, 7 – глины известковистые, 8 – глины доломитистые, 9 – глины песчановые, 10 – глины с прослоями ангидритов, 11 – известняки, 12 – глинистые известняки, мергели, 13 – песчановые известняки, 14 – глинистые известняки с прослоями ангидрита, 15 – доломиты, 16 – глинистые доломиты, 17 – доломиты с прослоями ангидрита, 18 – ангидриты, гипсы, 19 – ангидриты с прослоями доломитов, 20 – горючие сланцы. **Диagenетические образования:** 21 – окремнение, 22 – окислы и гидроокислы железа, 23 – глауконит.

Органические остатки: 24 – фауна, 25 – отпечатки рыб, 26 – слои пород, не вмещающиеся в масштаб колонки.

Границы слоев: 27 – согласные, 28 – разрыв.

Рис. 2. Геологический разрез Кайнарбулакской свиты по профилю скв. № 7 – скв. № 13.
Сурет 2. Қайнарбулак свитасының геологиялық қимасы № 7 – № 13 ұңғымалар бойымен.
Figure 2. Geological cross-section of the Kainarbulak Formation along the profile from Well No. 7 to Well No. 13.

представлена алевролитистыми глинами шоколадного цвета с подчиненными прослоями (0,1–0,5 м) серых известковистых алевролитов с мелкой косою слоистостью. Мощность ее обычно составляет менее 20 м. Верхняя пачка сложена серыми и темно-серыми алевролитистыми, бескарбонатными глинами мощностью от 10 до 25 м [5].

Таким образом, разрез Кайнарбулакской свиты обладает рядом специфических особенностей, позволяющих уверенно выделять ее в разрезах, как в обнажениях, так и в скважинах. В первую очередь это преимущественно глинистый состав, бескарбонатность, обогащенность органическим веществом и пиритом, а также серый и темно-серый цвет пород, наличие горизонта «шоколадных» глин в средней части, прослоев и линз кварц-глауконитового песка в подошве [6].

Материалы и методы

Объектом исследования являются глауконитовые пески и песчаники нижней части Кайнарбулакской свиты, отнесенной к позднему палеоцену – раннему эоцену, в пределах юго-восточной части хребта Каратау и Сырдарьинской впадины. Полевые исследования проводились в Туркестанском районе Южно-Казахстанской области

(участки Бургем, Балабургем, Укаша-ата, Атабай, Урангай) и в Жанакурганском районе Кызылординской области (Кайнарбулак, Кайнар, Кыраш-тобе, Кос-Уйенки, Жанааул и др.). Материал для анализа был отобран как из обнажений, так и из кернов буровых скважин. Литолого-стратиграфический разрез свиты изучался по методике стратиграфического и фациального расчленения, с выделением характерных литологических пачек [7, 8]. Выделенные пласты описывались по цвету, текстуре, структуре, минеральному составу, степени окатанности обломков и цементирующим компонентам. Особое внимание уделялось глауконитсодержащим интервалам, включающим кварц-глауконитовые пески, песчаники, гравелиты и прослои фосфоритов. Минералогический состав пород исследован при помощи оптической микроскопии в проходящем и отраженном свете. Основные минералы определялись количественным методом по гранулометрическим фракциям. Рентгеноструктурный анализ (XRD) проводился на отдельных фракциях с использованием дифрактометра по стандарту ASTM, что позволило идентифицировать глауконит, кварц, монтмориллонит, каолинит, гетит, кальцит, гипс и др. (таблица 1).

Морфология и микроструктура глауконита исследовались при помощи сканирующей электронной микроскопии (SEM), позволяющей детализировать форму зерен, наличие микротрещин, поверхностных структур и инкорпораций других минералов (рис. 5). Также выполнялся морфометрический анализ зерен глауконита с целью установления зависимости их формы и размера от фациальных условий. Химический состав изучен на современных спектрометрических установках методом рентгенофлуоресцентного анализа (XRF). Были определены массовые доли SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , что позволило судить о геохимических условиях образования глауконита и его промышленном потенциале. Гранулометрический анализ проводился методом ситового отсева и лазерной дифракции, с расчетом распределения частиц по фракциям, что позволило уточнить влияние перемылов на изменение зернового состава глауконитовых песков [9]. Палеогеографический и седиментационный анализ выполнялся на основе сопоставления фациальных данных, стратиграфических колонок (рис. 1–2), палеокарт (рис. 6) и моделей осадконакопления (рис. 7). Учитывались тектонические условия региона, трансгрессивные циклы морского палеогена, скорость седиментации, биопродуктивность среды и интенсивность придонной циркуляции. На основе совокупности методов установлены полигенетическая природа глауконита, условия его образования в шельфовых морях с преобладанием штормового режима и диагностические признаки глауконитогенеза для стратиграфической корреляции и прогноза ресурсов.

Результаты исследования

На большей части рассматриваемой территории Кайнарбулакская свита залегает с размывом на подстилающих отложениях палеоцена, однако на участках, где последние отсутствуют, она с глубоким несогласием перекрывает различные по возрасту толщи мела или домезозойские образования. Возраст Кайнарбулакской свиты определяется

по остаткам фауны моллюсков, фораминифер и палинологическим комплексам. Эти находки позволяют отнести вмещающие отложения к позднему палеоцену (качинский ярус) [10].

