

УДК 662.7

А. Г. Казарян, В. И. Луценко, Э. Г. Амирбекян, А. Г. Акопян

О первичных шламах сульфидных и смешанных руд  
Каджаранского месторождения

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. З. Симоновым 15/XI 1967)

Исследование вещественного состава первичных шламов приобрело практический интерес в связи с разработкой новых схем обогащения для сульфидного и смешанного типов руд Каджаранского месторождения (1, 2).

К первичным шламам относятся тонкие классы руды, состоящие из продуктов гипергенных и гидротермальных преобразований породообразующих и сульфидных минералов. При перемешивании руды с водой эти продукты диспергируются и образуют тонкую суспензию.

В отличие от них, вторичные шламы образуются в результате помола руды и состоят из обломков породообразующих и рудных минералов.

В основе этого подразделения лежит различие в вещественном составе тонких классов. Однако промышленные способы классификации не обеспечивают полного выделения из руды первичных шламов в их чистых минеральных формах; в первичном шламовом продукте обычно присутствует часть вторичных шламов, а в песковой части руды — остатки первичных шламов. Поэтому необходимо уточнить, чем обусловлено присутствие первичных шламов и какими минеральными формами они представлены?

Ранее, одним из авторов (3) отмечалось преобладающее проявление каолинизации на Каджаранском месторождении над другими процессами изменения пород. Петрографическими исследованиями (3, 4) оруденелые монцониты Каджаранского месторождения подразделяются в зависимости от степени изменения породообразующих минералов и структуры породы на: 1) свежие монцониты, 2) слабоизмененные с содержанием не более 15% вторичных минералов, 3) среднеизмененные с еще сохранившейся монцонитовой структурой и 4) сильноизмененные, в которых первичные минералы изменены более чем на 70%, вследствие чего исчезла первичная структура породы.

Вторичные изменения выражены интенсивной каолинизацией и серицитизацией, а также карбонатизацией и окварцеванием.

Каолинит повсеместно образует псевдоморфозы замещения по плагиоклазу. По биотиту развиваются гидрослюды, магнетит, хлорит и вторичный кварц. Средний минеральный состав разновидностей монцонитов приведен в табл. 1.

Сильноизмененные монцониты содержат наибольшее количество вторичных минералов, рыхлых по своей природе, способных образо-

Таблица 1

Средний минеральный состав разновидностей монцонитов в %

Минералы	Изменение монцонитов		
	слабое	среднее	сильное
Плагиоклаз (андезин-лаборадор) . . . . .	37	15	5
Калишпат (ортоклаз) . . . . .	30	30	22
Кварц . . . . .	2	10	10
Биотит . . . . .	13	7	—
Пироксен-амфибол . . . . .	6	4	—
Акцессорные минералы . . . . .	1	1	1
Рудные минералы . . . . .	4	4	6
Каолинит . . . . .	—	11	23
Карбонат . . . . .	4	14	17
Серицит . . . . .	1	1	4
Хлорит (гидрослюды) . . . . .	2	3	12

вывать первичные шламы в рудной пульпе. Значительное количество вторичных минералов содержится и в среднеизмененных монцонитах. Вместе с тем, сильноизмененные монцониты преобладают на месторождении: на их долю приходится около 55% рудной массы. На долю среднеизмененных монцонитов приходится 35% и слабоизмененных—10% (5). Этим и объясняется повышенное содержание первичных шламов в рудах Каджаранского месторождения.

Указанные разновидности монцонитов характеризуются частой перемежаемостью на месторождении без четких переходов.

Зона окисления месторождения охватывает эти же породы. Руды окисленной зоны также не имеют четких контуров и практически разграничиваются от сульфидных руд с помощью фазового химического анализа по проценту окисления молибдена. Поэтому в сульфидном оруденении обычно присутствуют окисленные формы молибдена и меди и наоборот—в рудах зоны окисления имеются реликты сульфидов молибдена и меди. Исходя из этого принято делить промышленные руды Каджаранского месторождения на сульфидные (со степенью окисления молибдена менее 12%) и смешанные (6).

Для исследования вещественного состава первичных шламов сульфидной руды были взяты четыре характерных пробы в потоке технологического процесса обогатительной фабрики: 1) дробленая руда перед измельчением, 2) измельченная руда (слив классификатора), 3) отвальные хвосты флотации и 4) хвосты первой коллективной

перечистки. Из каждой пробы отмучиванием выделялась тонкая фракция, которая подвергалась термографическому и термовесовому анализам\*.

