

Кабаев О.Д. Ногаева Г.А. Байкелова Г.Ш.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ

O.D. Kabaev, G.A. Nogaeva, G.Sh. Baykelova

COMPOSITION AND CHARACTERISTICS OF MAJOR MINERALS IRON

УДК: 669.85/86.

Даны результаты исследований содержания различных форм железа и связанных с ним компонентов в хвостах Актюзской обогатительной фабрики. С целью изучения хвостов, как источников природно-легированных материалов, произведен минералогический анализ железосодержащих соединений различных типов руд и дан вещественный состав.

The results of testing over concentration of different forms of iron and related with it components in tail storages of Aktuzskiy concentrating factory were performed. The mineralogical analysis over iron-containing combinations of different types of minerals was done with objective to investigate tail storages as sources of natural-alloyed materials. Also corporeal structure of tail storages was described.

Хвосты флотационного обогащения Актюзской обогатительной фабрики накоплены в хвостохранилищах №1, №2, №3 и №4 в количествах, которые позволяют их рассматривать как техногенные месторождения. Помимо ресурсной ценности как источников редких, редкоземельных элементов [1], они являются также источником природно-легированных магнетита, гематита, используемых в порошковой металлургии. Результаты исследований пробвзятых из хвостохранилищ показали что, железо содержится в хвостах в различных формах (табл.1)

Таблица 1.

Содержание различных форм железа и связанных с ним компонентов в хвостах Актюзской обогатительной фабрики

№	Технол. пробы компоненты	№1	№2	№3	№4	среднее
1.	Fe общее	7,73	5,77	5,04	5,10	5,91
2.	Fe рудное	4,53	3,15	3,34	2,86	3,47
3.	Fe ₂ O ₃	3,21	3,96	2,02	1,62	2,71
4.	FeO	7,06	3,87	4,68	5,11	5,18
5.	Fe сульфидное	0,16	0,07	0,08	0,11	0,11
6.	Fe силикатное	3,25	2,61	1,51	2,07	2,38
7.	Fe магнитное	1,50	0,61	0,80	0,79	0,93

Как видно из таблицы хвостохранилище №1 содержит различные формы железа в больших количествах по сравнению с остальными.

С целью дальнейшего изучения был проведен минералогический анализ руд и хвостов на железосо-

держащие соединения. Результаты приведены в таблице 2.

По данным таблицы в хвостах количество железосодержащих минералов выше чем в рудах. Для оценки попутного извлечения природно-легированных магнетита, гематита, гидрогетита, пирита, сидерит были изучены вышеназванные минералы:

Магнетит - FeFe₂O₄ относится к числу весьма распространенных минералов. Встречается во всех типах руд и в качестве акцессорного минерала в гранофирах.

Акцессорный магнетит представлен мелкими октаэдрическими кристаллами, неравномерно рассеянными в гранофире. Часто он приурочивается в виде точечных вкраплений в хлоритизированном биотите или серицитизированном микроклин-пертите. Размеры его зерен варьируют в пределах от 0,005 до 0,5 мм. Количество данного магнетита не превышает 0,1% от общей массы породы. На месторождение широко распространены магнетиты, явно связанные с постмагматическими процессами и встречающиеся в различных типах руд. Выделяются три его генерации:

Магнетит первой генерации наблюдается в кварц-серицит-хлоритовых рудах. Он часто представлен мелкими вкрапленниками неправильной формы, приуроченными к хлоритовым и кварцевым образованиям. Здесь выделяются три разновидности магнетита: а) тонкозернистые выделения магнетита, образующего точечную рассеянную вкрапленность, размером от 0,0003 до 0,05мм. Количество его составляет до 20-25%; б) мелкозернистый магнетит, образующий сплошные скопления землистого вида; в) крупнокристаллический магнетит, размером более 1,0 мм. Иногда он образует сплошные выделения, размером до 10мм и более. Количество последних двух разновидностей составляет 75-80%.

Вторая генерация представлена мелкими зернами неправильной формы, образующими тонкие прожилки и гнездообразные выделения в кварц-хлорит-биотитовых метасоматитах. Магнетит в них встречается в тесном парагенезисе с биотитом и хлоритом.

