

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2022.i2.06>

## Petrography of secondary quartzites at the Alkamergen deposit (Pavlodar region)

A. Bekbotayeva<sup>1</sup>, A. Baibatsha<sup>1</sup>, D. Shikhov<sup>1\*</sup>, A. Baisalova<sup>1</sup>, G. Omarova<sup>1</sup>, A. Duchmal-Chernikevich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Adam Mickiewicz University, Poznań, Poland

\*Corresponding author: [d.shihov@dkto.kz](mailto:d.shihov@dkto.kz)

**Abstract.** This paper presents the results of studying the features of formation and mineral composition of secondary quartzites of the Alkamergen deposit (Pavlodar region) through mineralogical and petrographic studies of samples on an automated diffractometer. The hydrothermal-altered rocks of the deposit, which are represented by medium-temperature secondary quartzites of the alunite facies, have been studied. The results of the research made it possible to establish the genetic features of the formation of the Alkamergen deposit. In terms of rock composition and ore mineralization, this object is a typical representative of acid-sulfate type deposits.

**Keywords:** *metasomatites, mineralogy, petrography, secondary quartzites, alunites, gold deposits.*

### 1. Введение

Метасоматические породы – это особые породы, их вещественный состав зависит как от протолитов, так и состава гидротермальных растворов. Эти породы являются важными с практической точки зрения, так как именно с ними ассоциируют многие месторождения рудного и нерудного сырья. Метасоматиты по кислотно-щелочным свойствам воздействующих на исходные породы гидротермальных флюидов делятся на следующие виды: щелочные, основные, кислотные. Данная работа посвящена исследованию петрографического состава вмещающих горных пород, гидротермально измененных метасоматических пород месторождения Алкамерген (в Павлодарской области). Исследования включали в себя изучение химического, минерального, петрографического состава, минерального метасоматитов и исследование температурных условий их формирования. По температуре формирования выделяются высокотемпературные (выше 500°C), среднетемпературные (500-300°C) и низкотемпературные (ниже 300°C) метасоматические породы.

Щелочные метасоматиты средних составов характеризуются высокими концентрациями оксидов калия и натрия, преобладанием полевых шпатов (ортоклаза, микроклина, альбита) в ассоциации с пироксенами, карбонатами. Основные метасоматиты характеризуются высокими содержаниями оксидов кальция, магния и железа при низких концентрациях кремнезема с преобладанием в минеральном составе силикатов (пироксенов и гранатов) или карбонатов (кальцита, доломита, магнезита, брейнерита). Кислые метасоматиты характеризуются высокими содержаниями глинозема или кремнезема, преобладанием гидроксилсодержащих алюмосиликатов, силикатов и кварца, они могут быть

глиноземистыми или кремнеземистыми. К глиноземистым метасоматитам относятся хлоритовые породы, пропилиты, микроклин-серицитовые и турмалин-серицитовые метасоматиты, вторичные кварциты, аргиллизиты. Кремнеземистые метасоматиты представляют собой наиболее широко представленную группу пород: хлорит-серицит-кварцевые и серицит-кварцевые метасоматиты, грейзены, листовениты, березиты, серпентиниты, нефриты, антофиллитовые метасоматиты, карбонатно-тапальковые метасоматиты, магнетитовые кварциты и другие.

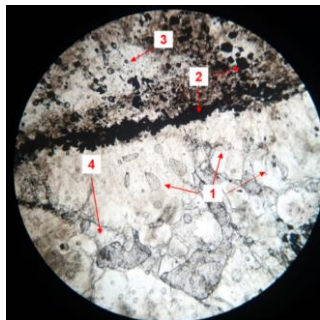
### 2. Методы исследования

Для проведения исследования по данной теме были использованы полевые, библиотечные и лабораторные методы. Пробы были отобраны из скважин 3, 5, 9, 11, 12, 15 из рудоносных и околорудных интервалов, общее количество исследованных образцов составило 72. Минеральный и петрографический состав метасоматитов изучался с помощью поляризационного микроскопа, был проведен количественный минералогический анализ шлиховых проб, анализ дробленных проб по классам крупности, рентгенодифрактометрический анализ на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3.

