

ХИМИЧЕСКИЙ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУДЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО УЧАСТКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОЗЫМЧАК

Дуйшонбаев Н. П., Ногаева К.А.

ИГД и ГТ, Бишкек, Кыргызстан, ekr.info@gmail.com

Аннотация: В статье даны результаты исследований химического и минералогического состава изучаемой руды, дана характеристика основным минералам.

Ключевые слова: мышьяк, цинк, рудные минерализации, железа, сера, медь, гранат.

CHEMICAL AND MINERAL COMPOSITION OF ORE CENTRAL SECTION OF THE BOZYMCHAK FIELD

Dujshabaev N.P., Nogayeva K.A.

Institute of mining and mining technologies named after, Bishkek, Kyrgyzstan

Abstract: The article presents the results of studies of chemical and mineralogical composition of the studied ore, as well as characteristic of main minerals.

Key words: arsenic, zinc, ore mineralization, iron, sulfur, copper, garnet.

Химический состав пробы руды установлен с применением оптического спектрального, количественного рентгенофлуоресцентного и фазового атомно-абсорбционного методов анализа. Содержание золота и серебра определяли методом пробирной плавки и по балансу технологических опытов.

Результаты спектрального анализа пробы руды

Таблица 1

Элементы	Массовая доля, %	Элементы	Массовая доля, %
Si	20	Cu	0,5
Al	0,8	Pb	0,005
Mg	0,8	Sb	0,003
Ca	20	As	0,03
Fe	5	Gr	0,002
Na	0,1	Bi	0,001
K	н/о	Zn	0,02
Mn	0,03	Sn	н/о
Ni	0,0015	Be	н/о
Co	0,0005	Ga	н/о
Ti	0,01	La	н/о
V	н/о	Y	н/о
Cr	н/о	Yb	н/о
W	н/о	Ba	н/о
Mo	<0,001	Zr	н/о
Zr	0,006	Li	н/о
Hf	н/о	B	0,2

Данные табл.1 свидетельствуют, что основная масса пробы состоит из кремния, кальция и железа. Из цветных металлов в заметном количестве (0,5%) присутствует только медь. В первых сотых долях процента регистрируются мышьяк и цинк. Химическим анализом установлено (таблица 2), что проба на 90% состоит из литофильных компонентов. Из них по массе преобладают оксид кремния и оксид кальция. Их суммарная доля составляет 84,7%. Рудные элементы представлены железом, серой и медью. По массе значительно преобладает железо, которое на 96% находится в оксидной форме. Доля железа в сульфидной форме составляет 0,37 %. Сера, практически вся, присутствует в

сульфидной форме. В пробе фиксируется значительное количество углеродной составляющей, которая представлена двуоксидом углерода в карбонатной форме.

Основными полезными компонентами пробы руды, при содержании 1,58 г/т и 0,52-0,7% являются золото и медь. Серебро относится к попутно извлекаемым компонентам. По массовой доле меди в пробе руды она может быть классифицирована как бедная, по характеру нахождения рудной минерализации – вкрапленная, требующая обогащения.

Химический состав пробы руды

Таблица 2

Компоненты	Массовая доля, %	Компоненты	Массовая доля, %
SiO ₂	51,0	S _{общ.}	0,57
Al ₂ O ₃	1,0	S _{окисл.}	<0,1
TiO ₂	0,058	S _{сульфид..}	0,57
CaO	33,7	As	0,01
MgO	1,03	Zn	0,011
MnO	0,21	Cu	0,52 (0,7)*
Na ₂ O	0,12	Pb	<0,001
K ₂ O	0,009	Sb	0,003
P ₂ O ₅	0,074	CO ₂ карбон.	3,10
Fe _{общ.}	5,60	C орг.	0,06
Fe _{окисл.}	5,23	Au, г/т	1,58 (1,64)*
Fe _{сульф.}	0,37	Ag, г/т	12,1

Минеральный состав руды устанавливали с применением рентгеноструктурного анализа, микроскопического изучения аншлифов и шлифов, количественного минералогического анализа исходной дробленой руды и тяжелой фракции, полученной гравитационным методом из больше объемной навески [1]. По данным рентгеноструктурного анализа, основными минералами, слагающими пробу руды, являются (по мере убывания) волластонит, гранат (андрадит), диопсид, кальцит и кварц.