Термограммы фиксируют главные, четко выраженные эффекты, характерные для каолинита: экзотермический около  $950^{\circ}$  и эндотермические в интервалах  $470-600^{\circ}$  и  $600-700^{\circ}$ , соответствующие каолинитам: мелкокристаллическому и крупнокристаллическому.

Эндотермические эффекты в интервале  $720-750^{\circ}$  в пробах 1, 2 и 3 соответствуют диссоциации карбоната кальция, содержащегося в пробах порядка 2%. Эндотермические эффекты около  $850-900^{\circ}$  в пробах 2, 3 и 4 характерны для гидрослюда. Экзотермический пик при  $450-470^{\circ}$  в пробе 4 характерен для пирита.

Термовесовой анализ дал следующие количественные результаты: первичные шламы сульфидной руды содержат порядка 57--64% каолинита (пробы 1 и 2), причем, каолинит присутствует как в отвальных хвостах флотации (57% в пробе 3), так и в пенном продукте основной флотации (откуда он был разассигнован в хвосты первой коллективной перечистки—54% в пробе 4). Каолинит диагностирован также электронографически и петрографически. Параметры элементарной ячейки (по Б. Б. Звягину)  $a = 5,14 \text{ кх}; b = 8,90 \text{ кх}; c = 7 \text{ кх}; \beta = 105^{\circ}$ . Показатели преломления в шлифах и иммерсионных препаратах 1,55; двупреломление—0,007 (3). Рентгенограмма каолинита снята Г. А. Ковалевым (ВСЕГЕИ).

Из других глинистых минералов в подчиненных количествах встречаются нонтронит и галлуазит.

Нонтронит впервые обнаружен в сильноизмененных монцонитах приразломного (западного) участка, где он заполняет трещины мощностью 1—2 см. В рудах других участков нонтронит обычно присутствует в виде восковидных корочек, нарастающих на вторичных минералах марганца и гидроокислах железа или выполняющих в них пустотки. Цвет минерала табачно-бурый, блеск фарфоровидный, излом раковистый, жирен на ощупь. Показатель преломления 1,58. Термограмма имеет типичные для нонтронита эндотермические эффекты при  $150^{\circ}$  и  $575^{\circ}$ . Электронографическим исследованием установлены параметры элементарной ячейки (по К. Мищенко)  $a_1 = 5,23 \text{ кх}; b = 9,05 \text{ кх}; c \approx 10 \text{ кх}; \beta \approx 100^{\circ}$ , что характерно для нонтронита с небольшой примесью триоктаэдрического слоистого силиката (хлорита?). Результаты химического анализа чрезвычайно близки с таковым из Казахстана (7).

Галлуазит встречен в незначительных количествах в ассоциации с малахитом. Он образует корки толщиной 3—4 мм светло-коричневого цвета. У контакта с малахитом минерал приобретает зеленоватый оттенок. Показатель преломления 1,60, двупреломление—низкое. Термограмма галлуазита вполне идентична с эталоном (8).

\* Анализы выполнены В. П. Ивановой в ВСЕГЕИ.

Характерно, что даже чистые образцы глинистых минералов содержат молибден и медь. Так, в каолините обнаружено содержание окисленного молибдена 0,013% и окисленной меди 0,15%; в нонтроните следы молибдена и сотые доли меди.

Первичные шламы смешанных руд, наряду с глинистыми минералами, содержат большое количество гидроокислов железа.

Наиболее подробное изучение лимонитов Каджаранского месторождения проводилось в связи с технологическими исследованиями обогатимости руд зоны окисления (К. Т. Вартанян, М. А. Эйгелес, Л. Г. Подкосов, А. И. Гросман, Н. С. Петров). В 1949 году Л. Г. Подкосов установил тесную ассоциацию окисленного молибдена с лимонитом. Н. А. Акопян произвела минералогическое изучение лимонитов<sup>(9)</sup>. Для исследования лимонитов в зоне окисления месторождения были взяты 30 характерных образцов. Минералогические, термографические и рентгеноструктурные исследования подтвердили наличие двух основных разновидностей: гидрогематита, в виде желтой или коричневой охры и реже—более плотных разновидностей и гётита плотного, заполняющего трещины в кварце, иногда образующего почковидные агрегаты.

Среднее содержание молибдена в исследованных образцах лимонитов составляет 0,15%, причем, весь молибден присутствует в окисленной форме. В отдельных образцах гётита содержание окисленного молибдена доходит до 0,9%.

