

# Парагенетические ассоциации и минералогические особенности месторождения Баян

<sup>1</sup>АСУБАЕВА Салтанат Калыкбаевна, к.г.-м.н., ассоциированный профессор, saltanat\_as\_nur@mail.ru,

<sup>1\*</sup>ОМАРОВА Гульнара Магауэвьяновна, PhD, ассоциированный профессор, omarova\_gulnara@mail.ru,

<sup>1</sup>ЛУКАШОВА Ангелина, магистрант, nasonova.pe@gmail.com,

<sup>2</sup>ХАМЗИНА Баян Елемесовна, к.т.н., руководитель высшей школы, Bayanh@mail.ru,

<sup>1</sup>НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», Казахстан, Алматы, ул. Сатпаева, 22а,

<sup>2</sup>НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Казахстан, Уральск, ул. Жангир хана, 51,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Представлены результаты микроминералогического исследования вещественного состава пород и руд редкометалльного месторождения Баян. Месторождение Баян относится к стратиформному типу шеелит-сульфидно-скарноидной формации. Шеелит определяет промышленную ценность месторождения. Вольфрам находится в актинолит-эпидотовых и кварц-полевошпатовых породах в сопоставимых количествах. Основные породообразующие минералы представлены амфиболом, биотитом, плагиоклазом и микроклином. Особое внимание уделялось выявлению рудоконтролирующих факторов, вещественному составу, распределению триоксида вольфрама по рудным телам и процессам минералообразования.

**Ключевые слова:** скарноидная формация, вольфрам, редкометалльное оруденение, минеральные парагенезисы, минералообразование.

## Введение

Статья основывается на результатах минералого-петрографических исследований месторождения Баян, которое расположено в Кокшетауской области.

Месторождение Баян локализуется в разрезе зерендинской серии, толща которой состоит из амфиболитов, гнейсов, амфиболитовых сланцев. По падению и простиранию наблюдается невыдержанность разреза из-за фациальных переходов пород друг в друга. Материнские породы замещаются интенсивной гранитизацией, вследствие чего образован инъекционно-метасоматический ряд пород, крайним составляющим которого является сланец-гранит [1].

Основные породообразующие минералы месторождения Баян представлены амфиболом, биотитом, плагиоклазом и микроклином.

Месторождение относится к стратиформному типу шеелит-сульфидно-скарноидной формации, и основными критериями вольфрамового оруденения считаются:

- 1) отсутствие генетической связи с гранитоидами;
- 2) наличие геохимически специализированных на вольфрам горизонтов пород в стратифицированных толщах;

- 3) пластообразный характер оруденения;
- 4) главным рудоконтролирующим фактором являются скарноиды и зоны скарнирования;
- 5) приуроченность вольфрамового оруденения (для докембрийских разрезов) к гнейсо-амфиболитовым толщам в периферических частях гранито-гнейсовых куполов, где весьма интенсивно проявлены процессы гранитизации (кремниво-щелочной метасоматоз) [1, 2].

В отличие от гранитоидов, метаморфические породы характеризуются повышенным содержанием вольфрама, что связывается с его сингенетичным накоплением и перераспределением при региональном метаморфизме в условиях амфиболитовой фации и интенсивной гранитизации пород, также не нужно отрицать полностью возможности участия гранитоидов в образовании части скарноидов. Известны многочисленные случаи, когда скарноиды развиваются на контакте карбонатных пород (за пределами объекта) и гнейсов или просто по амфиболсодержащим гнейсам и сланцам вне контакта с другими гранитизированными породами, в контактах амфиболсодержащих сланцев и гнейсов с мигматитами.

С процессами гранитизации связываются не только скарнообразование, но и перераспределение рудного вещества, сингенетичного осадкона-

копления. Вольфрам в бассейн осадконакопления мог попадать в результате вулканической деятельности, о чем свидетельствуют геохимические исследования метабазитов. Основная стадия рудоотложения приходится на завершающие этапы гранитизации, наиболее вероятный возраст которых палеозойский. С этой стадией связано формирование апоскарновых метасоматитов и переотложение рудного вещества.

#### Методы исследования

В работе были использованы минералогические, петрографические и геохимические методы, а для обработки базы данных по месторождению был использован ГИС Micromine.

