



ОЦЕНКА ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛЬМАКЫР

Холикулов Д.Б.¹[0000-0001-6968-9297], **Нормуротов Р.И.**²[0009-0001-5889-7418],
Ниязметов Б.Е.³[0009-0003-0672-7200], **Рахмонов У.К.**⁴[0009-0007-6327-5123]

¹Заместитель директора по научной работе и инновациям Алмалыкского филиала
Ташкентского государственного технического университета, д.т.н., профессор,
E-mail: doniyor_xb@mail.ru

²АО «Навоийский ГМК», ведущий инженер инновационно-технической службы
Рудоуправления «Кызылкум», к.т.н., доцент,
E-mail: r.normurotov@ngmk.uz

³АО «Алмалыкский ГМК», ведущий инженер учебного центра
E-mail: b.niyazmetov@agmk.uz

⁴Заведующий отделом научных исследований, инноваций и подготовки научно-
педагогических кадров Алмалыкского филиала Ташкентского государственного
технического университета, PhD.,
E-mail: oktamraxmonov48@gmail.com

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследований, направленных на изучение вещественного состава окисленных медных руд, добываемых на месторождении «Кальмакыр». Настоящее время эти окисленные медные руды накапливаются в отвалах. Для получения необходимой информации о свойствах руды проводится отбор средней технологической пробы. Рудные минералы представлены вкраплениями, скоплениями, иногда прожилками. Содержание рудных минералов колеблется от 1-2% до 30-35% в отдельных аншлифах. В среднем содержание рудных минералов составляет 5-7%. Золото самородное установлено в единичных зернах в виде тонких включений в гидрооксидах железа в ассоциации с пиритом

Ключевые слова: окисленная медная руда, минералы, отбор технологической пробы, разделение, обогащение минералов, класс крупности, выход продукта.

Abstract. This paper presents the results of studies aimed at studying the material composition of oxidized copper ores mined at the Kalmakyr deposit. At present, these oxidized copper ores are accumulated in dumps. To obtain the necessary information about the properties of the ore, an average process sample is selected. Ore minerals are represented by inclusions, clusters, and sometimes veins. The content of ore minerals varies from 1-2% to 30-35% in individual polished sections. On average, the content of ore minerals is 5-7%. Native gold is found in single grains in the form of fine inclusions in iron hydroxides in association with pyrite.

Keywords: oxidized copper ore, minerals, process sample selection, separation, mineral enrichment, size class, product yield.

Annotatsiya. Ushbu maqolada Qalmoqqir konida qazib olingan oksidlangan mis rudalarining moddiy tarkibini o'rganishga qaratilgan tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Hozirgi vaqtda bu oksidlangan mis rudalari chiqindixonalarda to'plangan. Rudaning xossalari haqida kerakli ma'lumotlarni olish uchun o'rtacha texnologik namuna tanlanadi. Rudali minerallar inklyuziyalar, klasterlar va ba'zan tomirlar bilan ifodalanadi. Rudali minerallarning miqdori alohida sayqallangan uchastkalarda 1-2% dan 30-35% gacha o'zgarib turadi. O'rtacha rudali minerallarning miqdori 5-7% ni tashkil qiladi. Mahalliy oltin bitta donalarda pirit bilan bog'langan temir gidroksidlaridagi mayda qo'shimchalar shaklida topiladi.

Tayanch so'zlar: oksidlangan mis rudasi, minerallar, jarayon namunalari tanlash, ajratish, mineral boyitish, o'lcham sinfi, mahsulot unumi.

Введение

Исследования, направленные на изучение минерального состава руд, являются одним из актуальных вопросов для обогащения. Исследования по изучению



минерального, химического состава руд, выявлению основных и попутных компонентов, установлению формы нахождения ценных компонентов, характер срастаний ценных минералов используется при разработки технологической схемы обогащения руд [1-5].

Окисленные медные руды в отличие от первичных руд представлены другими минералами ценных компонентов. В составе первичных руд преобладает халькопирит или представлены другими сульфидами меди такими как борнит, халькозин или ковеллином. В составе окисленных руд главные минералы меди представлены в основном следующими минералами: малахит, азурит, хризокolla, брошантит, куприт [6-9].

Методика проведения экспериментов

Изучение минерального состава представленных проб осуществлялось комплексом минералого-петрографических анализов. Были изучены шлифы и аншлифы под микроскопом в проходящем и отраженном свете (Nikon Eclipse LV100 Pol). Кроме оптических методов были применены рентгенофазовый анализ для определения количественного минерального состава (ДРОН-3) (рис. 1). Для пробы основного композита проведено картирование на автоматизированном минералогическом комплексе Qemscan (рис. 2) [10,11].

Окисленные руды представлены в различной степени окварцованными, серицитизированными и хлоритизированными магматическими породами, пересеченными в различных направлениях мелкими трещинами, с прожилками и вкраплениями малахита, лимонита, придающих им зеленоватую окраску с бурыми пятнами. В результате изучения прозрачных шлифов, установлены что, рудовмещающие метасоматиты кварцевого, серицит-хлорит-полевошпат-кварцевого состава. Структура метасоматитов гранобластовая. Текстура массивная, с прожилками более поздних рудных и нерудных минералов (рис. 3).

Окисленные медные руды месторождения Кальмакыр на 92-95% представлены порообразующими минералами, среди которых резко преобладают кварц, полевые шпаты, реже отмечаются мусковит, хлорит, биотит и др. Акцессорные минералы магнетит, апатит, циркон, реже ильменит, сфен [12,13].