Приведенный комплекс фораминифер аналогичен комплексам сузакских слоев Центральной Азии и указывает на верхнепалеоценово-нижнеэоценовый возраст вмещающих отложений. Таким образом, возраст Кайнарбулакской свиты на основании содержащихся в ней органических остатков и положения в разрезе определен как поздний палеоцен – ранний эоцен. Как указывалось выше, глауконитовые пески и песчаники слагают пластообразные и линзообразные тела мощностью до 5 м и имеют значительные размеры по площади. Обычно глауконит в породах присутствует в небольших количествах от первых до 8–10%, значительно реже отмечаются более высокие его концентрации. В составе обломочного материала глауконитовых песков Кайнарбулакской свиты установлено 27 различных минералов. Псаммитовые обломки обычно имеют неправильную форму, плохо или полуокатаны. Поверхность некоторых из них покрыта пленкой, состоящей из гидроокислов железа. Основными породообразующими минералами являются кварц (от 26,49 до 44,36%), глауконит (от первых процентов до 27%), полевые шпаты (от 4,38 до 17,37%). В большинстве проб отмечено значительное содержание обломков кремнистых пород – от 3,82 до 12,43%. Обломки других пород – аргиллитов, кварцево-сланцевых сланцев встречаются значительно меньше – от долей процентов до 1,63%. Лишь в двух пробах отмечены повышенные их содержания (6,09 и 11,52% соответственно). Обломки пород обычно встречаются в крупно- и среднезернистых фракциях. Кроме минеральных компонентов встречаются фосфоритизированные обломки костей морских организмов, зубы акул, копролиты. Размер фосфатных компонентов варьирует в пределах 0,2–0,5 мм, отдельные экземпляры достигают 0,7–1,0 мм. Цвет их обычно от коричневого до бурого. Значительно реже встречаются серые, темно-серые и белесые разности. Преобладающими формами зерен копролитов являются палочковидная и округло-овальная, яйцевидная. Цемент преимущественно глинистый и глинисто-карбонатный, и значительно реже – кремнистый. Довольно часто встречаются глауконитовые пески и песчаники, содержащие в переменных количествах вулканогенный пепловый материал. Так на пл. Бургем развиты плотные равномернозернистые туфопесчаники зеленовато-серого цвета с шероховатым изломом. Породы сильно выветрелы и трещиноваты. Трещинки выполнены кальцитом. Наиболее широко распространены среднезернистые разности этих пород. Структура псаммитовая в сочетании с витрокластической. Слоистость неотчетливая тонкая горизонтальная. Терригенный материал хорошо сортирован, полу- и хорошо окатанный. Размер псаммитового материала колеблется от 0,2 до 0,5 мм.

Происхождение глауконита. Установлено, что повышенные концентрации глауконита приурочены, прежде всего, к фациям относительно грубых осадков внешнего шельфа и верхней части континентального склона, особенно в районах с высокой биологической продуктивно-

стью вод и интенсивным накоплением органического вещества. Образуется глауконит в районах с сильно замедленной седиментацией на границе раздела осадок – вода, где он ассоциирует с органическим веществом. По содержанию железа глауконитовые пласты относятся к промышленным железнякам, хотя их редко разрабатывают с целью извлечения из них данного металла. Обобщенная схема распространения диагенетических минералов железа в осадках шельфа, в том числе и глауконита, приведена на рис. 3. Геохимические и данные по химическому составу заставляют предполагать, что глауконит образуется при низких температурах в обстановке, в которой нет ни сильно окислительных, ни восстановительных условий. Оптимальные глубины глауконитообразования, по-видимому, находятся где-то между 50 и 1000 м. Другими критериями, способствующими образованию глауконита, является высокая подвижность придонных вод и довольно низких температур.

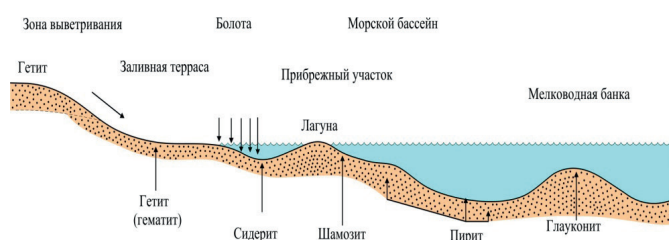
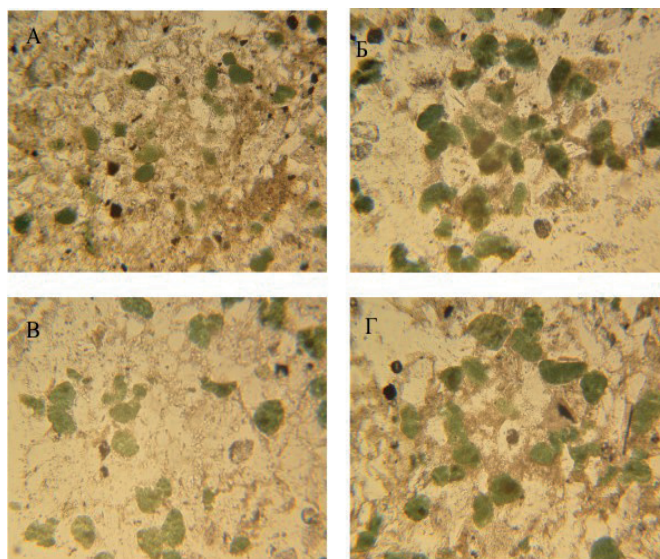


Рис. 3. Схематический разрез, показывающий различные обстановки, при которых могут образовываться диагенетические минералы железа. Сурет 3. Диагенетикалық темір минералдары түзілуі мүмкін әртүрлі жағдайларды көрсететін сызбалық қима.