Результаты исследования показали, что скарноиды соответствуют известковому типу. Минеральный состав не выдержан. Наиболее распространены парагенезисы гранат+эпидот, пироксен+гранат+эпидот и их мономинеральные разности, актинолит+эпидот, реже волластонит+гранат+эпидот и волластонитовая мономинеральная разность. Роговая обманка – обычный реликтовый минерал скарноидов.

Строгой закономерности в изменении состава скарнированных пород не наблюдается. В некоторых случаях по преобладанию тех или иных минералов в разрезе намечается следующая идеализированная схема сменяемости минеральных ассоциаций (от периферии к центру) – амфиболсодержащая порода (сланец, гнейс, амфиболит) – эпидот-актинолит, эпидот, кальцит-пироксен (диопсид-геденбергит), эпидот-кальцит-гранат (гроссуляр-андрадит), пироксен, эпидот, кальцит-актинолит, кальцит-амфиболсодержащая порода, кроме отмеченных минералов, скарноиды могут содержать везувиан хлорит, слюду, кварц, полевые шпаты.

В зависимости от петрографического состава исходных пород на месторождении отчетливо выделяются два природных типа руд: 1 – скарноидный, 2 – кварц-полевошпатовый. К первому относятся руды в скарноидах, скарнированных амфиболитах, амфиболовых сланцах и гнейсах. Ко второму типу – руды в гранодиоритах-гнейсах, гранито-гнейсах, гранитах и других кварц-полевошпатовых породах гнейсово-сланцевого комплекса. Установлено, что на долю актинолит-эпидотовых руд 1 типа приходится 52%, на долю кварц-полевошпатовых и других пород 2 типа – 48% от общего объема рудной массы. Оба типа хорошо различаются визуально по количеству цветных скарновых минералов.

По структурно-текстурным особенностям выделяются две разновидности руд: вкрапленные и прожилково-вкрапленные. Рудная вкрапленность представлена зернами молибдошеелита и шеелита с размером от долей мм до первых мм, редко до 1 см, ассоциирующего с минералами ранней рудообразующей кварц-эпидот-актинолитовой стадии. Здесь же находятся участки вкраплен-

ной минерализации, связанные с последующей кварц-эпидот-флогопитовой стадией минералообразования, проявленной, кроме того, и в алюмосиликатных кварц-полевошпатовых породах.

Прожилковые и вкрапленно-прожилковые руды более характерны для кварц-полевошпатового типа руд. Прожилковое оруденение представлено секущими и согласными шеелит-пирит-кварцевыми, шеелит-эпидот-флогопит-кварцевыми, шеелит-кварцевыми прожилками, обычная мощность которых первые миллиметры.

В прожилках, в гнездообразных скоплениях размер выделений шеелита достигает 2-3 см, его количество доходит до первых процентов, иногда в таких случаях увеличивается и содержание сульфидов (до 10-15%).

Шеелит определяет промышленную ценность месторождения. Ведущими являются две генерации: шеелит, количество которого достигает 2%, распространен в *актинолит-эпидотовых* рудах находясь в виде мелкой (0.2-0.8 мм) рассеянной вкрапленности и неправильно изометричных зерен и редких гнезд (до 1-10 мм) в *кварц-эпидот-актинолитовых метасоматитах* в тесной ассоциации с эпидотом, актинолитом, гранатом, кварцем, пиритом, пирротинном и другими минералами. Среди элементов-примесей в повышенном количестве в шеелитах присутствуют олово (в среднем 0.0147%) и висмут (в среднем 0.043%) (рисунок 1).

Акцессорный шеелит в грейзеновых прожилках представляет лишь минералогический интерес. Вольфрамит определен в пробах обоих типов руд в виде знаков. Он образует мельчайшие уплотненные удлиненно-табличные зерна в сростании с кварцем (рисунок 2) и эпидотом.

Среди сульфидов выделяется несколько их генераций, но ведущее значение имеют лишь те, которые связаны с рудообразованием.