Количественный минералогический анализ выполняли на дробленой руде крупностью минус 2,0 мм. При проведении анализа использовали метод селективного растворения гидроксидных образований железа в щавелевой кислоте, а карбонатов – в уксусной. Полученные нерастворимые остатки классифицировали по крупности на 7 классов (от класса +1,0 мм до класса минус 0,05 мм). Каждый класс фракционировали в тяжелой жидкости (бромформ, плотность 2,9 г/см³). Тяжелые фракции были подвергнуты магнитной и электромагнитной сепарации. Все конечные фракции просматривались под бинокулярным микроскопом.

Результаты изучения минерального состава пробы руды, скорректированные с данными химического анализа и микроскопических исследований, приведены в табл. 3. Установлено, что проба руды на 40% состоит из волластонита. Примерно ¼ массы пробы приходится на гранат. Присутствует две разновидности граната – андрадит и альмандин. Вторая разновидность наблюдается в резко подчиненном количестве. Карбонаты представлены кальцитом, который развит в основной массе пород, а также тесно ассоциирует с гематитовыми образованиями.

Сульфиды, суммарная массовая доля которых находится на уровне 1,5%, представлены, главным образом, халькопиритом. Из других сульфидов меди регистрируется халькозин, количество которого составляет порядка 0,2 -0,3%. Борнит и ковеллин диагностированы в аншлифах. Суммарная доля сульфидов железа - пирита и марказита, небольшая и не превышает 0,1%. Пирит встречен в аншлифах и в дробленой руде, а марказит определен в аншлифах. Такие минералы, как галенит и сфалерит встречены в единичных зернах в гравеоконцентрате. Из вторичных образований железа фиксируются гидроксиды железа и гематит.

Минеральный состав пробы руды

Таблица 3

Минералы, группы минералов	Массовая доля, %
Кварц	12,0
Полевые шпаты	3,0
Карбонаты	8,3
Волластонит	40,0
Гранат (андрадит, альмандин)	24,0
Пироксены (диопсид)	10,0
Биотит	Редкие зерна
Халькопирит	1,1
Халькозин	0,3
Борнит	Редкие зерна
Ковеллин	Редкие зерна
Пирит, марказит	0,1
Галенит, сфалерит	Единичные зерна
Гидроксиды железа	1,0
Гематит	0,2
Окисленные минералы марганца	Единичные зерна
Магнетит	Редкие зерна
Графит	Единичные зерна
Итого	100,0

При исследовании аншлифов выявлено, что рудная минерализация носит наложенный характер. Основная микроструктура нахождения рудных минералов - интерстициональная. Форма зерен определяется конфигурацией заполняемого межзернового пространства между породообразующими минералами. Иногда сульфиды меди, главным образом халькопирит, отлагаются по границам сростаний минералов [2].

Халькопирит. В количественном отношении данный сульфид меди преобладает. Размер вкрапленных зерен халькопирита изменяется от 3-5 до 0,05-0,07 мм. Он присутствует в виде обособленных выделений, а также тесно ассоциирует с халькозином. По отношению к халькозину халькопирит является более ранним минералом. Он замещается халькозином с образованием аллотриаморфнозернистых микроструктур. Соотношение халькопирита и халькозина в отдельных зернах переменное: иногда преобладает халькозин, но чаще - халькопирит.

Кроме заполнения интерстиций, халькопирит отлагается в виде микропрожилков, а также сплошных или цепочечных выделений вдоль границ сростания минералов, главным образом, волластонита.

При окислении халькопирит замещается гематитом, который образует ореолы вишнево-красного цвета вокруг зерен халькопирита. Глубина проработки разная. При интенсивном процессе гематитизации сам сульфид меди остается в тонких реликтовых остатках. В сростании с халькопиритом присутствуют мелкие и тонкие зерна и кристаллы пирита. Они могут располагаться в центральных участках зерна халькопирита или также оставаться в виде реликтов в гематитовых массах.

В дробленной руде халькопирит находится в виде свободных зерен и сростков с другими породообразующими минералами, главным образом, волластонитом. Основная масса свободных зерен халькопирита наблюдалась в классах крупности минус 0,07 мм. Характер ассоциации сульфида меди с волластонитом (выделения по спайности последнего) будет затруднять освобождение халькопирита при измельчении.