Figure 3. Schematic section illustrating different environments in which diagenetic iron minerals can form.

Однако все эти параметры трудно определить точно, так как глауконит устойчив в морской воде и может подвергнуться перемещению в морской обстановке. Поэтому он встречается в рассеянном виде в морских илистых породах, в чистых хорошо сортированных косослоистых песках на мелководье, в виде небольшой примеси в турбидитовых отложениях в котловинах. Имеются большие разногласия в отношении природы химических реакций, ведущих к образованию глауконита, и в отношении параметров, контролирующих эту реакцию. Обычно принимается, что глауконит образуется путем трансформации деградированных смектитовых или иллитовых слоев в более упорядоченные смешаннослойные структуры. Однако недавние наблюдения заставляют предполагать, что глауконитовые новообразования возникают в порах. Вероятнее всего глауконит имеет полигенетическую природу.

Морфология зерен глауконита. Глауконит встречается в виде мягких (твердость 2–3) ярко-травяно-зеленых, желтовато-зеленых и зеленовато-синих зерен в песчанниках и в песчано-глинистых породах размером 0,5–0,1 мм (рис. 4). Форма их в большинстве своем неправильная, угловатая, что обусловлено растрескиванием первичных зерен и распад их на более мелкие обломки.



А – шл. № 175, скв. № 32 инт. 235 м; Б – шл. № 579, скв. № 24, инт. 653 м; В – шл. № 454, скв. № 6в, инт. 1165 м; Г – шл. № 387, скв. № 14, инт. 200 м. Увеличение 40^х, николи параллельны

Рис. 4. Зерна глауконита в мелкозернистых песчанниках Кайнарбулакской свиты.

Сурет 4. Қайнарбулак свитасының ұсақ түйіршікті құмтастарындағы глауконит дәндері.

Figure 4. Glauconite grains in fine-grained sandstones of the Kainarbulak Formation.

Идеальную – округлую или овальную форму имеют лишь единичные зерна. Довольно часто встречаются кварц-глауконитовые сростки, сцементированные гидроокислами железа. Изредка зерна глауконита нарастают на поверхность кварцевых обломков, придавая им вид «ежиков». Иногда в обломках наблюдаются пустоты, стенки которых часто покрыты лимонитом. Зерна довольно чистые, включения в них редкие и тонкие и лишь отдельные зерна содержат густую сыпь черного цвета, расположенную по краям зерен, а иногда точно по всему зерну. Изредка наблюдаются конформные и инкорпорационные структуры, связанные с внедрением в зерна глауконита обломков кварца или полевых шпатов. Структура глауконита коллоидальная. В скрещенных николях она тонкоагрегатная или чешуйчато-агрегатная, причем зеленая окраска сохраняется. Встречаются зерна с высокой интерференционной окраской, что связано с эпигенетическими процессами. Из вторичных минералов очень редко встречается гипс (единичные пробы) в виде зерен призматического габитуса. Результаты рентгеноструктурного анализа ASTM зерен глауконита и сопутствующих им минералов приведены в таблице 1.

В выяснении вопроса об образовании глауконитовых зерен не последнюю роль играет их морфология, которая определяется, с одной стороны, формой частиц, с другой – внешними особенностями их поверхности. Несомненно, что при морфологических исследованиях необходимо