Таблица 2

Минералы	Магнетит	гематит	гидрогетит	пирит	сидерит	Всего
Типы руд						
Слабо измененные Гранофиры	0,99	2,7	2,97	0,93	0,18	7,77
Кварц-серицит-Хлоритовый	0,88	2,38	1,60	1,21	0,31	6,38
Руды типа Силекситов	0,82	0,40	0,003	0,36	0,013	1,60
Кварц-хлорит-биотитовый (роговики)	0,51	4,27	0,53	1,11	0,56	6,98
Кварц- хлорит-мусковитовый	0,65	2,51	1,26	2,82	0,53	7,77
Руды типа гидротермально-измененных зеленых амфиболовых и брекчированных сланцев	0,58	2,43	0,51	0,79	0,38	4,69
«Хвосты»Актюзской обогатительной Фабрики	1,02 *	3,3	2,40	1,48	0,05	8,25
Среднее по месторождению	0,79	2,57	1,33	1,24	0,29	6,21

Третья генерация магнетита наблюдается в участках интенсивного скварцевания. Магнетит встречается в тесной ассоциации с пиритом. Кроме того, отмечаются интенсивные замещения пирита магнетитом с образованием раскрошенной структуры. В отраженном свете магнетит представлен зернами неправильной формы и различных размеров. Иногда он наблюдается в виде тонких прожилков, проходящих параллельно друг другу, образующих полосчатую текстуру. В отдельных аншлифах наблюдается замещение магнетита гематитом (мартит) и магнетитом. Отражательная способность магнетита невысокая (немного больше, чем у сфалерита) с характерным коричневым оттенком. В участках замещения магнетитом цвет светло-серый с голубоватым оттенком. Рельеф высокий. Изотропен. Ассоциируется с гематитом, пиритом, хлоритом, кварцем, биотитом и реже серицитом.

Рентгенометрическое изучение показало, что кутессайский магнетит имеет несколько большие параметры элементарной ячейки (среднее из 9 определений: $a_0 = 8,396$, точность $\pm 0,001$), по сравнению с эталонными (В.И. Михеев, 1957).

Химическими анализами установлено содержание Nb_2O_5 - до 0,02%, TiO_2 - до 0,2%, германия - до 0,0005% и Ta_2O_5 - до 0,0049%. Полуколичественным спектральным анализом в магнетите установлены: марганец, медь, свинец, титан, висмут, цинк - до 0,5%; хром, цирконий, вольфрам, ниобий, олово, иттрий - до 0,09%; никель, кобальт, ванадий, молибден, кадмий, германий, галлий, иттербий и бериллий - до 0,003%. Химическое и спектральное исследование магнетитового порошка и детали, изготовленные из него, обнаружило содержание таллия и марганца - до 0,2%, хрома, никеля, циркония, меди, олова, свинца и иттрия - до 0,07%; кобальта, ванадия, ниобия, германия, лития и бериллия - до 0,004%.

Среднее содержание железосодержащих минералов в различных типах руд и в хвостах

Таким образом, по нашему мнению, магнетиты и гематиты месторождения Кутессай II легированы титаном, марганцем, таллием, никелем, хромом, цирконием, медью, оловом, иттрием, ниобием и бериллием.

Изучение цементированных аншлифов, изготовленных из магнетитового порошка, показало, что они состоят из магнетита (до 50%), гематита (до 30%), железной дробы шаровой мельницы (до 10-15%) и незначительного количества других минералов! Выделение магнетита, по-видимому, происходило на продолжении всего процесса формирования месторождения. Максимальное количество его связано с формированием измененных гранофилов, кварц-хлорит-мусковитового, кварц-хлорит-биотитового и кварц-серицит-хлоритового типов руд.

Гематит - Fe_2O_3 встречается в ассоциации с магнетитом, часто замещая последний. В незначительном количестве наблюдается и самостоятельные выделения гематита, в основном, приуроченные к гидротерминально-измененным зеленым амфиболовым и брекчированным сланцам. Среднее содержание его на месторождении составляет 2,57%. Гематит образует обычно отдельные вкрапленники, пластинки

и игольчатые образования, а также образует тонкие прожилочки. Характеризуется высокой отражательной способностью с красными внутренними рефлексами. Рельеф высокий. На месторождении выделяются 2 генерации гематита: нервная образует самостоятельные выделения в гидротерминально-измененных и брекчированных сланцах: вторая генерация встречается в ассоциации с магнетитом, халькопиритом, галенитом и др.

Химическими анализами в нем установлены Nb_2O_5 - до 0,025% TiO_2 - до 0,2% и германий - до 0,0006%. Полуколичественный спектральный анализ обнаружил содержание свинца - до 1%; меди, висмута, цинка - до 0,4%; серебра, олова и марганца - до 0,09%; никеля, кобальта, ванадия, вольфрама, циркония, кадмия, галлия, иттрия и бериллия - до 0,007%.