Кварц представлен ксеноморфными зернами. Размер варьирует от 0,0n мм до 1мм. Содержание кварца в отдельных шлифах колеблется от 20-25% до 60-70%, в среднем составляет 40-45%.



Рис. 1. Микроскоп Nikon
Eclipse LV100 Pol

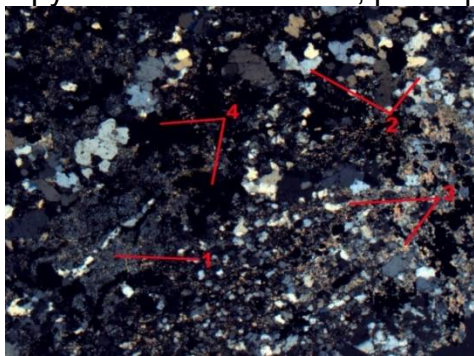


Рис. 2. Рентгеновский дифрактометр
ДРОН-3

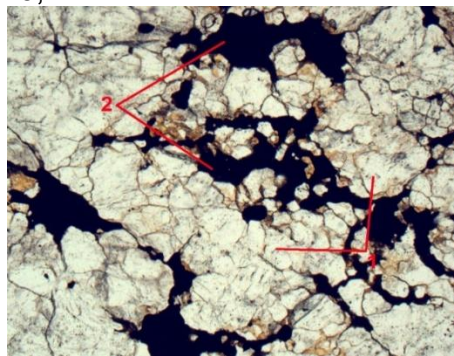
Калиевый полевой шпат формирует угловатые, иногда ксеноморфные зерна, минерал слабо замещен глинистыми минералами. Размер зерен варьирует от 0,1 мм до 1мм. Содержание составляет 10-15%.

Плагиоклаз интенсивно замещен серицитом, присутствуют реликты минералов. Размер варьирует от 0,1мм до 0,6мм. Содержание минерала колеблется от первых процентов до 30-40%.

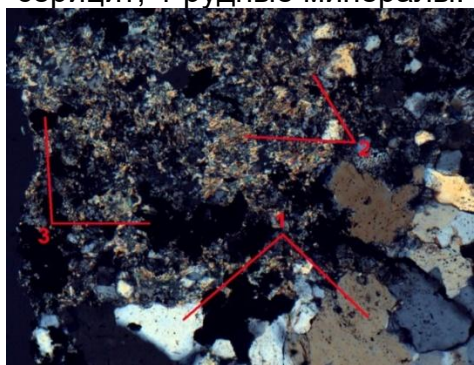
Серицит представлен в виде мелких чешуек, замещает плагиоклаз, встречается в виде скоплений. Размер <0,001мм. Содержание составляет 10-15%. Мусковит формирует мелкие листочки, размером 0,1мм - 0,2мм.



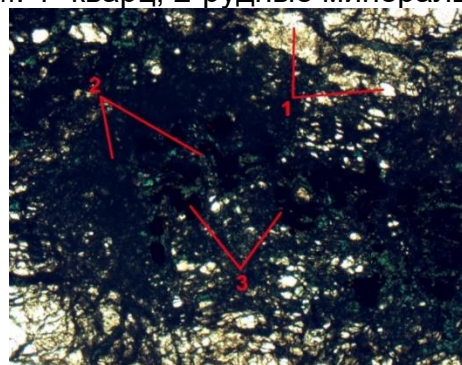
Гранобластовая структура руды. Увел 40^х, ник. X. 1-полевой шпат; 2-кварц; 3-серицит; 4-рудные минералы.



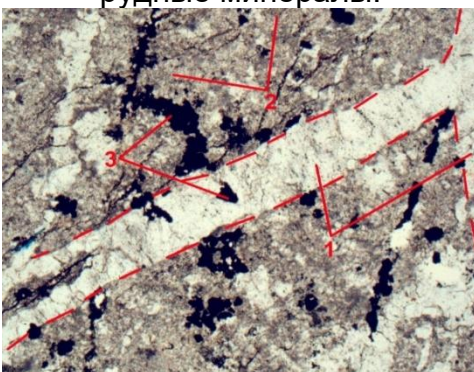
Гранобластовая структура рудовмещающих пород. Увел 40^х, ник. II. 1- кварц; 2-рудные минералы.



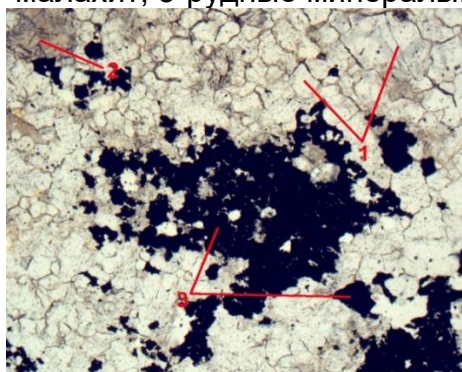
Чешуйчатое скопление серицита. Увел 40^х, ник. II. 1- кварц; 2-полевой шпат; 3-рудные минералы.



Скопление малахита и других рудных минералов. Увел 40^х, ник. II. 1- кварц; 2-малахит; 3-рудные минералы.



Рудные минералы по трещинам пород. Увел 40^х, ник. II. 1- кварц; 2-полевой шпат; 3-рудные минералы.