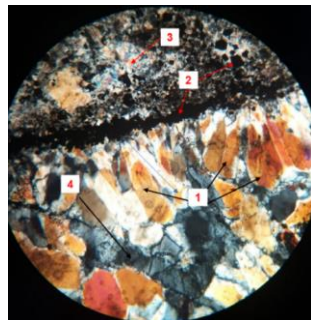
Вторичные кварциты Алкамергена представляют собой наименее распространенный и малоизученный тип вторичных кварцитов в Центральном Казахстане – баритоносные кварциты. Вторичные кварциты месторождения приурочены к тектонической зоне, образованной пересечением двух тектонических разломов различного направления (северо-западного и субширотного), вследствие чего выходы их в плане образуют дугообразную форму с неправильными очертаниями [1,2]. Размеры выходов на дневную

поверхность составляют 500 м в длину, 100-150 м в ширину. Со всех сторон вторичные кварциты окружены порфиритами. Вторичные кварциты представляют собой плотную породу, обладающую характерными неровным или раковистым изломом и состоящую в основном из мелкозернистого агрегата вторичного кварца, мелких чешуек серицита, иногда со значительным количеством барита. В зависимости от характера изменения и обогащенности гидроокислами железа они имеют окраски от белой до розовой и буро-красной [3].

В минеральный состав метасоматитов входят: алунит, андалузит, кордиерит, серицит, мусковит, полевые шпаты (плагиоклаз, ортоклаз, микроклин), кварц и рудные минералы. Порода состоит из среднее-крупных округлых индивидов кордиерита, часто с хорошо заметными тройниками прорастания. Более крупные кристаллы алунита заполняют трещину, образуя алунитовую жилу (рисунок 1). Внутри них беспорядочно расположены мелкие чешуйки серицита и зернышки кварца и рудных минералов. Наличие этих включений определяет пойкилобластовую структуру. Также часто наблюдаются призматические, удлиненные кристаллы андалузита. Андалузит присутствует и в крупных, и в более мелких индивидах (0.01-1 мм); в центре рисунка 2 наблюдается фенобласт андалузита со средним рельефом и характерной поперечной трещиноватостью. Призматические формы андалузита образуют нематобластовую структуру.



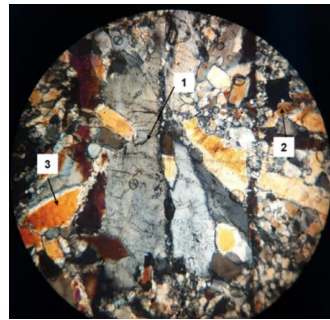
**Рисунок 1.** №42-А-3. Алунит-андалузитовая жила: 1-алунит; 2-рудные минералы; 3-мелкие чешуйки серицита; 4-андалузит. Николи параллельные. Ув. 10<sup>х</sup>



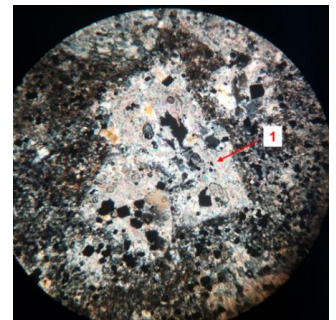
**Рисунок 2.** №42-А-3. Алунит-андалузитовая жила: 1-алунит; 2-рудные минералы; 3-мелкие чешуйки серицита; 4-андалузит. Николи скрещенные. Ув. 10<sup>х</sup>

Рудные минералы чаще отмечены на контакте со скплениями серицита, корродируются ими, часто встречаются в виде кубических кристаллов и агрегатов неправильной формы. Микроагрегаты рудных минералов приурочены к контакту кордиеритовой жилы и заполняют небольшие разноориентированные трещины. В породе сохранились реликты от полевошпатовых минералов (плагиоклаз, ортоклаз и микроклин) которые изоморфно замещены низкотемпературными минералами, такие как серицит, кварц, тальк и рудные минералы (рисунки 3, 4).