Самостоятельные выделения гематита, очевидно, образовались на ранних этапах формирования месторождения. Вторая генерация гематита тесно ассоциируется с магнетитом, пиритом, галенитом и иттропаризитом. Он часто замещает магнетит и корродируется галенитом. На этом основании можно считать, что его выделение происходило после магнетита, но до образования галенита.

Гидрогетит - $HFeO_2$ имеет широкое распространение на месторождении. Встречается в виде отдельных неправильных зерен, небольших включений и охристых образований бурого цвета. Гидрогетит образует псевдоморфозы замещения по гематиту и пириту. Замещение, как правило, происходит в краевых зонах и по трещинкам проникает в центральные части зерна. Вследствие этого иногда наблюдается прекрасно выраженная петельчатая структура. Гидрогетит преимущественно развит на верхних горизонтах месторождения. Здесь его содержания составляют более 2%. Среднее содержание гидрогетита на месторождении составляет 1,33%.

Полуколичественный спектральный анализ установил марганец и титан - до 0,2% ; никель, хром, цирконий, медь, свинец, цинк, олово, лантан и иттрий - до 0,05%; кобальт, ванадий, молибден, вольфрам, галлий и иттербий - до 0,003%. По составу элементов-примесей гидрогетит идентичен гематиту.

Пирит - FeS_2 относится к группе наиболее распространенных минералов. Среднее его содержание на месторождении составляет 1,24%. Наибольшим распространением он пользуется в кварц-хлорит-мусковитовом метасоматите (2,82%). Основная масса пирита наблюдается в виде мелкой рассеянной вкрапленности и тонких прожилков. Значительно реже пирит представлен крупными выделениями в парагенезисе с магнетитом, гематитом, халькопиритом, сфалеритом и галенитом. В них зерна пирита корродируются последними с образованием скелетных форм выделений. Пирит встречается в виде хорошо образованных кубических кристаллов и реже **Пентагон** - додекаэдрических. Размеры кристаллов обычно варьируют от 0,1 мм до 1-2 см. В крупных кристаллах наблюдается дробление и цементация обломков пирита магнетитом, гематитом, сфалеритом и галенитом. Из этого делается вывод, что пирит

является наиболее ранним минералом из группы сульфидов.

Сидерит - $FeCO_3$ является редким минералом на месторождении. Он в основном наблюдается в виде тонких прожилков в зеленых амфиболовых сланцах и реже отдельных вкрапленностей неправильной формы в полиметаллических рудах. Очень редко сидерит встречается в отдельных линзовидных образованиях, где он представлен ромбоэдрическими кристаллами. Сидерит встречается в виде мелкозернистых агрегатов желтовато-коричневого цвета. Спайность совершенная по ромбоэдру. Основная масса сидерита выделилась в период образования полиметаллической минерализации. Среднее его содержание на месторождении составляет 0,29%.

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1. На месторождении Кутесай II выделяются 6 основных природных типов руд:

- слабо измененные гранофиры;
- кварц-серицит-хлоритовый;
- руды типа силекситов;
- кварц-хлорит-биотитовый;
- кварц-хлорит-мусковитовый;
- руды типа гидротерминально-измененных

зеленых амфиболовых и брекчированных сланцев.

2. «Хвосты» Актюзской обогатительной фабрики содержат повышенные количества ксенотима, магнетита, гематита и гидрогетита. Поэтому их необходимо выделить в самостоятельный сорт руд и утилизировать для извлечения редкоземельных элементов и природно-легированных-магнетита, гемматита и гидрогетита.

3. На месторождении Кутесай II основными железосодержащими минералами являются: магнетит, гематит и гидрогетит.

Наибольшее количество последних содержится в «хвостах», слабо измененных гранофирах, кварц-хлорит-мусковитовых, кварц-хлорит-биотитовых и кварц-серицит-хлоритовых типах руд.

4. Магнетит, нематит и ломонит легированы титаном, марганцем, титаном, никелем, хромом, цирконием, медью, оловом, иттрием и возможно, ниобием и бериллием.

Литература:

1. Зеликман А.Н. Metallургия редких металов. М: Metallургиздат, 1980.
2. Минералогия руд и продуктов обогащения. М.В. Дорошенко, Т.В. Башлыкова Москва, Изд-во «Учеба», 2005.

Реценцент: к.хим.н. Акматова М.Р.