Скопление рудных минералов. Увел 40^х, ник. II. 1- кварц; 2-полевой шпат; 3-рудные минералы.

Микрофотография окисленных руд.

Рис. 3. Результаты рентген-дифрактометрического анализа.



Хлорит представлен удлиненными или ксеноморфными зернами, форма кристаллов чешуйчатая, встречается редко. Содержание составляет 1-5%.

Малахит встречается в виде прожилков, скоплений по трещинам пород (рис. 3). Мощность прожилков составляет 0,1-1мм. Содержание минерала составляет от частых зерен до несколько процентов в отдельных шлифах.

Рудные минералы представлены вкраплениями, скоплениями, иногда прожилками. Часто сопровождаются прожилками кварца. Заполняет меж зерновые пространства нерудных минералов (рис. 3). Размер от 0,1мм до 0,3мм. Содержание составляет 3-8%.

Для изучения количественного минерального состава проб медных шлаков были проведены рентген-дифрактометрический анализ.

Режим и условия съемки: съёмка проводилась на дифрактометре ДРОН-3 с $\text{CuK}\alpha$ с отфильтрованным излучением в режиме: $I=25-30\text{mA}$, $U=30\text{kV}$, $V_{\text{детект}}=20/\text{мин}$, $V_{\text{дифр. ленты}}=600\text{мм/час}$, предел измерений – 4×10^2 имп/сек, $\tau=0,5\text{сек}$, щели: $1 \times 2 \times 0,25\text{мм}$. Область съемки составляет для исходных проб $2\Theta=3-70^\circ$. Дифрактограммы интерпретировались с использованием данных картотеки ASTM (Powder diffraction file) (табл. 1).

Количественное содержание рассчитывалось по разработанной в Лаборатории «Краснохонмскгеология» (1989) методике РКФА (экспрессный рентгеновский количественный фазовый анализ), основанной на использовании уравнения Петера-Кальмана и унифицированных пересчетных корундовых коэффициентов без введения внутренних стандартов. Предполагается, что сумма всех кристаллических фаз составляет 100%. Наличие рентгеноаморфного вещества в пробах, как-то коллоидные соединения, органические образования, при этом не учитывается.

Таблица 1.

Дифрактометрические характеристики минералов

Минерал	d (межплоскостное отражение) Å
Серициты	10,05-10,1; 4,97-5,01; 3,31-3,32; 2,50
Биотит	10,1; 3,35; 2,16; 2,63; 2,01; 1,53
Хлорит	14,3-14,5; 7,09; 3,54
Кварц	4,25; 3,34; 2,13-1,817; 1,541
Альбит	4,0; 3,66; 3,20
КПШ	3,24; 2,16
Пирит	3,12; 2,70; 1,631
Амфибол	8,45
Бирюза	6,06-3,67
Кубанит	3,06
Халькантит	5,48-4,72-3,69
Си	2,09
Гипс	7,60; 4,28; 3,06
Доломит	2,90; 2,20Å
Кальцит	3,04; 1,912; 1,87
Ковеллин	2,80; 1,91
Малахит	6,06-2,81
Куприт	2,45-2,13
Псевдомалахит	4,44-2,46 (совпадает с серицитом)
Биотит	10,01 (совпадает с серицитом)

По данным рентгено-дифрактометрического анализа в составе исходных проб окисленных медных руд преобладает кварц. Содержание минерала составляет



40,0-46,7%. Ортоклаз составляет 15,7-20,3%. Серицит в составе проанализированных проб составляет 8,3-11,4%. Также из глинисто-слюдистых минералов отмечается каолинит до 7,8%, хлорит 13,1-14,8%. Суммарное содержание глинисто-слюдистых минералов составляет 23,5-32,3%. Наличие высокой доли слюдистых минералов типа серицита, хлорита может вызвать осложнения при переработке руды, так как эти минералы имеют склонность к ошламованию.

Из карбонатных минералов установлен доломит в количестве 2,6-3,1%. Также в составе исходных окисленных медных руд установлены амфибол до 1,3%, гипс до 4,1%. Из рудных минералов присутствует пирит до 1,9%, кубанит до 0,6%, бирюза до 0,7%, медь самородная до 0,4%. Также присутствуют бирюза, малахит, псевдомалахит, куприт, биотит, халькостибит, ферритунгстенит, ковеллин, халькозин, молибденит (табл. 2).

Результаты описания полированных аншлифов.

Рудная минерализация в пробах окисленной руды представлена в основном сульфидами и окислами железа и меди. В результате описания полированных аншлифов установлено что рудная минерализация представлена в виде вкраплений, скоплений, прожилков. Часто рудные минералы установлены по трещинам пород, межзерновом пространстве нерудных минералов. Рудные минералы цементируют обломков нерудных минералов по трещинам (рис. 4). Рудные минералы, расположенные в трещинах, межзерновых пространствах замещаются вторичными минералами более интенсивно, в сравнении с включением.

Текстура рудных минералов вкрапленная, прожилковая, гнездовая. По данным М.С.Кучуковой первые два типа в сочетании дают промышленное скопление. Структура мелко-, среднезернистая, аллотриоморфно зернистая, каемчатая, реликтовая выщелачиванная. Каемчатая структура обусловлена замещением первичных минералов вторичными по краям зерен (рис. 5)

Содержание рудных минералов колеблется от 1-2% до 30-35% в отдельных аншлифах. В среднем содержание рудных минералов составляет 5-7%.