Таблица 1

Основные линии глауконита и сопутствующих минералов

Кесте 1

Глауконит пен озан ілесетін минералдардың негізгі спектрлік сызықтары

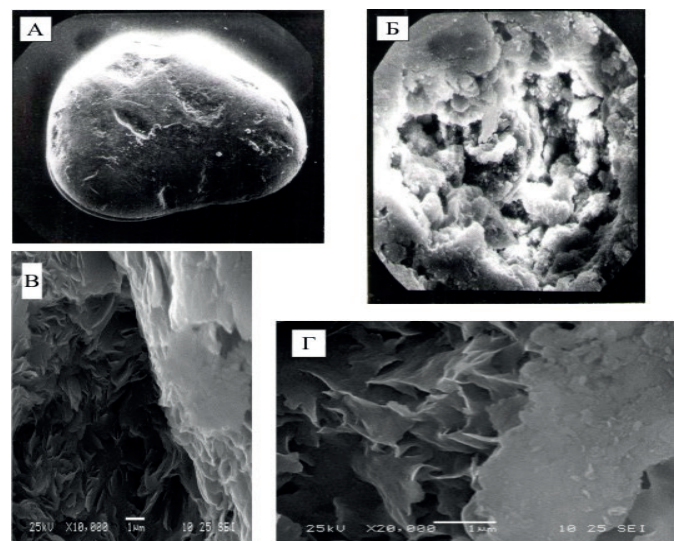
Table 1

Main spectral lines of glauconite and associated minerals

Минерал	J отн.	da/n, A	J отн.	da/n, A	J отн.	da/n, A
Глауконит	100	10,1	100	3,59	30	4,53
Монтмориллонит	100	12–15	60	5,01	80	4,50
Каолинит	100	7,18	100	3,58	100	1,488
Гетит	100	4,18	30	2,69	25	2,45
Кварц	100	3,34	35	4,25	17	1,817
Кальцит	100	3,03	34	1,872	29	3,85
Гипс	100	7,56	57	3,06	51	4,27

также учитывать цвет, наличие трещин и заполняющий их материал, прозрачность и другие типоморфные признаки, определяемые в процессе проведения минералогического анализа. Именно морфология зерен сыграла заметную роль в возникновении большого количества гипотез об образовании глауконита. Все разнообразие форм выделений этого минерала можно подразделить на следующие: а) шаровидная или микроконкреции, иногда с включениями другого минерала; б) прожилки, примазки, пятна, цемент и т. п., заполняющие и цементирующие трещины, поры, полости зерен других минералов или скелетов фауны. Основной формой, без сомнения, и наиболее изученной является первая, а вторая устанавливается лишь при наличии зернистого глауконита (рис. 5, 6).

Мнения о происхождении тонкодисперсной глауконит-содержащей массы различны. Одни исследователи считают ее аутигенной, другие полагают, что тонкодисперсный глауконит образуется в результате разрушения в процессе перемыва и пептизации зернистых осадков. Доказательством последнего могут служить экспериментальные исследования, проведенные Вермундом, показавшие, что глауконит, обладающий небольшой твердостью, равной 2, в процессе перемыва легко разрушается и истирается до размера пелитовых частиц. По-видимому, таким путем образуются глауконитовые глины. Как считает И.В. Николаева, изучение тонкодисперсного глауконита имеет большое значение для уточнения генетических особенностей его образования. Морфометрический анализ зерен глауконита позволяет во многом прояснить фациальные условия формирования минерала. Разнообразие форм зерен глауконита, отобранных с различных участков, свидетельствует об условиях образования его в самых верхних слоях морских осадков. Будучи мягким и пластичным минералом, глауконит под все возрастающим давлением, по мере накопления осадков легко деформируется, принимая самые различные формы. На морфологию зерен влияют также перемыв осадка и химические процессы. При перемыве происходит разрушение первичных зерен, и окатывание образованных обломков. Химические же процессы приводят к образованию новых минералов за счет преобразования глауконита. Доказательством этого могут слу-



А – зерно темно-зеленого глауконита с глянцевой поверхностью со следами вмятин, I группа, увеличение 180^х; Б – зерно глауконита с шероховатой матовой поверхностью, группа II, увеличение 1000^х; В, Г – таблички и лепестки мельчайших кристаллов глауконита соответственно при увеличении 2000^х и 4000^х

Рис. 5. Электронномикроскопические снимки поверхности зерен глауконита Кайнарбулакской свиты.

Сурет 5. Қайнарбұлақ свитасының глауконит дәндерінің беткі қабатының электрондық микроскопиялық суреттері.

Figure 5. Scanning electron microscope images of the surface of glauconite grains from the Kainarbulak Formation.

жить многочисленные вмятины, а также очень большое число уплощенных и угловатых обломков, а также небольшое количество округлых окатанных зерен. Глауконит возникает путем послойного роста кристаллов. Поэтому преобладающей формой кристалла глауконита должна бы

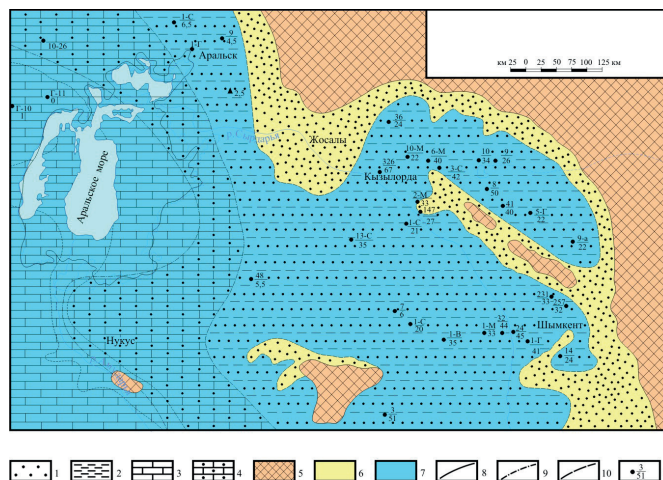
являться шаровидная. По форме кристаллов выделяются две основные формы (рис. 5 В, Г):

1. Таблички или лепестки, тонкие, плоские, чаще изометричные и продолговатые. Края их большей частью неровные, сильно извилистые, и значительно реже встречаются ровные, прямолинейные. Эта форма кристаллов в большей степени присуща I группе глауконитовых зерен, т. е. зернам, имеющим меньшее число разбухающих межслоев и обладающих более упорядоченной структурой.