Порода состоит из сравнительно крупных призматических кристаллов андалузита размером 0.1-1 мм в серицит-кварцевой основной массе. Так же в породе часто встречаются среднекристаллические толстотабличатые, местами удлиненные индивиды алунита.

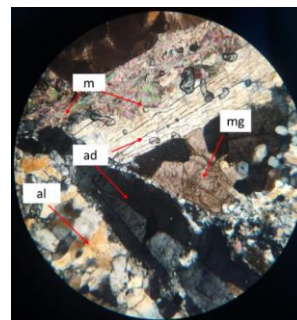


**Рисунок 3.** №42-А-3. Алунит-андалузитовый метаморфит: 1-кварц; 2-рудные минералы; 3-алунит. Николи скрещенные. Ув. 10<sup>х</sup>

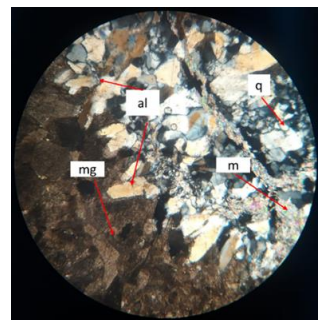


**Рисунок 4.** №42-А-3. Реликты полевых шпатов: 1-серицит. Николи скрещенные. Ув. 10<sup>х</sup>

Основная масса состоит из неправильных зерен кварца и тонко чешуйчатых агрегатов серицита и более крупных индивидов мусковита с высокой интерференционной окраской. Полнокристаллическая основная масса дает порфириовидную структуру [4]. Андалузит в породе легко определяется по следующим характерным свойствам: призматической формой, совершенной спайностью и низкими цветами интерференции. Размер минерала достигает 0.3-2 мм, отдельные кристаллы включают мелкие индивиды серицита и рудных минералов, образуя пойкилобластовую структуру (рисунки 5, 6). Алунит встречается в виде среднекристаллических агрегатов с совершенной спайностью и таблитчатой формой. Парагенетическая ассоциация андалузита, алунита, серицита и кварца указывает на метасоматическое происхождение пород [6].



**Рисунок 5.** Длинные призматические кристаллы андалузита и алунита: ad-андалузит; al-алунит; mg-магнезит. Николи скрещенные. Ув.10<sup>х</sup>



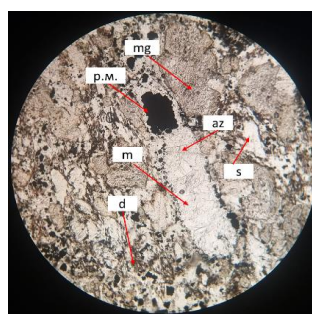
**Рисунок 6.** Коротко призматические кристаллы алунита: al-алунит; m-мусковит; mg-магнезит; q-кварц. Николи параллельные. Ув.10<sup>х</sup>

В небольших количествах в породе присутствуют отдельные индивиды аксессуарного минерала сфен, характерным тёмно-коричневым цветом и высокой интерференционной окраской, размер минерала разный до 0.1-0.6 мм. Апатит образует длиннопризматические кристаллы (0.1-0.8 мм) в поперечном срезе дает гексагональную форму с изотропным сечением.

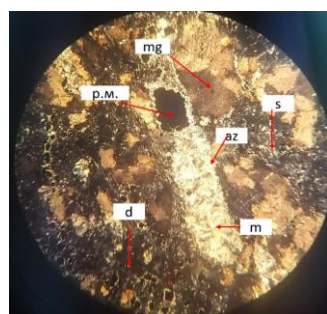
В приконтактной полосе с порфиритами во вторичных кварцитах сохранена реликтовая порфириовая структура в виде псевдоморфоз серицитовой массы по идиоморфным табличкам плагиоклаза. Наблюдаемые в поле

постепенные переходы вторичных кварцитов в неизменные порфириды позволяют считать, что первичной породой для вторичных кварцитов являлись порфириды. Последние под воздействием гидротермальных растворов, поступавших из глубоких зон Койтасского гранитного массива по тектоническим разломам, претерпевали метасоматические изменения, приведшие к образованию вторичных кварцитов.