Среди рудных минералов преобладают малахит, вторичные минералы меди, пирит и гидрооксиды железа. Установлены следующие рудные минералы малахит, куприт, самородная медь, халькозин, ковеллин, борнит, кубанит, халькопирит из минералов меди. Среди них преобладают малахит. Также повсеместно установлен пирит, гидрооксиды железа, магнетит, гематит. Кроме того, встречаются сфалерит, галенит, золото самородное, арсенопирит, ильменит, теллуrowисмит, жозеит, молибденит, пирротин в единичных или частых зернах.

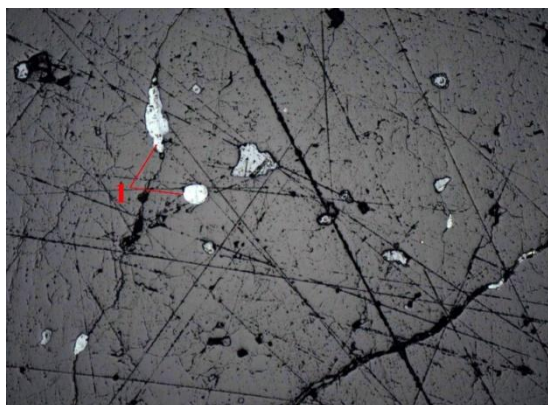
Малахит отмечается в виде вкраплений, прожилков, скоплений. Под микроскопом легко диагностируется по зеленым внутренним рефлексам с анализатором (рис. 6), Прожилки развиваются по трещинам пород, ассоциируется гидрооксидами железа. Иногда среди прожилков малахита установлены вкрапления, скопления гидрооксидов железа, сфалерита. Содержание минерала составляет от частых зерен до 25-30%. Размер зерен малахита составляет 0,02-0,5 мм.



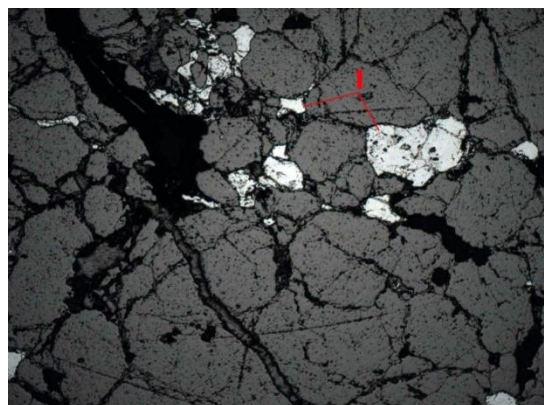
Таблица 2

Результаты рентген-дифрактометрического анализа исходных проб окисленных медных руд месторождения
Кальмакыр

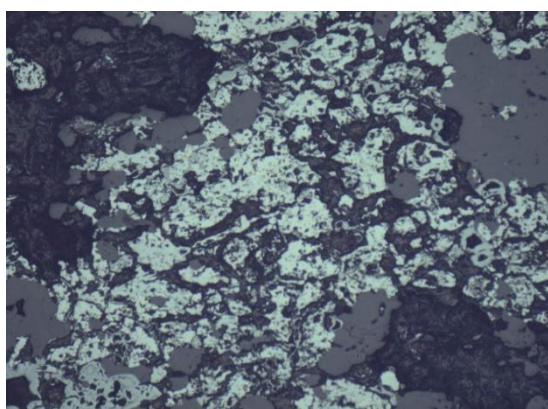
№ проб	Содержание основных породообразующих минералов, %																					
	Глинистые				Карбонаты		Другие													Всего		
	Серицит	СГМ	Каолинит	Хлорит	Кальцит	Доломит	Кварц	Альбит	Ортоклаз	Пирит	Амфибол	Гипс	Кубанит	Cu	Халькантит	Бирюза	Ферритунгстит	Возможная примесь*	Глинистые	Карбонаты	Другие	
1	8,3	0	0	14,8	0	2,6	46,7	3,4	20,3	1,9	1,3	0	0	0	0	0,7	0	Ковеллин, Куприт, Халькозин, Молибденит	23,5	2,6	73,9	
2	11,4	0	7,8	13,1	0	3,1	40,0	2,1	15,7	0	0	4,1	0,6	0,4	0,9	0	0,5	Бирюза, Малахит, Псевдомалахит, Куприт, Биотит, Халькостибит	32,3	3,1	64,3	



Вкрапления рудных минералов. 1-гетит. Увел. 40^х; без анализатора.



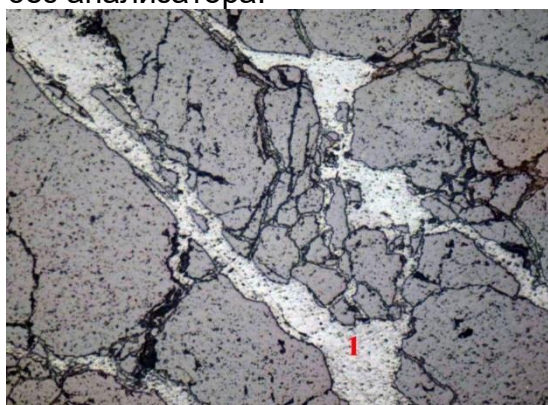
Развитие рудных минералов по межзерновым пространствам нерудных минералов. 1-рудные минералы. Увел. 40^х;



