

Методика

КР ҰҒА-ның Ҳабарлары. Геологиялық сериясы. Известия НАН РК.
Серия геологическая. 2007. №3. С. 73–76

УДК 533.4:622.7.017

К. Р. ПЛЕХОВА¹, В. Ф. МИТИНА², И. А. ПЕТРОВ³

О РОЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛОГИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕСТИРОВАНИЯ НА ОБОГАТИМОСТЬ НА ПРИМЕРЕ РУДЫ ШОРСКОГО МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Шығыс Қазақстандағы Шор кенорын қарастыруда минералогиялық зерттеу сынамасының өдістемесі арқылы байыту туралы тестер өткізілді, мысалы мыс-мolibден кені. Осы ұсынған өдістеме мүмкін басқа сынақ байытқыш кеніне ұқсас, сондай-ақ бірінеше минералды рудалардың жынытығы.

На примере руды медно-молибденового Шорского месторождения в Восточном Казахстане рассматривается методика минералогического изучения пробы при проведении тестирования на обогатимость. Предлагаемые методические рекомендации могут быть использованы при проведении испытаний на обогатимость руд других месторождений подобного типа, а также руд с несколько иным набором рудных минералов.

Procedure of mineralogical study of a sample when testing enrichment ability is considered by the example of the Shorskoye copper-molibdenum deposit in Eastern Kazakhstan. Recommendations proposed can be also used when testing ore enrichment ability at other similar deposits and ores with different set of ore minerals.

Известно, что «судьба многих месторождений находится в руках минералогов и технологов» [1] и от их совместной плодотворной работы зависит успех в разработке экономичных и эффективных схем обогащения в условиях снижения качества минерального сырья. Вопрос «быть или не быть?» предполагает тщательное изучение вещественного состава сырья с привлечением современных оптико-физико-химических методов исследования.

Существуют традиционные методы изучения вещественного состава проб, но каждый конкретный случай требует своего индивидуального подхода. Определяется это многими факторами, а именно текстурно-структурными особенностями руды, набором и характером полезных минералов, их свойствами, гранулометрическим составом, взаимоотношениями между минералами и т.д.

Объектом исследования были пробы медно-молибденовой руды рудопроявления «Шорское». Рудопроявление находится в Семипалатинской области и изначально было выявлено на золото-перспективном участке Кишкен [2]. В 1997 году

участок рудопроявления выделен в самостоятельный объект и получил название «Шорское медно-молибденовое рудопроявление» с прогнозными ресурсами свыше одного миллиона тонн по молибдену, 300 тыс. тонн по меди и столько же по рению. Оруденение связано с дайками и инъекциями массива плагиогранитов саурского комплекса. Вмещающие породы представлены осадочными и вулканогенно-осадочными породами с известковистыми прослоями. Последние скарнированы и содержат редкую вкрапленность шеелита. Под микроскопом штуфной материал проб представлен кремнисто-серicit-биотитовыми сланцами с кварцевыми, кварц-полевошпатовыми, мусковит-хлорит-кварцевыми прожилками мощностью до 4-5 см и прожилками рудных минералов – пирита и халькопирита. Медно-молибденовая минерализация приурочена в основном к кварцодержащим прожилкам.

Минеральный состав пробы изучался оптико-минералогическими методами (в шлифах прозрачных и полированных, искусственных полированных брикетах и иммерсионных жидкостях) с

¹ Казахстан. 050010. г. Алматы, Кабанбай батыра. 69а, Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева.

^{2,3} Казахстан. 050035. г. Алматы, Джандосова 67, ДГП ГНПОПЭ «Казмеханобр»

привлечением полукачественного рентгенофазового, электронно-зондового, спектрального, катодно-люминесцентного и химического анализов.

Ниже приведена характеристика основных промышленно-ценных и рудных минералов пробы.

Молибденит – основной промышленно-ценный минерал данного месторождения. В сульфидной медно-молибденовой руде выделяется три его генерации: крупночешуйчатый, тонкочешуйчатый и спутанно-волокнистый. Две последние разновидности преобладают.

В основном, молибденит присутствует в виде тонких оторочек идиоморфных пластинчатых кристаллов у зальбандов кварцевых жил, а также в виде нитевидных прожилков и спутанно-волокнистых агрегатов, нередко вместе с пиритом.

Халькопирит – второй по значению полезный минерал. Содержание его в средней исходной руде невелико. Образует халькопирит преимущественно тонкую и мелкую вкрапленность (0,007–0,03–0,1 мм) ксеноморфных зерен среди слюд, карбоната и измененного метаморфически полевого шпата (альбита). Изредка наблюдаются вкрапленники халькопирита в срастании с молибденитом или пирротином. Среди кварца редко отмечаются дисперсные (0,003–0,007 мм) или волосовидные выделения халькопирита, как бы цементирующие отдельные зерна кварца в агрегат.

Пирит – сопутствующий минерал, содержание которого в 8–10 раз превышает содержание полезных минералов.