Вольфрам представлен практически одной минеральной формой – шеелитом, на долю которого в рудах приходится более 90% триоксида вольфрама. Вольфрамит имеет лишь минералогический интерес. Незначительная часть вольфрама рассеяна в породообразующих и рудных минералах, среди которых главными его концентраторами служат апатит – в среднем 0,25% триоксида вольфрама и сфен – в среднем 0,5%.

После уточнения минералогического состава и парагенетических ассоциаций рудной минерализации, с помощью ГИС Micromine были созданы трехмерная каркасная и блочная модели месторождения (рисунок 3).

Интерактивно визуализированные нами 3D-модели минерализации триоксида вольфрама (шеелита) в виде солидов по месторождению Баян (рисунок 4) позволяют увидеть, как распределяется металл по изучаемому рудному телу. В его пределах отмечено равномерное распределение содержания триоксида вольфрама в интервале 0,1-2%. Участки с наиболее высокими содержа-

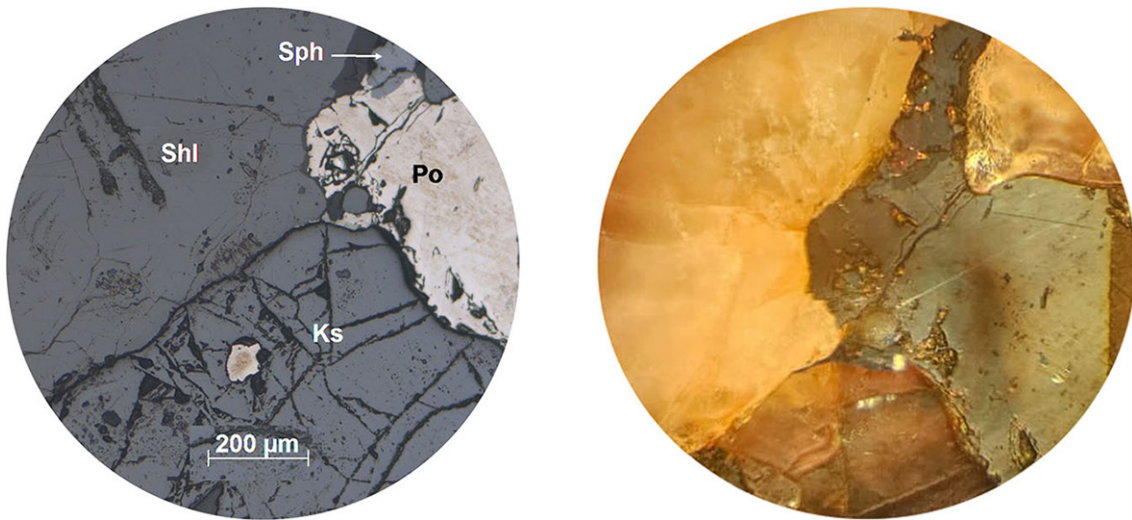


Рисунок 1 – Шеелит, касситерит, пирротин в тесном сростании. При одном и скрещенном николях (Sph – шеелит, Po – пирротин, Ks – касситерит)