Породы коричневатого-серого цвета, текстура миндалекаменная, пятнистая. Круглые, эллипсоидальные поры или пустоты (миндалины) размерами от 0.6 до 2 мм заполнены более поздними минералообразованиями (кальцит, хлорит, мелкими пластинками мусковит, серицит и др.). В результате гидротермально-метасоматического процесса (рисунки 7, 8).



**Рисунок 7.** Фенокристалл андезина в карбонат-серицитовой массе: аз-андезин; d-доломит; т-мусковит; mg-магнезит; p.m-рудные минералы; s-серицит. Николи параллельные, ув. 10<sup>x</sup>



**Рисунок 8.** Фенокристалл андезина в карбонат-серицитовой массе: аз-андезин; d-доломит; т-мусковит; mg-магнезит; p.m-рудные минералы; s-серицит. Николи скрещенные, ув. 10<sup>x</sup>

Часто наблюдаются фенокристаллы полевых шпатов, они так же заполнены гидротермальными низкотемпературными минералами в основном серицитом, кальцитом, доломитом, кварцем, местами наблюдаются крупные кристаллы мусковита с яркой интерференционной окраской. Основная масса состоит из вулканического стекла, которое интенсивно подвергнуто процессу серицитизации и полностью покрыто мелко-среднезернистыми чешуйчатыми агрегатами серицита. По фенокристаллам и лейсам андезина (до 2 мм) развиты единичные знаки пластинок мусковита с неправильными зернами магнезита, хорошо выраженным плеохроизмом и ромбическими кристаллами доломита. В небольшом количестве присутствуют мелкие зерна кварца с серой интерференционной окраской и извилистыми краями. Отмечены микропрожилки жильного серицита, пересекающего как растрескавшиеся и деформированные фенокристаллы, так и основную массу породы.

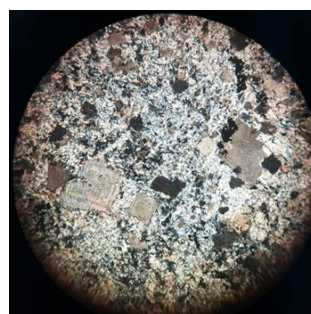
Внедрение сульфидов связано с гидротермальными процессами, часто наблюдается течение флюидов с кристаллами рудных минералов. Рудные минералы составляют около 20% от общей массы, образуют скопления в межзерновых пространствах агрегативных кристаллов кальцита и доломита, а также заполняют фенокристаллы.

По минеральному составу среди них выделяются серицитовые, серицито-баритовые и каолиновые разновидности вторичных кварцитов. Геологически они тесно связаны между собой постепенными переходами,

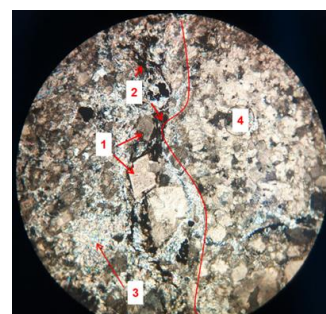
поэтому провести определенную границу между ними практически невозможно.

Так же выделяется карбонат-серицитовая порода. В образце порода состоит из ксеноморфных и изометричных зерен карбонатных минералов (кальцит, доломит, магнезит), имеющих различные размеры (до 0.1-1 мм) и резко выраженные извилистые зубчатые ограничения. Основная масса пород состоит из беспорядочно расположенных мельчайших пластинок серицита, индивиды серицита группируются в центрические радиально чешуйчатые агрегаты. В небольшом количестве присутствуют более крупные кристаллы мусковита с яркими интерференционными окрасками и мелкие зерна кварца. В шлифе наблюдается трещина шириной 0.2-0.5 мм, которая заполнена ромбовидными кристаллами доломита и рудным минералом (кубические кристаллы пирита) размером 0.01-0.3 мм.