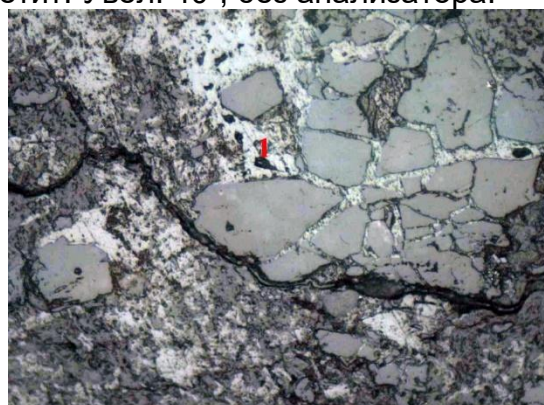
Скопление рудных минералов. Светло-серые рудные минералы. Увел. 100^х; без анализатора.



Прожилковая текстура рудных минералов. 1-гетит. Увел. 40^х; без анализатора.



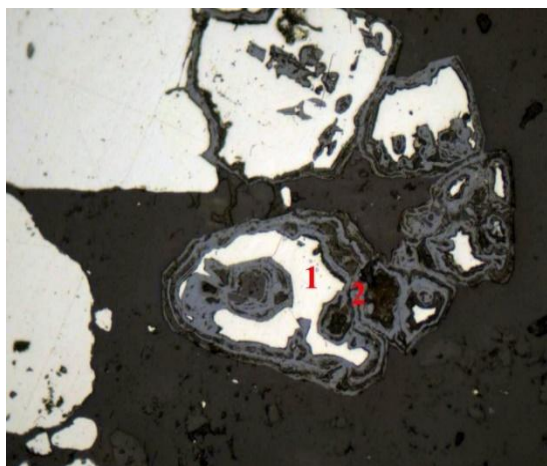
Прожилки малахита по трещинам пород. 1-малахит. Увел. 100^х; без анализатора.



Цементация обломков нерудных минералов малахитом. 1-малахит. Увел. 200^х; без анализатора.

Рис. 4. Структурно-текстурные особенности рудных минералов

Халькопирит установлен в виде тонких вкраплений в нерудных минералах и магнетите, гематите. Форма зерен изометричная, ксеноморфная. Размер зерен халькопирита составляет <0,01-1,0мм. Срастается с сфалеритом, борнитом, халькозином и пиритом (рис. 7). Замещается ковеллином, халькозином, купритом и малахитом. Содержание минерала составляет от единичных зерен до 1-2%.

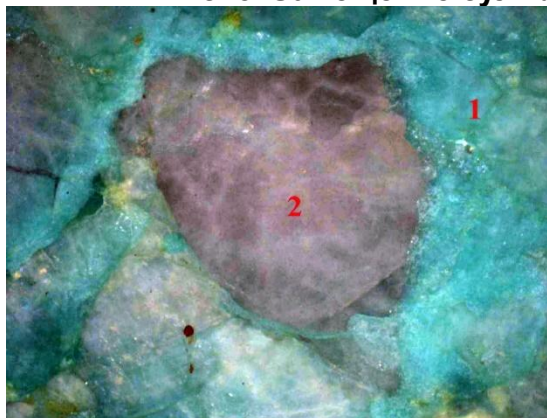


Каемчатое замещение пирита гидроксидами железа. 1-пирит, 2-гидрооксиды железа. Увел. 200 \times ; без анализатора.



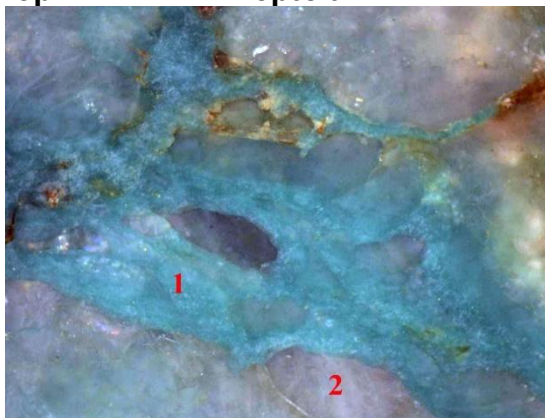
Реликты пирита среди гидрооксидов железа. 1-пирит, 2-гетит. Увел. 1000 \times ; без анализатора.

Рис. 5. Замещение сульфидов вторичными минералами.

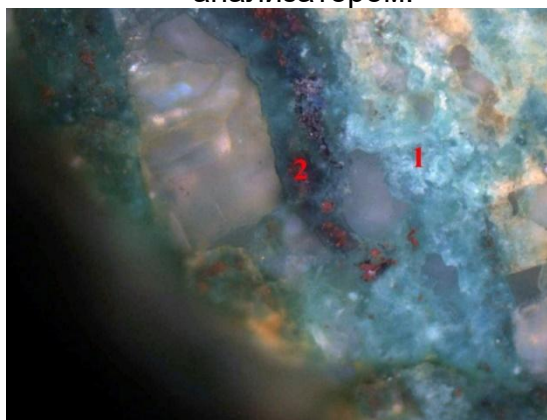


Зеленые внутренние рефлекссы малахита.