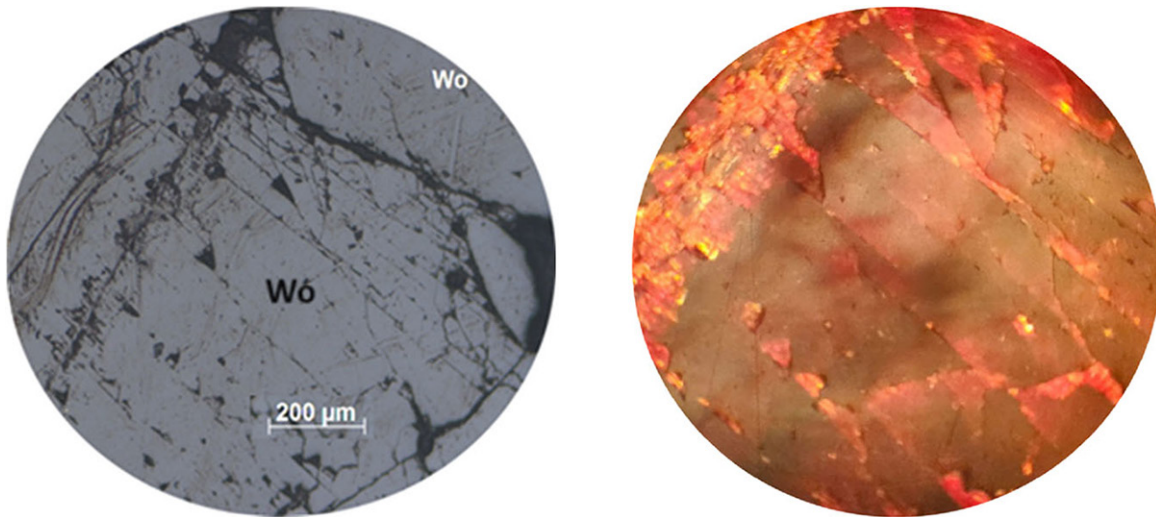


Рисунок 2 – Удлиненно-таблитчатые зёрна вольфрамита в аншлифе при одном и скрещенном николях (Wo-вольфрамит)

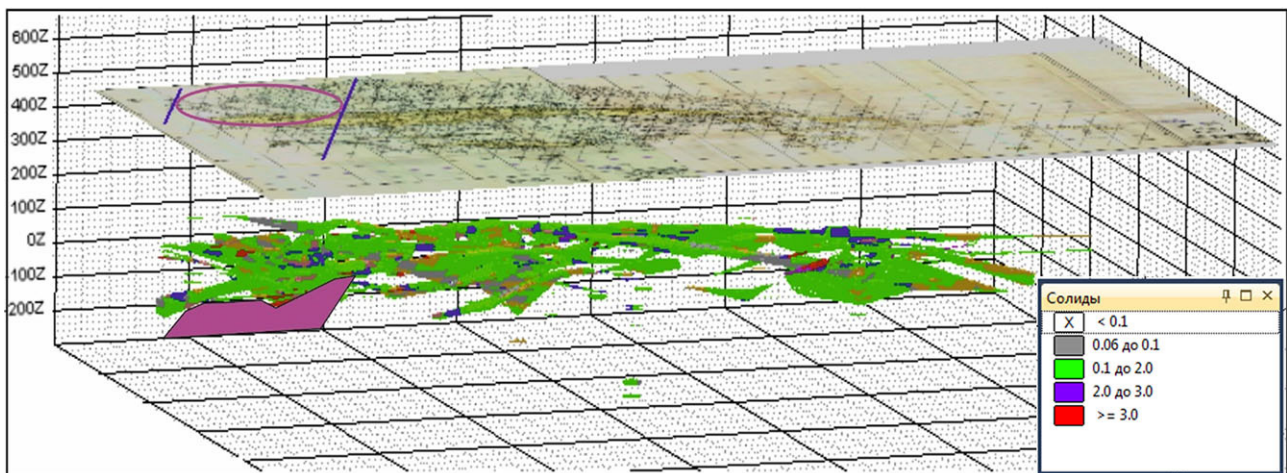


Рисунок 3 – 3D-блочная модель рудоносной зоны месторождения Баян (цветами дано распределение триоксида вольфрама по рудному телу)