Доломит образует средние ромбовидные кристаллы с зональным строением и характерной интерференционной перламутровой окраской. Кальцит представлен крупными индивидами, который образует гранобластовую структуру. Часто наблюдаются полисинтетические двойники по ромбоэдру (рисунки 9, 10).



**Рисунок 9.** №35-А-3. Карбонат серицитовая порода. Николи скрещенные. Ув. 10<sup>x</sup>



**Рисунок 10.** Карбонат-серицитовая порода: ромбические кристаллы доломита (1); жила рудных минералов (2); мелкие чешуйчатые агрегаты серицита (3); кристаллы кальцита неправильной формы (4), николи скрещенные, ув. 10<sup>x</sup>

Ранее метаморфическая порода не была определена, она состоит из сравнительно крупных призматических кристаллов силлиманита и андалузита, которые ориентированы по сланцеватости. Основная связующая масса состоит из ксеноморфных средних зерен кварца и кордирита, более мелких чешуйчатых зерен серицита, равномерно расположенных кубических и ксеноморфных индивидов рудных минералов. В небольших количествах в породе присутствуют тонковолокнистые индивиды талька и неправильной формы кристаллы пироксена. В виде аксессуарных минералов присутствуют: сфен (титанит), апатит, циркон и рудные минералы.

Андалузит  $Al_2O_3[SiO_4]$  – в породе легко определяется по характерным свойствам: призматической форме размером (0.05-1 мм), совершенной спайностью и низким цветам интерференции.

Силлиманит  $Al_2[AlSiO_5]$  – образует крупные призматические кристаллы (0.1-2 мм) с совершенной спайностью и высоким двупреломлением. Отдельные кристаллы включают мелкие индивиды акцессорных минералов (апатит, циркон), образуя пойкилобластовую структуру.

Кордиерит  $Al_3(Mg,Fe)_2[AlSi_5O_{18}]$  – встречается в виде неправильных зерен и коротко призматической формы. Наблюдается характерные секторальные двойники и вторичные минералы [8].

Акцессорные минералы отмечены в очень малом количестве, апатит образует шестигранные срезы с изотропным сечением и низкой интерференционной окраской. Сфен (титанит) встречается в виде неправильной формы и очень высокой интерференции, местами встречается рутил с красным цветом.

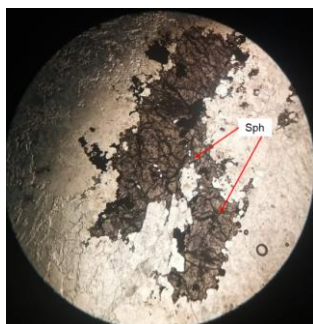


Рисунок 11. №39-А-3. Скопление индивидов сфена (sph), николи скрещенные, ув.  $10\times$

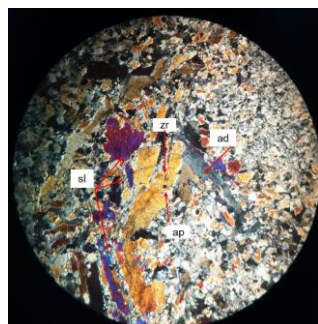


Рисунок 12. Силлиманит-андалузит-кордиерит-кварцевый сланец: ad-андалузит; ap-апатит; sl-сфалерит; zr-циркон

Рудные минералы составляют около 15% от общей массы, образуют скопления в межзерновых пространствах агрегативных кристаллов кальцита и доломита. В породе наблюдаются мелкие трещины, которые заполнены рудными минералами.

### 3. Результаты и обсуждение

Все метасоматиты могут быть глиноземистыми и кремнеземистыми. К глиноземистым метасоматитам относятся пропилиты, хлоритолиты, микроклин-серицитовые и турмалин-серицитовые метасоматиты, вторичные кварциты, аргиллизиты.