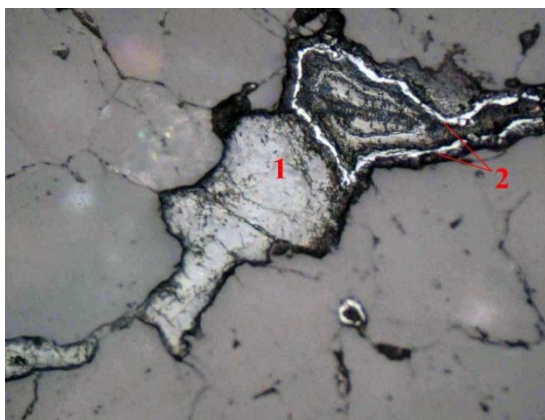
1-малахит, 2-кварц. Увел. 100 \times ; с анализатором.



Развитие малахита по трещинам пород
1-малахит, 2-кварц. Увел. 100 \times ; с анализатором.



Малахит в ассоциации с гидроксидами железа. 1-малахит, 2-гидрооксиды железа. Увел. 200 \times ; с анализатором.



Ассоциация малахита гидроксидами железа. 1-малахит, 2-гетит. Увел. 200 \times ; без анализатора.

Рис. 6. Малахит в ассоциации с гидроксидами железа.

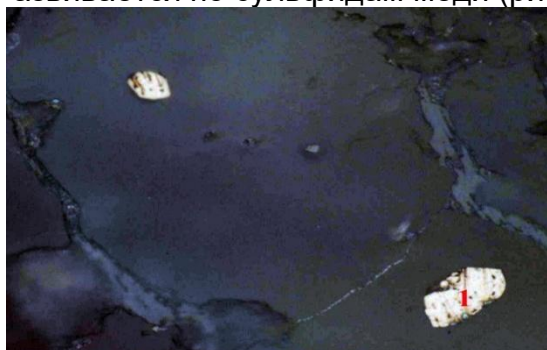
Борнит установлен в единичных зернах в сростке с халькопиритом, халькозином, сфалеритом. Форма зерен ксеноморфная.

Ковеллин установлен в единичных, частых зернах. Развивается по краям зерен халькопирита. Иногда образует сложная смесь с гидрооксидами железа (рис. 7).

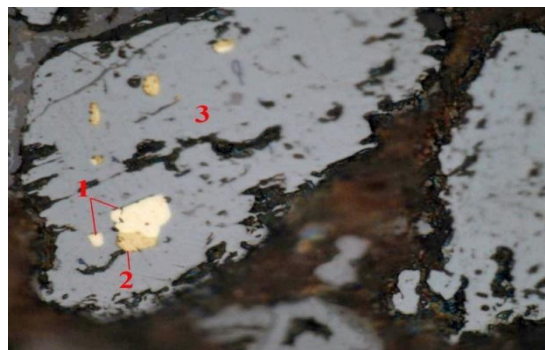
Халькозин развивается по халькопириту, кубаниту (рис. 7). Форма зерен ксеноморфная. Установлен от единичных зерен до 3-5%. Установлен в сростке с борнитом и халькопиритом.

Кубанит установлен в единичных аншлифах, где степень окисления низкая. Замещается халькозином, гидроксидами железа. Содержит в себе вкрапления халькопирита и пирита.

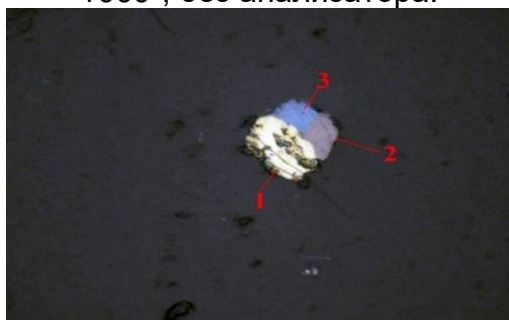
Куприт установлен в ассоциации с халькозином, гидроксидами железа. Развивается по сульфидам меди (рис. 7).



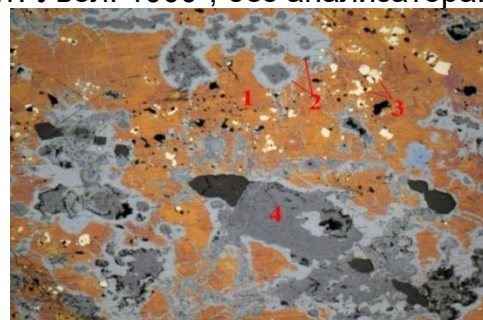
Вкрапления халькопирита в нерудных минералах. 1-халькопирит. Увел. 1000 \times ; без анализатора.



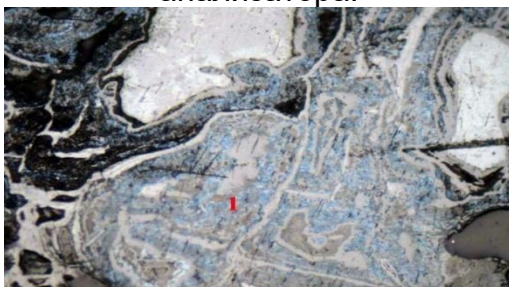
Включения халькопирита и пирита в магнетите. 1-пирит, 2-халькопирит, 3-магнетит. Увел. 1000 \times ; без анализатора.