2. Мелкие изометричные и удлиненные чешуйки и их агрегаты. Размер в основном составляет 0,1 мкм, самые крупные достигают размера 0,5 мкм. Эта форма кристаллов минерала больше присуща II и III группам зерен глауконита, т. е. более измененным, монтмориллонитизированным разностям.

Из вышеизложенного вытекает вывод, что глауконитам Кайнарбулакской свиты присуща гетерогенная неупорядоченная структура, определяемая наличием в ней разбухающих межслоевых промежутков. Следует отметить, что палеогеографические условия накопления глауконитовых песков Кайнарбулакской свиты ($Pg_{L_2}kn$) характеризует новый этап седиментации, обусловленный новой трансгрессией океана Неотетис с юго-запада в конце палеоцена. Трансгрессия происходила довольно быстро и уже к середине эоцена морские бассейны достигли размеров морей в маастрихте. Неотетис имел ограниченную связь с мировым океаном, поэтому основными процессами, контролирующими осадконакопление, были волны, т. е. бассейн седиментации по классификации относится к «мелководным морям с преимущественно волновым и штормовым режимом». Наиболее интенсивно перенос и аккумуляция осадков на них происходит во время штормовых сезонов. В современных морях такого типа умеренные штормы воздействуют на осадок до глубины 100 м, тогда как сильные «зимние» – до 200 м. Причем большие волны вызывают возникновение процесса даунвеллинг – опускание вод с поверхности на глубину. Возникающие при этом однонаправленные донные течения текут немного косо в сторону моря или параллельно береговой линии.

Большая часть прилегающей суши в конце палеоцена и начале эоцена представляла пенеппенизированные слабо возвышенные равнины с интенсивными процессами выветривания и отдельными озерно-аллювиальными пресноводными или слабо засоленными бассейнами. Поэтому привнос кластического материала был не сильно высоким. В разрезе Кайнарбулакской свиты преобладают глины и алевриты с подчиненным количеством песков и песчаников. Вблизи устьев рек, наоборот, отлагался преимущественно песчаный материал. Осадки Кайнарбулакской свиты накапливались в пределах довольно мелководной шельфовой зоны. Причем на внешнем шельфе накапливались глинисто-карбонатные отложения с прослоями песков, а на внутреннем – кварцевые и кварц-глауконитовые пески, алевриты и глины (рис. 6). На значительном удалении от берега, доля терригенных фаций постепенно сменялась терригенно-карбонатными материалами в составе осадков. Далее, постепенно фация сокращалась, вплоть до полного исчезновения. Вследствие этого процесса в направлении моря замещалась карбонатными. Климат в данный период был довольно теплый.



Условные обозначения

Литологические типы пород: 1 – песчаники, гравелиты, конгломераты, 2 – алевриты, аргиллиты, глины с подчиненными прослоями песчаников, 3 – известняки, 4 – песчанистые и глинистые известняки.

Палеогеографические обстановки: 5 – области сноса (суша), 6 – прибрежно-морские равнины, 7 – море мелкое (шельфовая зона).

Границы: 8 – палеогеографических обстановок, 9 – фациальных комплексов, 10 – последующих размывов, 11 – скважины (числитель – номер скважины, знаменатель – мощность отложений)

Рис. 6. Палеогеографическая карта для конца палеоцена – начала эоцена хребта Каратау, Сырдарьинской впадины и Восточно-Аральского бассейна.

Сурет 6. Палеоценнің соңы – эоценнің басындағы Қаратау жотасы, Сырдария ойпаты және Шығыс Арал бассейнінің палеогеографиялық картасы.

Figure 6. Paleogeographic map for the Late Paleocene – Early Eocene of the Karatau Ridge, Syrdarya Depression, and Eastern Aral Basin.

В фациальном отношении в объеме Кайнарбулакской свиты выделяются осадки песчаной, смешанной песчаной-иловой и иловой шельфовых фаций. Блок-диаграмма, показывающая фациальные обстановки шельфа с преобладанием штормового режима, приведена на рис. 7.

Осадки песчаной фации внешней зоны представлены кварцевыми и кварц-глауконитовыми песчаниками и, значительно реже, гравелитами. В них наиболее широко распространены текстуры знаков ряби симметричных и асимметричных волн, а также бугорчатая слоистость. Морфология аккумулятивных песчаных тел самая разнообразная, но преобладают продольные гряды и различные бары. Размер их также варьирует в широких пределах от первых метров до нескольких десятков километров в длину, при мощности от 1 до 15–20 м. Анализ изменения содержания основных минералов и гранулометрического состава показывает, что в процессе формирования пласты глауконита испытали два перемиыва. Причем первый из них был менее сильным, чем последующий. При перемиыве

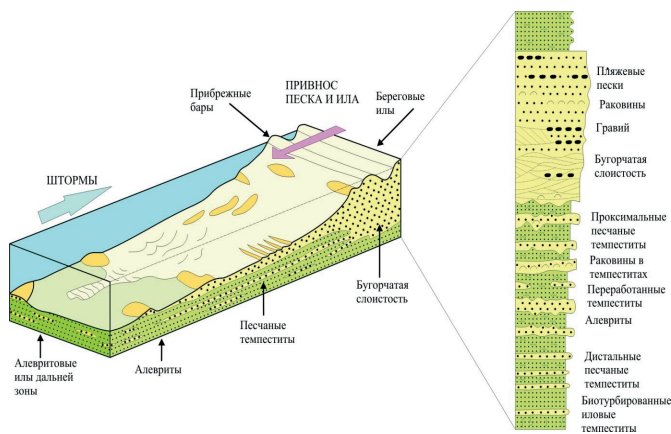


Рис. 7. Седиментационная модель и типичный разрез шельфа с преобладанием штормового режима.