Средние составы глиноземистых метасоматитов характеризуются высокими концентрациями  $Al_2O_3$  (16-28%) при содержаниях  $SiO_2$  38-73%), преобладанием алюмосиликатов, таких как эпидот, хлорит, серицит, пиррофиллит, каолинит, монтмориллонит или сульфатов - алунит. Пропилиты формируются при  $T = 350-200^\circ C$  по интрузивным и эффузивным породам основного и среднего состава. Пропилиты состоят из эпидота, хлорита и альбита. Эпидотовые пропилиты часто развиваются по карбонатным пироксен-гранатовым скарнам. По вулканогенным породам среднего и основного состава, таких как андезиты и базальты развиваются хлоритовые породы [9].

По магматическим эффузивным и интрузивным породам кислого и среднего состава образуются вторичные кварциты и характеризуются низкими температурами около 500-250 градусов. Для вторичных кварцитов характерными минералами являются кварц,

серицит, пиррофиллит, алунит. Месторождения глиноземистого сырья связано с вторичными кварцитами [5,10].

Вторичные кварциты относятся к среднетемпературному кислотному метасоматозу, характеризующимся значениями pH от 1 до 4. В данных условиях только кварц и высокоглиноземистые минералы остаются устойчивыми (андалузит, диаспор, алунит др.). Метасоматиты, состоящие из 50 процентов кварца и больше называют вторичными кварцитами, с меньшими содержаниями кварца породы называют по их минеральному составу и могут быть кварц-андалузитовые, кварц-алунитовые метасоматиты и другие. При низких содержаниях кварца названия метасоматитов уже будет другим, таким как корундовые, андалузитовые или алунитовые метасоматиты [7].

### 4. Выводы

Для метасоматических пород четко выделяется зональность, которая характеризуется тремя главными минеральными ассоциациями. Первая ассоциация представлена кварцем первой генерации, рутилом, пиритом, серицитом первой генерации. Далее по мере повышения температуры и усиления воздействия гидротермальных растворов возникают уже андалузит, корунд и продолжается перекристаллизация кварца, рутила и пирита. Кварц второй генерации, серицит второй генерации, последующие генерации диаспора и пиррофиллита образуются на поздней стадии. Последней стадией минералообразования является образование флюорита, который цементирует кварц и пирит.

Метасоматическая зональность в массивах вторичных кварцитов на месторождении Алкамерген проявлена неочетливо, при этом отсутствует поздняя генерация, так как не обнаружены диаспор и пиррофиллит.

### Благодарность

Авторы выражают признательность коллективу Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева за предоставленную научно-техническую базу, а также компании ТОО «Де-меу Кок-Тас» за финансирование исследований.

### Литература / References

- [1] Rusakov, M.P., Sraiylov, T. (1960). Zolotonosnyj massiv vtorichnyh kvarcitov Alkamergen v Severo-Vostochnom Kazahstane. *Vestnik AN KazSSR*, 2
- [2] Alekseeva, L.K. (1968). Vtorichnye kvarcity Severnogo Pribalhash'ja i ih rudonosnost' (Doctoral dissertation). *nauk. Alma-Ata: IGN AN KazSSR*
- [3] Sokolov, V.A. (1964). Geneticheskie osobennosti vtorichnyh kvarcitov Central'nogo Kazahstana i voprosy ih rudonosnosti. *Materialy II Vsesojuznogo vulkanologicheskogo soveshhanija. Alma-Ata*
- [4] Nakovnik, N.I. (1968). Vtorichnye kvarcity SSSR i svjazannye s nimi mestorozhdenija poleznyh iskopaemyh.
- [5] Borukaeva, M.R., Grebenchikov, A.M., Semonenko, N.N. (1979). Prostranstvennaja vremennaja svjaz' metasomatitov. *Geologija, geohimija i mineralogija*