Отмечается пирит в виде идиоморфных кубических кристаллов и кристаллически-зернистых агрегатов размером от десятых долей мм до нескольких мм. Среди кристаллов пирита нередки пойкилитовые выделения халькопирита, реже пирротина размером 0,02–0,03 мм. Пирит редко образует с полезными сульфидными минералами структуры совместного взаимосрастания.

Из сульфидных минералов отмечаются также пирротин и марказит.

На первом этапе изучения пробы руды решены вопросы о составе, структурно-текстурных особенностях – размере, форме, взаимоотношении

рудных и породообразующих минералов, диагностике отдельных минералов и т. д. Качественно-количественный состав средней пробы определен оптико-минералогическими методами в иммерсионных жидкостях и скорректирован с учетом данных рентгенофазового и химического анализов. На этом материале, рассеянном на восемь классов крупности, изготовлены полированные брикеты и дана характеристика по классам крупности зерен, соотношения свободных зерен и сростков молибденита, халькопирита, пирита и пирротина. Отмечено, что молибденит и халькопирит, находясь в сростках с породообразующими минералами, практически не образуют сложных структур взаимного прорастания с другими сульфидными минералами. Это является положительным фактором при селекции коллективного концентрата. Минералы, точность диагностики которых вызывала некоторые сомнения, определялись методом микрорентгеноспектрального анализа на электронно-зондовом микроанализаторе марки Superprobe 733 (Япония) с энергодисперсионным спектрометром INCA ENERGY фирмы Oxford Instruments (Англия) (аналитики кандидаты геол.-мин. наук Института геологии им. К. И. Сатпаева Г. К. Бекенова и В. Л. Левин).

Минеральный состав породообразующих минералов (в порядке убывания) следующий: метаморфически измененный полевой шпат (серцицитизированный и пелитизированный), кварц, слюда, карбонат, хлорит. Рудные минералы, тонко вкрапленные в полевых шпатах и кварце составляют около 2 %.

Минеральный состав исходной пробы приведен в таблице 1.

Важной, трудоемкой и довольно сложной задачей второго этапа исследований является оперативный минералогический контроль по оценке продуктов обогащения, полученных при проведении тестирования на обогатимость, начиная с определения измельчаемости руды и кончая характеристикой конечных продуктов селекции коллективного концентрата.

Таблица 1. Минеральный состав технологической пробы

Продукт	Минеральный состав, мас. %										
	Пирит	Халькопирит	Молибденит	Пирротин	Полевой шпат	Кварц	Слюдя	Карбонат	Хлорит	Прочие	Всего
Средняя пробы	3,5	0,5	0,3	0,1	58-60	14-16	13-15	5-7	1-3	<1	100,0

Таблица 2. Раскрытие минеральных зерен исходной руды в зависимости от тонины помола

Минералы	Содержание минеральных зерен, %					
	50 % класса -150 мкм	60 % класса -150 мкм	75 % класса -150 мкм	80 % класса -150 мкм	90 % класса -150 мкм	100 % класса -150 мкм
Молибденит – свободный	50 % преоблад. размер – 30-50 мкм	55 % преоблад. размер – 20-40 мкм	65 % преоблад. размер – 20-70 мкм	70 % преоблад. размер – 30-50 мкм	85 % преоблад. размер – 20-30 мкм	90 % преоблад. размер – 10-30 мкм
Сростки молибденита с кварцем	50 % преоблад. размер – 40-70-100 мкм	45 % преоблад. размер – 40-70 мкм	35 % преоблад. размер – 60-140 – мкм	30 % преоблад. размер – 50-100 мкм	15 % преоблад. размер – 50-70 мкм	10 % преоблад. размер – 70-100 мкм
Халькопирит – свободный	20 % преоблад. размер – 20-40 мкм	30 % преоблад. размер – 20-50-70 мкм	60 % преоблад. размер – 20-60 мкм	65 % преоблад. размер – 30-60 мкм	80 % преоблад. размер – 7-70 мкм	85 % преоблад. размер – 7-20-70 мкм
Сростки халькопирита с породой	80% преоблад. размер – 50-140-600 мкм	70% преоблад. размер – 70-140-300 мкм	40% преоблад. размер – 100-200 мкм	35% преоблад. размер – 70-100 мкм	20% преоблад. размер – 60-100 мкм	15% преоблад. размер – 100-200 мкм

При определении оптимальной степени измельчаемости руды задача минералога заключалась в оценке степени раскрытия полезных минералов при различной тонине помола – от 50 % до 100 % класса минус 0,15 мм, определении крупности зерен и характера сростков. Результаты по изучению раскрытия минеральных зерен приведены в таблице 2.

Установлено, что при грубом измельчении 50 % класса минус 0,15 мм молибденит и халькопирит соответственно на 50 и 80 % находятся в сростках с породообразующими минералами, а относительно полное их раскрытие наблюдается при тонине помола 98 % класса минус 0,15 мм.