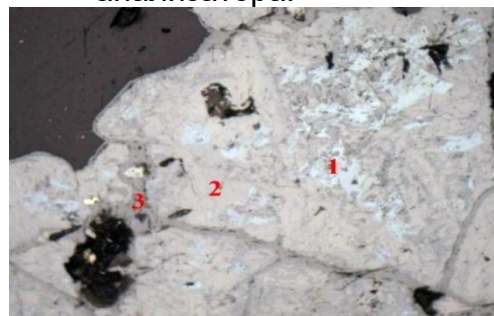
Халькозин в сростке с халькопиритом и борнитом. 1-халькопирит, 2-борнит, 3-халькозин. Увел. 1000 \times ; без анализатора.



Замещение кубанита халькозином и гетитом. 1-кубанит, 2-халькозин, 3-пирит, 4-гетит. Увел. 100 \times ; без анализатора.



Сложная смесь ковеллин-халькозин-гетитового состава. 1-ковеллин-халькозин-гетитовая смесь. Увел. 200 \times ; без анализатора.



Халькозин среди куприта и гетита. 1-халькозин, 2-куприт, 3-гетит. Увел. 200 \times ; без анализатора.

Рис. 7. Форма нахождения минералов меди и их характер замещения.

Медь самородная установлена в единичных зернах. Форма зерен изометричная, каплевидная. Размер зерен составляет $<0,01-0,02$ мм. Установлен в виде вкрапления в нерудной массе. Золото самородное установлено в единичных зернах в виде тонких включений в гидрооксидах железа в ассоциации с пиритом (рис. 8) Молибденит установлен в единичных зернах. Форма зерен призматическая (рис. 8). Установлен в нерудной массе в виде вкраплений.



Включения самородного золота и реликты пирита в гетите. 1-золото самородное, 2-пирит, 3-гетит. Увел. $1000\times$; без анализатора.



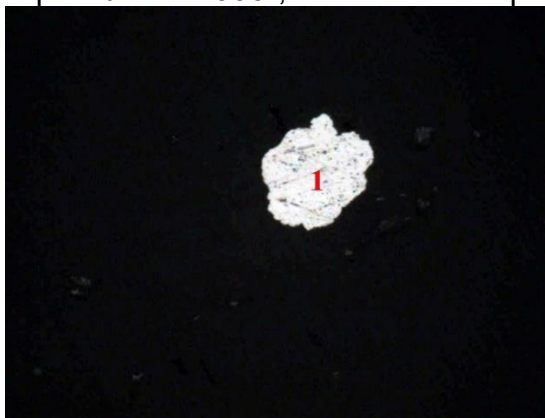
Призматическое зерно молибденита в нерудной массе. 1-молибденит. Увел. $1000\times$; без анализатора.



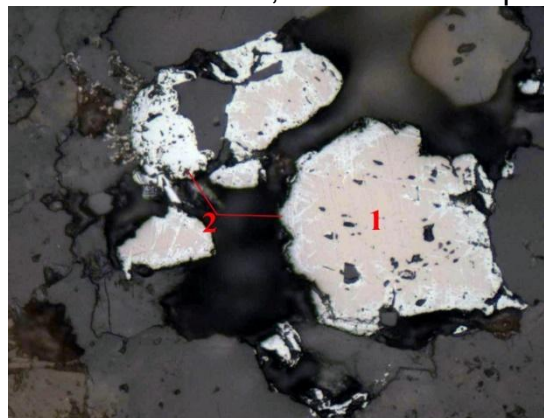
Галенит в сростке с халькопиритом и пиритом. 1-халькопирит, 2-галенит, 3-пирит. Увел. $1000\times$; без анализатора.



Вкрапление жозеита в нерудной массе 1-жозеит. Увел. $200\times$; без анализатора.



Вкрапление теллуrowисмутита. 1-теллуrowисмутит. Увел. $1000\times$; без анализатора.



замещение магнетита гематитом. 1-магнетит, 2-гематит. Увел. $200\times$; без анализатора.

Рис. 8. Форма нахождения минералов золота, молибдена, висмута, теллура в составе окисленных руд месторождения Кальмакыр.



Сфалерит установлен в ассоциации с минералами меди, среди прожилков малахита. форма зерен ксеноморфная. Отмечается в единичных, редких зернах, в единичных аншлифах до 1%. Размер зерен составляет $<0,01-0,1$ мм. Форма зерен ксеноморфная. Галенит установлен в сростке с халькопиритом и пиритом (рис. 8). Форма зерен ксеноморфная. Размер зерен составляет $0,01-0,05$ мм.

Жозеит установлен в единичных- зернах в виде вкраплений в нерудной массе, также в сростке с гидрооксидами железа (рис. 8). Размер зерен составляет $0,01-0,15$ мм. Форма зерен ксеноморфная.

Теллуrowисмутит установлен в виде вкраплений в нерудной массе (рис. 8). Форма зерен изометричная. Размер зерен составляет $0,02-0,08$ мм.

Пирит установлен в виде реликтов среди гидрооксидов железа, также тонких включений в нерудных минералах. Замещается гидрооксидами железа по краям. Иногда лишь сохраняется тонкие реликты пирита среди гидрооксидов железа. Размер зерен пирита составляет $<0,01-0,1$ мм.

Гидрооксиды железа установлены в виде прожилков по трещинам пород, скоплений и отдельных вкраплений. Содержание минерала составляет 2-4%. Форма зерен кубическая, фрагменты куба (псевдоморфоза по пириту), ксеноморфная, угловатая. Размер зерен составляет $0,02-0,5$ мм. Часто содержат реликтов пирита, в единичных зернах включения самородного золота. Иногда образует сложные смеси с вторичными минералами меди – ковеллином, халькозином, купритом. Гидрооксиды железа имеют неоднородную окраску под микроскопом, что зависит от степени окисления. Представлены в основном гетитом, реже лимонитом. Лимонит развивается вокруг гетита в виде каемка, охристых скоплений.