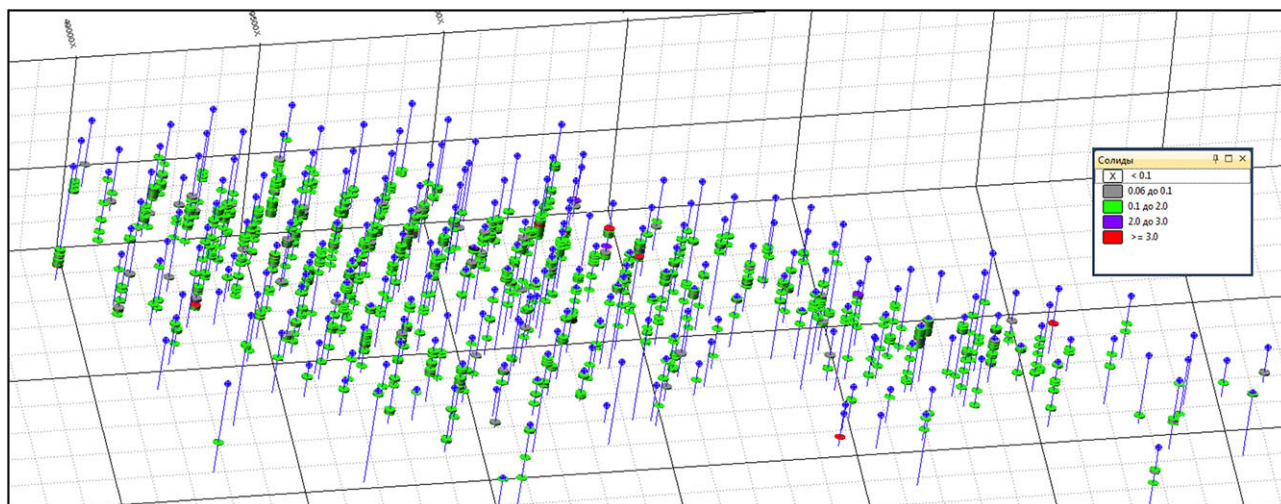


Рисунок 4 – Распределение триоксида Wo по рудным телам

ниями триоксида вольфрама от 2,0 до 3,0% имеют незначительное и неравномерное распространение. 3D-модель рудных тел показывает, что месторождение характеризуется сложным строением и неравномерным распределением вольфрама с более значительными содержаниями [4, 5].

#### Выводы

В ходе минералого-петрографических исследований было выявлено, что основным рудоконтролирующим фактором месторождения Баян являются зоны скарнирования. Основная стадия рудоотложения приходится на завершающие этапы гранитизации, наиболее вероятный воз-

раст которых палеозойский. С этой стадией связаны формирование апоскарновых метасоматитов и переотложение рудного вещества.

Промышленное значение имеют породы двух генераций: актинолит-эпидотовые и кварц-эпидот-актинолитовые метасоматиты. Вольфрам представлен практически одной минеральной формой – шеелитом.

На основе моделирования рудных зон, можно отметить равномерное распределение содержания триоксида вольфрама в интервале 0,1-2%, а участки с наиболее высокими содержаниями триоксида вольфрама (2,0 до 3,0%) имеют незначительное и неравномерное распространение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д., Бикеев В.С., Шабалина Л.В., Урдабаев А.Т. Особенности строения литосферы Казахстана, определяющие глубинные критерии локализации поясов // Известия НАН РК. Серия геологическая, 2021. № 3. С. 4-7.
2. Металлогения Казахстана: Рудные формации. Месторождения руд редких металлов. Алматы: Наука, 2022. – 538 с.
3. Омирсериков М.Ш., Исаева Л.Д. Геолого-динамическая модель формирования редкометалльных месторождений рудной зоны / Геологическая наука независимого Казахстана: достижения и перспективы. Алматы, 2022. С. 199-203.
4. Омирсериков М.Ш., Степаненко Н.И., Исаева Л.Д., Асубаева С.К., Тогизов К.С., Кембаев М.К. Исследования редкометалльного месторождения Баян на базе ГИС-технологии и прогнозная оценка его дополнительных ресурсов на промышленные руды // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. № 6. Алматы, 2017. – С. 35-43. ISSN 2224-5278.
5. Isaeva L.D., Assubaeva S.K. Mineralogy and structural model of the weathering crust of Kundybay deposit (north Kazakhstan) // News of the academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 6 (420), Almaty, NAS RK, 2016. – Pp. 39-50.

#### Баян кенорнының парагенетикалық ассоциациялары және минералогиялық ерекшеліктері

<sup>1</sup>АСУБАЕВА Салтанат Калыкбаевна, г.-м.ф.к., қауымдастырылған профессор, saltanat\_as\_nur@mail.ru,

<sup>1</sup>\*ОМАРОВА Гульнара Магауыязовна, PhD, қауымдастырылған профессор, omarova\_gulnara@mail.ru,

<sup>1</sup>ЛУКАШОВА Ангелина, магистрант, nasonova.pe@gmail.com,

<sup>2</sup>ХАМЗИНА Баян Елемесовна, т.ф.к., жоғары мектептің меңгерушісі, Bayanh@mail.ru,

<sup>1</sup>«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Қазақстан, Алматы, Сәтбаев көшесі, 22а,