Сурет 7. Негізінен дауылды режим басым шельфтің шөгінді түзілу моделі және типтік қимасы.

Figure 7. Sedimentation model and typical shelf cross-section under predominant storm conditions.

вах происходило увеличение крупно- и среднеспесчаной фракций при уменьшении мелкопесчаной, алевритовой и глинистой. При этом происходили дробление и механическая сортировка зерен. Результатом стало уменьшение содержания глауконита во фракции 0,5–0,1 мм, и резкое увеличение во фракции 0,05–0,01 мм. Наиболее интенсивно эти процессы происходили при втором, более сильном и продолжительном перемыве. Видимо пласты глауконита при перемывах временами выходили из-под зеркала воды, так как в отдельных пробах отсутствуют минералы тяжелой фракции за исключением группы лимонита – гематита. При этом отмечается и повышение содержания глауконита. Как известно, лимонит образуется в зоне окисления в поверхностных или близ поверхностных условиях.

Обсуждение

Полученные результаты комплексного исследования глауконитсодержащих песков Кайнарбулакской свиты позволяют существенно углубить представления о седиментационных и диагенетических процессах, характерных для палеогена юга Казахстана. Стратиграфическая приуроченность глауконитовых горизонтов к трансгрессивным базальным слоям палеоцен-эоценовых отложений подтверждает закономерность их формирования в условиях начала крупномасштабной трансгрессии океана Неотетис, охватившей территорию Сырдарьинской впадины и хребта Каратау в конце палеоцена. Фациальный анализ разрезов и палеогеографические реконструкции (рис. 6, 7) свидетельствуют о преимущественно шельфовой, мелководно-морской обстановке с высокими волновыми и штормовыми режимами, что согласуется с условиями глауконитобразования. Такие условия обеспечивали медленную скорость осадконакопления, высокую биопродуктивность, интенсивную циркуляцию придонных вод и поступление териогенного материала со слабо расчлененной суши. Эти факторы создавали благоприятную среду для

роста глауконитовых зерен непосредственно на поверхности осадка, либо в его верхних слоях. Гранулометрический и морфометрический анализ подтвердил неоднородность глауконитового материала, высокую степень перемыва и переотложение зерен, что прослеживается по фракционному распределению глауконита. Доказано, что повторные перемывы приводили к измельчению зерен, снижению их округлости, увеличению содержания тонкодисперсных частиц и локальному накоплению глауконитовых глин.

Сканирующая электронная микроскопия выявила широкий морфологический спектр глауконитовых зерен – от первично шаровидных микроконкреций до таблично-чешуйчатых форм, характерных для более зрелых, трансформированных фаз минерала. Значительная часть зерен демонстрирует признаки механического повреждения, вмятины, шероховатости и следы вторичных эпигенетических процессов, что подтверждает гипотезу о полигенетической природе глауконита. Рентгеноструктурный анализ выявил смешаннослоистую структуру глауконита, наличие монтмориллонита и иллита, а также гетита, каолинита и других сопровождающих минералов (таблица 1), что указывает на диагенетический характер минералообразования и сложность кристаллохимического строения глауконита. Особенно важным является установление его устойчивости в морской воде и способности к перемещению и переотложению, что объясняет наличие глауконита в различных литотипах осадков – от глинистых до песчаных.