Халькозин - доля халькозина в пробе руды небольшая и находится в пределах 0,2 – 0,3%. При исследовании аншлифов установлено, что халькозин в руде присутствует в виде вкрапленников, линзовидных и гнездовых выделений. Вкрапленная минерализация имеет интерстициональную микроструктуру, размер зерен варьирует от десятых долей миллиметра до сотых и тысячных. Линзовидные образования приурочены к микротрещинам и границам сростаний породообразующих минералов.

Их мощность составляет 2-3 мм, а протяженность – 1-1,5 см. Халькозин тесно ассоциирует с халькопиритом и борнитом. По нему широко развиты процессы замещения ковеллином. Характер замещения может быть площадной, периферийный и нитевидный по микротрещинам с различной глубиной проработки зерна. Характерно, что зерна халькозина могут быть микроскопически чистыми или иметь мирмекитовую структуру распада твердого раствора халькозина и борнита с выделением пластинок борнита.

В дробленной руде минерал наблюдается в угловатых обломочках темно – серого и черного цвета (пленка ковеллина), часто с синеватой побежалостью.

В зернах халькозина наблюдаются обильные включения самородного серебра размером от 2-3 мкм до 5х15 мкм. Это могут быть единичные точечные выделения, скопления 3-4 частиц. Распределение по площади зерна весьма неравномерное. Частицы самородного серебра фиксируются и на границе срастания халькозина с пороодообразующими минералами. Форма их округлая, таблитчатая, неправильная. Значительно реже в халькозине фиксируются выделения самородного золота, приуроченные к микротрещинам. Размер золотинок 2-5 мкм.

Сульфиды железа - в пробе руды представлены пиритом и марказитом. Суммарная масса сульфидов железа небольшая и не превышает 0,1%. Пирит тесно ассоциирует с халькопиритом, образуя сростки. Марказит развит в гипергенно измененных породах в виде скоплений игольчатых и пикообразных зерен.

Волластонит - присутствует в срастании с пороодообразующими и рудными минералами, а также в виде свободных зерен. Цвет минерала белый, форма нахождения - таблитчатые, призматические кристаллы и зерна, лучисто-шестоватые агрегаты. По данным рентгеноструктурного анализа в пробе, в небольшом количестве, присутствует и параволластонит. В отдельных кристаллах по спайности минерала отмечаются сростки халькопирита.

Гранаты - наблюдаются в остроугольных обломках и кристалликах зеленовато - желтого цвета.

Кроме ассоциации с минералами меди, главным образом халькозином, тонкие вкрапления самородного серебра развиты и в пороодообразующих минералах. Форма нахождения и размеры аналогичны таковым в халькозине – округлые, пластинчатые, таблитчатые и неправильной формы частицы. С целью определения в пробе руды окисленных минералов меди, дробленную руду обработали 10% уксусной кислотой для растворения карбонатов, в том числе и медьсодержащих. Аликвот после растворения был подвергнут атомно-абсорбционному анализу на медь, результаты пересчитаны на исходную руду. Установлено, что массовая доля оксидной меди в пробе руды составляет порядка 0,002%.

Таким образом руда центрального участка является - бедной тонкокрапленой, содержащей серебряную минерализацию. Основными полезными компонентами руды являются золото (содержание 1,58 -1,64 г/т) и медь (массовая доля 0,52-0,7 %). Серебро не имеет промышленного содержания и относится к попутно извлекаемым компонентам. Из пороодообразующих минералов по массе преобладают волластонит и гранат. По количеству сульфидов (1,5%) руда характеризуется, как убогосульфидная. Сульфидные минералы представлены медьсодержащими, которые преобладают по массе, и сульфидами железа – пиритом и марказитом. Среди сульфидов меди выделяются первичные и вторичные. Основную массу составляют халькопирит халькозин. Борнит и ковеллин наблюдаются в подчиненном количестве. Для обогащения данной руды потребуются не традиционная схема обогащения предварительная фреш флотация размеров крупных частиц до 0,5 мм и традиционное флотационное обогащение.

Использованная литература

1. Методы минералогических исследований / Под ред. А.И.Гинзбурга: Справочник. – М.: Недра, 1985. – 476 с.
2. Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследования. Справочник. – М.: Недра, 1990. – 264 с.