При проведении опытов коллективной флотации минералогом в полированных брикетах оперативно оценивались концентраты основной, контрольной флотации и хвосты обогащения на предмет характера сростков, что позволило исследователям до получения результатов химического

анализа оценить полученные продукты и скорректировать режим проведения опытов.

С целью определения характера потерь металлов в хвостах флотации при измельчении 80 % минус 0,15 мм проведен гранулометрический анализ хвостов. Результаты представлены в таблице 3.

Согласно приведенным в таблице 3 данным, даже при грубом измельчении наибольшее количество продукта и наибольшие потери металлов наблюдаются в самом тонком классе крупности (минус 0,044 мм). Выход этого класса составляет 40,50 % и в нем сосредоточено 4,77 % молибдена и 8,56 % меди.

Очевидно, что при более тонком измельчении существует опасность переизмельчениярудных минералов и минералов пустой породы, что вызовет значительные трудности в получении концентратов необходимого качества.

Состав коллективного концентрата оценен количественно оптико-минералогическими методами и уточнен в соответствии с данными хими-

Таблица 3. Гранулометрический состав хвостов флотации и распределение металлов

Классы крупности, мкм	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Mo	Cu	Fe	WO ₃	Mo	Cu	Fe	WO ₃
+200	17,3	0,024	0,037	2,35	0,016	2,61	8,40	10,75	7,61
-200+150	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-150+100	15,19	0,019	0,029	2,19	0,021	1,8	5,76	8,80	8,70
-100+74	7,84	0,015	0,027	2,19	0,023	0,72	2,75	4,53	4,89
-74+44	12,13	0,013	0,022	2,00	0,028	1,0	3,53	6,41	9,24
-44+0	40,50	0,019	0,016	3,08	0,039	4,77	8,56	33,0	42,39
Итого	92,27	0,019	0,024	2,60	0,029	10,90	29,00	63,49	72,83

Таблица 4. Минеральный состав коллективного концентрата

Продукт	Пирит	Минеральный состав, мас. %								Итого
		Халько-пирит	Молибденит	Пирротин	Полевой шпат	Кварц	Слюдя	Кальцит	Хлорит	
Mo-Co к-т	37,4	3,8	6,7	2,0	12,7	19,2	8,5	6,3	3,4	100,0

Таблица 5. Минералогический анализ продуктов флотации по схеме с открытым циклом коллективной флотации

Минералы	Содержание минеральных зерен и их размер					
	Mo концентрат		Cu концентрат		Хвосты перефлотации	
	%	размер, мкм	%	размер, мкм	%	размер, мкм
Молибденит						
Молибденит свободный	95	3×20; 7×70 50×140	100	3×30; 7×50	100	3×20 7×20
Молибденит в сростках с кварцем	5	3×30; 0,05; 140	-	-	-	-
Халькопирит						
Халькопирит свободный проебл. разм. -10-40 проебл. разм. - 20-50	100 80	7-40-70 7-100	90	3-50-140	-	-
Халькопирит в сростках с породообразующими	-	-	10	20-50	20	7-30-70
Пирит						
Пирит свободный Пирит в сростках с породообразующими	100 -	50-80 -	100 -	50-100 -	90 10	14-100 40-50

ческого и рентгенофазового анализов. Определен относительный процент содержания минералов в свободной форме и сростках, их характер и размеры зерен.

Минеральный состав концентрата коллективной флотации приведен в таблице 4.

В опытах по полной схеме в замкнутом цикле с получением готового молибденового и медного концентратов основной задачей ставилось определение степени раскрытия зерен полезных минералов с целью определения оптимальной степени доизмельчения. Результаты минералогического анализа продуктов флотации представлены в таблице 5.

Согласно результатам минералогического анализа молибденит в молибденовом концентрате на 95 % находится в свободном виде. Таким образом, можно констатировать, что используемое доизмельчение грубого Mo концентрата до 83 % класса минус 0,044 мм и концентрата контрольной флотации до 85 % класса минус 0,044 мм являются достаточными.

Халькопирит и пирит в хвостах перефлотации на 80 % и 90 % соответственно представлены свободными зернами. Таким образом, доизмельчение

данного продукта перед медной флотацией не требуется. Халькопирит в полученном медном концентрате на 90 % представлен в свободном виде.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что при выполнении подобного рода работ минералог не просто «обслуживает» обогатителя, а является соисполнителем в решении многих возникающих в процессе исследований вопросов. Проведение оперативного минералогического контроля продуктов обогащения в ходе ведения всего технологического процесса значительно сокращает время, необходимое для определения оптимальных параметров передела руды с максимально возможным извлечением полезных компонентов и решении вопроса о возможности комплексного использования руды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург А.И., Кузьмин В.И., Сидоренко Г.А. Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ. М., Недра, 1981, с. 175-193.

2. Асылбеков С.А., Мазуров А.К. Окунев Э.В. и др. «О комплексных региональных геологических исследованиях на территории Семипалатинского испытательного горизонта // Периодический науч.-тех. журнал национального ядерного центра РК. 2000 г., вып.2. Вестник Геофизика и проблемы нерастворения, НЯЦ РК, с. 149-152.