Заключение

Следует отметить, что перспективы района далеко не ограничиваются выявленными месторождениями глауконита. Проведение дальнейших поисковых работ позволит выявить новые более крупные и богатые по содержанию залежи этого минерального сырья. Анализируя материалы по стратиграфической и тектонической приуроченности горизонтов глауконитов, следует подчеркнуть важнейшую закономерность их размещения в разрезах и по площади, а именно, приуроченность к трансгрессивным базальным слоям морской палеогеновой толщи, которая в одних случаях представлена палеоцен-нижнеэоценовой Кайнарбулакской свитой, а в другом – верхнепалеоценовой Акжарской свитой. Мощность глауконитового горизонта, представленного песками и песчаниками и содержащего то или иное количество желваковых фосфоритов, составляет в различных разрезах от первых метров до 10–12 м. При этом, мощности возрастают от южных районов распространения глауконитов (район Туркестана – Кентау) в северном направлении, в сторону крыльев Нижнесырдарьинского свода. Мощности горизонтов также изменяются и на локальных участках в зависимости от сложного рельефа допалеогеновой эрозионной поверхности. Следовательно, для выбора участка, наиболее благоприятного для разведки и дальнейшей разработки глауконитов, необходимы достаточно детальные геологические исследования в полосе их распространения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Николаева И.В. Глауконит как индикатор осадочной среды и диагенетических процессов // Литология и полезные ископаемые. 2022. Т. 57. № 4. С. 301–313 (на русском языке)
2. Вермунд К., Бродерсен Т. Геохимия глауконитовых формаций и их палеоэкологическое значение // Морская геология. 2017. Т. 392. С. 101–115 (на английском языке)
3. Сырчина Н.В., Козвонин В.А., Сазанов А.В. Глауконитовые пески Вятско-Камского месторождения и перспективы их практического использования в сельском хозяйстве // Почвы России: вчера, сегодня, завтра: сб. статей по материалам Всеросс. с междунар. участием науч. конф., посвященной году экологии. 2017. С. 108–113 (на русском языке)
4. Ли С., Чжао Х., Жэнь Ю. Распределение РЗЭ в глауконите и их значение для оценки условий осадконакопления // Chemical Geology. 2019. Т. 510. С. 56–67 (на английском языке)
5. Сантос Ж.О., Васконселос П., Маккаллох М. Эволюция и возраст глауконитсодержащих отложений в Южно-Центральной Азии // Gondwana Research. 2020. Т. 85. С. 23–38 (на английском языке)
6. Козлов С., Темірбеков А., Назарова Р. Петрография и минералогия глауконитовых песчаников Центральной Азии // Вестник геологического общества Казахстана. 2023. № 1. С. 55–68 (на русском языке)
7. Мурдмаа И.О. Глауконитовые пески на террасе континентального склона Патагонии (юго-западная Атлантика) // Литология и полезные ископаемые. 2018. № 6. С. 501–506 (на английском языке)
8. Айжарикова М.Ш., Шаутинов М.Р. Исследование обогатимости глауконитовых песков // Вестник науки. 2025. Т. 3. № 4 (85). С. 1133–1138 (на русском языке)
9. Перегудов В.В., Шаутинов М.Р. Крупное Селетитенизское месторождение глауконита // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья. 2018. № 1. С. 187–192 (на русском языке)
10. Рудник Р.Л., Гао С. Геохимия микроэлементов в глауконите: данные из современных и древних осадков // Earth-Science Reviews. 2019. Т. 195. С. 1–22 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Николаева И.В. Глауконит шөгінді ортаның және диагенетикалық үдерістердің көрсеткіші ретінде // Литология және пайдалы қазбалар. 2022. Т. 57. № 4. Б. 301–313 (орыс тілінде)
2. Вермунд К., Бродерсен Т. Глауконитті түзілімдердің геохимиясы және олардың палеоорталық маңызы // Теңіз геологиясы. 2017. Т. 392. Б. 101–115 (ағылшын тілінде)
3. Сырчина Н.В., Козвонин В.А., Сазанов А.В. Вятка-Кама кен орнының глауконитті құмдары және оларды ауыл шаруашылығында практикалық қолдану перспективалары // Ресей топырақтары: кеше, бүгін, ертең: Бүкіл ресейлік бірге халықаралық. қатысуымен ғылыми. конф., арнау. экология жылы. 2017. Б. 108–113 (орыс тілінде)
4. Ли С., Чжао Х., Жэнь Ю. Глаукониттегі сирек жер элементтерінің таралуы: пайда болу көзі мен шөгуге жағдайларына әсері // Химиялық геология. 2019. Т. 510. Б. 56–67 (ағылшын тілінде)
5. Сантос Ж.О., Васконселос П., Маккуллох М. Оңтүстік Орталық Азиядағы глауконитті қабаттардың эволюциясы мен жастық шектеулері // Гондвана зерттеулері. 2020. Т. 85. Б. 23–38 (ағылшын тілінде)
6. Козлов С., Темірбеков А., Назарова Р. Орталық Азия глауконитті құмтастарының петрографиялық және минералогиялық сипаттамасы // Қазақстан геология қоғамының хабаршысы. 2023. № 1. Б. 55–68 (орыс тілінде)
7. Мурдмаа М.А. Патагонияның континентальды беткейіндегі глауконит құмдары (Оңтүстік-Батыс Атлантика) // Литология және минералдар. 2018. № 6. Б. 501–506 (ағылшын тілінде)
8. Айжарикова М.Ш., Шаутинов М.Р. Глауконит құмдарының байытылуын зерттеу // Ғылым жаршысы. 2025. Т. 3. № 4 (85). Б. 1133–1138 (орыс тілінде)
9. Перегудов В.В., Шаутинов М.Р. Глаукониттің ірі Селетитениз кен орны // Кендер мен техногендік шикізатты өңдеудің ғылыми негіздері мен практикасы. 2018. № 1. Б. 187–192 (орыс тілінде)
10. Рудник Р.Л., Гао С. Глаукониттегі микроэлементтердің таралуы: қазіргі және көне ортадан алынған геохимиялық дәлелдер // Жер туралы ғылымға шолу. 2019. Т. 195. Б. 1–22 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Nikolaeva I.V. Denisova Osobnosti mineralo-geokhimicheskogo sostava glaukonita razlichnykh stratigraficheskikh uroveney [Mineral and geochemical composition features of glauconite from