<sup>2</sup>«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Орал,

Жаңгір хан көшесі, 51,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Сирек кездесетін Баян кен орнының тау жыныстары мен кендерінің заттық құрамын микроминералогиялық зерттеу нәтижелері ұсынылған. Баян кен орны шеелит-сульфид-скарноидты формацияның стратиформдық түріне жатады. Шеелит кен орнының өндірістік құндылығын анықтайды. Вольфрам актинолит-эпидот және кварц-дала шпаты жыныстарында салыстырмалы мөлшерде кездеседі. Негізгі тау жыныстарын құрайтын минералдар амфибол, биотит, плагиоклаз және микроклинмен ұсынылған. Кен бақылаушы факторларды анықтауға, заттық құрамға, вольфрам триоксидінің кен денелеріне таралуына және минерал түзілу процесстеріне ерекше назар аударылды.

**Кілт сөздер:** скарноидты формация, вольфрам, сирек металды кендену, минералды парагенезистер, минерал түзілуі.

#### **Paragenetic Associations and Mineralogical Features of the Bayan Deposit**

<sup>1</sup>ASSUBAYEVA *Saltanat*, Cand. of Geol. and Min. Sci., Associate Professor, saltanat\_as\_nur@mail.ru,

<sup>1</sup>\*OMAROVA *Gulnara*, PhD, Associate Professor, omarova\_gulnara@mail.ru,

<sup>1</sup>LUKASHOVA *Angelina*, Master Student, nasonova.pe@gmail.com,

<sup>2</sup>KHAMZINA *Bayan*, Cand. of Tech. Sci., Head of Higher School, Bayanh@mail.ru,

<sup>1</sup>NCJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev», Kazakhstan, Almaty, Satpayev Street, 22a,

<sup>2</sup>NJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University», Kazakhstan, Oral, Zhangir Khan Street, 51,

\*corresponding author.

**Abstract.** The results of a micromineralogical study of the material composition of rocks and ores of the Bayan rare metal deposit are presented. The Bayan deposit belongs to the stratiform type of the scheelite-sulfide-skarnoide formation. Scheelite determines the industrial value of the deposit. Tungsten is found in actinolite-epidote and quartz-feldspar rocks in comparable quantities. The main rock-forming minerals are represented by amphibole, biotite, plagioclase and microcline. Particular attention was paid to the identification of ore-controlling factors, the material composition, the distribution of tungsten trioxide over ore bodies and mineral formation processes.

**Keywords:** skarnoid formation, tungsten, rare metal mineralization, mineral paragenesis, mineral formation.

#### REFERENCES

1. Lyubeczkij V.N., Lyubeczkaya L.D., Bikeev B.C., Shabalina L.V., Urdabaev A.T. Osobennosti stroeniya litosfery` Kazaxstana, opredelyayushhie glubinnyy`e kriterii lokalizatsii poyasov // Izvestiya NAN RK. Seriya geologicheskaya, 2021. No. 3. Pp. 4-7.
2. Metallogeniya Kazaxstana: Rudny`e formacii. Mestorozhdeniya rud redkix metallov. Almaty`: Nauka, 2022. – 538 p.
3. Omirserikov M.Sh., Isaeva L.D. Geologo-dinamicheskaya model` formirovaniya redkometall`ny`x mestorozhdenij rudnoj zony` / Geologicheskaya nauka nezavisimogo Kazaxstana: dostizheniya i perspektivy`. Almaty`, 2022. Pp. 199-203.
4. Omirserikov M.Sh., Stepanenko N.I., Isaeva L.D., Asubaeva S.K., Togizov K.S., Kembraev M.K. Issledovaniya redkometall`nogo mestorozhdeniya Bayan na baze GIS-texnologii i prognoznaya ocenka ego dopolnitel`ny`x resursov na promy`shlennyy`e rudyy` // Izvestiya NAN RK. Seriya geologii i texnicheskix nauk. No. 6. Almaty`, 2017. – Pp. 35-43. ISSN 2224-5278.
5. Isaeva L.D., Assubaeva S.K. Mineralogy and structural model of the weathering crust of Kundybay deposit (north Kazakhstan) // News of the academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 6 (420), Almaty, NAS RK, 2016. – Pp. 39-50.