- zlotorudnyh rajonov i mestorozhdenij Kazahstana, 130-136
- [6] Vlasov, G.M., Mishin, L.F. (2001). Mesto vtorichnyh kvarcitol sredi gidrotermal'no izmenennyh porod i sootnoshenie ih s rudami metallov. *Tektonika, glubinnoe stroenie i geodinamika Vostoka Azii*, 239-265
- [7] Kopylov, M.I., Pustovojtova, I.V. & Skrijabin, I.N. (2011). Perspektivy vyjavlenija zlotorudnyh mestorozhdenij v alunitah na Juge Dal'nevostochnogo regiona. *Izvestija Sibirskogo otdelenija RAEN. Geologija, poiski i razvedka rudnyh mestorozhdenij*, 2(39), 84-98
- [8] Mishin, L.F., Berdnikov, N.V. (2003). Vtorichnye kvarcity i ih rudonosnost'. Ros. akad nauk. Dal'nevost. otd-nie. In-t tektoniki i geofiziki im. Ju. K. Kosygina. *Vladivostok: Dal'nauka*
- [9] Bajbatsha, A.B. (2014). Modeli mestorozhdenij blagorodnyh metallov. *Almaty: Asyl kitap*
- [10] Dvornik, G.P. (2020). Vidy metasomaticheskikh porod: temperaturnye uslovija obrazovanija, osobennosti sostava, mineragenija. *Izvestija UGGU*, 1(57), 63-72. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2020-1-63-72>

## Алқамерген кенорны туынды кварциттерінің петрографиясы (Павлодар облысы)

А. Бекботаева<sup>1</sup>, Ә. Байбатша<sup>1</sup>, Д. Шихов<sup>1\*</sup>, А. Байсалова<sup>1</sup>, Г. Омарова<sup>1</sup>, А. Дучмал-Черникевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Адам Мицкевич университеті, Познань, Польша

\*Корреспонденция үшін автор: [d.shihov@dkitco.kz](mailto:d.shihov@dkitco.kz)

**Андатпа.** Бұл жұмыста Алқамерген кенорнының (Павлодар облысы) туынды кварциттері үлгілерін автоматтандырылған дифрактометрмен минералогиялық және петрографиялық зерттеу арқылы, олардың түзілу ерекшеліктері мен минералдық құрамын зерделеу нәтижелері берілген. Кенорынның гидротермалық өзгерген таужыныстары зерттелген, олар алуит фациясының орташа температуралық туынды кварциттерінен тұрады. Зерттеу нәтижелері Алқамерген кенорны жаралуының генетикалық ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік берді. Таужыныстардың құрамы және кенді минералдану бойынша бұл нысана қышқылды-сульфатты типті кенорындардың өкілі болып табылады.

**Негізгі сөздер:** метасоматит, минералогия, петрография, туынды кварцит, алуит, алтын кен орындары.

## Петрография вторичных кварцитов месторождения Алқамерген (Павлодарская область)

А. Бекботаева<sup>1</sup>, А. Байбатша<sup>1</sup>, Д. Шихов<sup>1\*</sup>, А. Байсалова<sup>1</sup>, Г. Омарова<sup>1</sup>, А. Дучмал-Черникевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Университет Адама Мицкевича, Познань, Польша

\*Автор для корреспонденции: [d.shihov@dkitco.kz](mailto:d.shihov@dkitco.kz)

**Аннотация.** В данной работе приводятся результаты изучения особенностей образования и минерального состава вторичных кварцитов месторождения Алқамерген (Павлодарская область) посредством минералого-петрографических исследований образцов на автоматизированном дифрактометре. Были изучены гидротермально измененные породы месторождения, в основном они представлены низко – средне-температурными вторичными кварцитами алуитовой фации. Результаты исследований позволили установить генетические особенности образования месторождения Алқамерген. По минеральному составу горных пород, а также особенностей рудной минерализации это месторождение относится к типу месторождений кислотно-сульфатного типа.

**Ключевые слова:** метасоматиты, минералогия, петрография, вторичные кварциты, алуиты, золоторудные месторождения.