Магнетит установлен в виде вкраплений в нерудной массе. Форма зерен изометричная, октаэдрическая. Замещается гематитом (рис. 6).

Гематит установлен от единичных зерен до 3-5%. Развивается по магнетиту, замещая его по краям. Размер зерен гематита достигает $0,8$ мм.

Степень окисления руды в пробах отвалов окисленных руд Алмалыкского ГМК в среднем составляет по железу 46%, по меди 61%. По степени окисления соответствует смешанным рудам.

Заключение

Окисленные руды представлены в различной степени окварцованными, серицитизированными и хлоритизированными магматическими породами, пересеченными в различных направлениях мелкими трещинами, с прожилками и вкраплениями рудных минералов.

Окисленные медные руды месторождения Кальмакыр на 92-95% представлены породообразующими минералами, среди которых резко преобладают кварц, полевые шпаты, реже отмечаются мусковит, хлорит, биотит и др. Акцессорные минералы – магнетит, апатит, циркон, реже ильменит, сфен.

По данным рентгено-дифрактометрического анализа в составе исходных проб окисленных медных руд содержание кварца составляет $40,0-46,7\%$, ортоклаз $15,7-20,3\%$. серицит $8,3-11,4\%$. Также из глинисто-слюдистых минералов отмечается каолинит до $7,8\%$, хлорит $13,1-14,8\%$. Суммарное содержание глинисто-слюдистых минералов составляет $23,5-32,3\%$. Наличие высокой доли слюдистых минералов типа серицита, хлорита может вызвать осложнения при переработке руды, так как эти минералы имеют склонность к ошламованию. Из карбонатных минералов установлен доломит в количестве $2,6-3,1\%$. Из рудных минералов присутствует



пирит до 1,9%, кубанит до 0,6%, бирюза до 0,7%, медь самородная до 0,4%. Также присутствуют бирюза, малахит, псевдомалахит, куприт, биотит, халькостибит, ферритунгстенит, ковеллин, халькозин, молибденит.

Список использованных литературы:

- [1]. Постановление Президента Республики Узбекистан. № ПП-4731 О дополнительных мерах по расширению производства цветных и драгоценных металлов на базе месторождений АО «Алмалыкский ГМК». г. Ташкент, 26 мая 2020 г.
- [2]. Elchiyeva M.D., Xoliqulov D.B., Boltayev O.N. "Olmalik KMK" AJ sharoitida oksidlangan mis rudalarini qayta ishlash imkoniyatlari // International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences. 2024. №1.
- [3]. Санакулов К.С. Перспективы переработки окисленных медных руд месторождения Кальмакыр. Горный вестник Узбекистана, №3. 2009. стр.47-50.
- [4]. Холикулов Д.Б., Бекбутаев А.Н., Ниязметов Б.Е., Нормуротов Р.И. Переработка окисленных медных руд месторождения Кальмакыр. Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований: труды V Конгресса с международным участием и конференции молодых ученых «ТЕХНОГЕН-2021». – Екатеринбург: УрО РАН, 2021 – 420 с. С. 132-135.
- [5]. Холикулов Д.Б., Ниязметов Б.Е., Бекбутаев А.Н., Гайратов Б.Г. Исследование по извлечению меди из окисленных руд АО «Алмалыкский ГМК» агитационным сернокислотным выщелачиванием. // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Холикулов Д.Б. [и др.]. 2022. 1(94). С. 46-51.
- [6]. Холикулов, Д.Б., Самандаров, И.Р. Подготовка технологической пробы окисленных медных руд месторождений Кальмакыр к лабораторным испытаниям // ORIENSS. 2024. №6.
- [7]. Рябкин В.К. Отбор технологических проб при геологоразведочных работах на рудные полезные ископаемые. ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М.Федоровского». Москва, 2014. -29 с.
- [8]. Холикулов Д.Б., Нормуротов Р.И., Ахтамов Ф.Э. Исследования по извлечению цветных металлов ионной флотацией из сбросных растворов. Горный вестник Узбекистана, 2016, № 2, с. 68-70.
- [9]. ГОСТ 6613-86. Группа В76. Межгосударственный стандарт сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. МКС 77.140.65. ОКСТУ 1997. Дата введения 1988-01-01. <https://docs.cntd.ru/document/1200004296>
- [10]. Козин В. З. Закономерности раскрытия минеральных фаз и формы их представления и использования // Материалы междунар. совещания «Плаксинские чтения-2010». — Казань — Москва, 2010. С. 117–120.
- [11]. Мокроусов В.А., Лилеев В. А. Радиометрическое обогащение нерадиоактивных руд. — М.: Недра,
- [12]. Мартынова, Н. Н. Шлиховой метод поисков. Минералогический анализ шлихов и проб-протокочек: учебное пособие / Н. Н. Мартынова. — Томск: ТПУ, 2015. — 179 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/82852> 1979.
- [13]. Храмов А. Н. Алгоритм исследования раскрываемости ценных компонентов и его технологические возможности применения при измельчении руд // Вестник ЧитГУ. 2012. № 2 (81). С. 36–41.