- different stratigraphic levels], *Trudy Vserossiyskogo mineralogicheskogo obshchestva [Proceedings of the All-Russian Mineralogical Society]*. 2021. V. 150. No. 2. 88–101 pp. (in Russian)
2. Vermund E. Radiologicheskie aspekty ispol'zovaniya prirodnogo glaukonita v zemledelii i stroitel'stve [Radiological aspects of the use of natural glauconite in agriculture and construction], *Geokhimiya i okruzhayushchaya sreda [Geochemistry and Environment]*. 2017. No. 3. 48–55 pp. (in Russian)
 3. Syrchina N.V., Kozvonin V.A., Sazanov A.V. Glaukonitovye peski Vyatsko-Kamskogo mestorozhdeniya i perspektivy ikh prakticheskogo ispol'zovaniya v sel'skom khozyaistve [Glauconite sands of the Vyatsko-Kama deposit and prospects for their practical use in agriculture], *Pochvy Rossii: vchera, segodnya, zavtra: sb. statei po materialam Vseross. s mezhdunar. uchastiem nauch. konf., posvyashchennoi godu ekologii [The soils of Russia: yesterday, today, tomorrow: collection of articles based on the materials of the All-Russian from the international with the participation of a scientific conference dedicated to the Year of Ecology]*. 2017. 108–113 pp. (in Russian)
 4. Li X., Zhao H., Ren Y. Rare earth element distribution in glauconite: implications for provenance and depositional conditions // *Chemical Geology*. 2019. V. 510. 56–67 pp. (in English)
 5. Santos J.O., Vasconcelos P., McCulloch M. Evolution and age constraints of glauconite-bearing strata in South-Central Asia // *Gondwana Research*. 2020. V. 85. 23–38 pp. (in English)
 6. Kozlov S., Temirbekov A., Nazarova R. Petrographic and mineralogical characteristics of glauconitic sandstones from Central Asia // *Bulletin of the Geological Society of Kazakhstan*. 2023. No. 1. 55–68 pp. (in Russian)
 7. Murdmaa I.O. Glauconite sands on the terrace of the continental slope of Patagonia (southwestern Atlantic) // *Lithology and minerals*. 2018. No. 6. 501–506 pp. (in English)
 8. Aizharikova M.Sh., Shautenov M.R. Study of enrichment of glauconite sands // *Bulletin of Science*. 2025. V. 3. No. 4 (85). 1133–1138 pp. (in Russian)
 9. Peregudov V.V., Shautenov M.R. Large Seletenizskoye glauconite deposit // *Scientific foundations and practice of processing ores and man-made raw materials*. 2018. No. 1. 187–192 pp. (in Russian)
 10. Rudnick R.L., Gao S. Distribution of trace elements in glauconite: geochemical evidence from modern and ancient settings // *Earth-Science Reviews*. 2019. V. 195. 1–22 pp. (in English)

Сведения об авторах:

Жумагази́ев А., ст. преподаватель кафедры географии и туризма Атырауского государственного университета им. Х. Досмухамедова (г. Атырау, Казахстан), arman_sebek@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8198-2661>

Құрбаниязов С., канд. геогр. наук, исп. обязанности доцента кафедры экологии и химии Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмета Ясави (г. Туркестан, Казахстан), saken.kurbaniyazov@ayu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-0875-2771>

Шоймуротов Т.Х., д-р геол.-минерал. наук, гл. научный советник, Государственное учреждение «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений» Министерства горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан), igirnigm@ing.uz; <https://orcid.org/0009-0007-4639-2969>

Мамадияров М., канд. геогр. наук, доцент, Университет дружбы народов им. акад. А. Куатбекова (г. Туркестан, Казахстан), mmd_64@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-1373-6235>

Авторлар туралы мәліметтер:

Жұмағазиев А., Х. Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университетінің География және туризм кафедрасының аға оқытушысы (Атырау қ., Қазақстан)

Құрбаниязов С., г.ғ.к., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің Экология және химия кафедрасының міндетін атқарушы доценті (Түркістан қ., Қазақстан)

Шоймуротов Т.Х., геология-минералогия ғылымдарының докторы, Өзбекстан Республикасының Тау-кен өнеркәсібі және геология министрлігіне қарасты «Мұнай және газ кен орындарын барлау геологиясы институты» мемлекеттік мекемесінің бас ғылыми кеңесшісі (Ташкент қ., Өзбекстан)

Мамадияров М., география ғымдарының кандидаты, доцент, академик Ә. Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университеті (Түркістан қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Zhumagaziev A., Senior Lecturer, Department of Geography and Tourism, K. Dosmukhamedov Atyrau State University (Atyrau, Kazakhstan)

Kurbaniyazov S., c.g.-m.s., acting associate professor of the Department of Ecology and Chemistry, Khoja Ahmed Yasawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan)

Shoimurotov T. Kh., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Scientific Advisor of the State Institution «Institute of Geology and Exploration of Oil and Gas Fields» of the Ministry of Mining and Geology of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan)

Mamadiyarov M., Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, People's friendship University named after academic Kuatbekov A. (Turkestan, Kazakhstan)