Среднее содержание меди в тех же образцах составляет 0,9% из этого количества около 55% относится к так называемой „упорной“ меди (аналитик Ф. А. Калантарян).

Если окисленный молибден почти полностью ассоциирует с лимонитом\*, то окисленная медь частью образует собственные минералы малахит, азурит, атакамит, куприт. В ассоциации с купритом встречается самородная медь. Повсеместно развивается марганцевый минерал псиломелан-вад. Последний образует налеты, корки, иногда почковидные агрегаты в лимонитах. Халькантит обнаружен в очень малых количествах.

Поскольку основной глинистый минерал—каолинит образует псевдоморфозы по плагиноклазу, а гётит является плотной разновидностью гидроокислов железа, то выделение их из руды в виде тонкой суспензии зависит от степени помола руды и способа диспергирования первичных шламов.

Для оценки количества первичного шламового продукта, содержащегося в характерных пробах сульфидного и смешанного типов руд, были проведены следующие опыты: руда дробилась до крупности менее 2,5 мм и подвергалась интенсивному перемешиванию в течение 20 минут во флотационной машине в виде пульпы плотностью 30% твердого в присутствии стабилизатора суспензии—пирофосфата натрия  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ . После диспергирования шламов, выделялся путем

\* Повелит встречается очень редко.

Таблица 2

Характеристика первичного шламового продукта, выделенного из руды, дробленной до крупности менее 2,5 мм

Представительные типы руды	Выход шламов, %	С о д е р ж а н и е, %											
		Mo		Cu		п.п.п.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O
		сульфидный	окисленный	сульфидный	окисленный								
Сульфидный . . . . .	10	0,051	0,016	0,22	0,21	10,0	46,0	25,8	2,2	3,1	4,0	2,3	3,3
Смешанный . . . . .	15	0,064	0,018	0,29	0,30	8,6	47,9	25,5	3,8	2,5	3,6	1,8	2,8

отмучивания первичный шламовый продукт по классу 15 мк. Результаты опытов приведены в табл. 2.

Для сульфидных и смешанных руд Каджаранского месторождения характерно большое содержание класса частиц менее 15 мк соответственно 10 и 15%. Так как руда подвергалась только сухому дроблению, то преобладающую часть микроников составляют первичные шламы.

Первичный шламовый продукт характеризуется значительным содержанием окисленных форм молибдена и меди, а также сульфидов, которые подлежат извлечению. Степень окисления молибдена в шламах составляет около 25% и меди около 50%. Вместе с тем, первичный шламовый продукт имеет высокое содержание глинозема, порядка 25—26%, что характеризует первичные шламы как глиноземное сырье (хотя и с низким содержанием щелочей). Поэтому, схема обогащения смешанных руд предусматривает выделение первичного шламового продукта для самостоятельной переработки (1). При этом, интенсифицируется процесс обогащения обесшламленной части руды.

Научно-исследовательский горно-металлургический институт Министерства цветной металлургии СССР

Հ. Գ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Վ. Ի. ԼՈՒՅՆԵԿՈ, Է. Գ. ԱՄԻՐՔԵԿՅԱՆ, Ա. Գ. ՀԱԿՈՐՅԱՆ

Քաջարանի հանքավայրի սուլֆիդային և խառը հանքաքարերի առաջնային հանքամանրումների մասին

Առաջնային հանքամանրումների տեխնոլոգիական նշանակության կապակցությամբ ճշտված է նրանց նյութական կազմը՝ այն է. կաոլինիտ, նոնտրոնիտ, գալուազիտ և հիդրոփալլար, որոնք տարածում են գտել Քաջարանի հանքավայրում:

Կաոլինիտի առավել մաքուր նմուշներ պարունակում են 0,013% օքսիդացած մոլիբդեն և 0,15% օքսիդացած պղինձ: Ծշտված է մոլիբդենի և պղնձի ֆազային կազմը:

Հաստատված է նաև օքսիդացած մոլիբդենի և պղնձի կապը երկաթի հիդրոօքսիդների հետ: Լիմոնիտի հետադաստված նմուշները միջին հաշվով պարունակում են 0,15% օքսիդացած մոլիբդեն և 0,9% օքսիդացած պղինձ, որից այս պղնձի 50% -ից ավելին վերադրվում է, այսուհետ կոչվող «կայուն» պղնձի միացության:

Սուլֆիդային և խառը հանքաքարի մեջ առաջնային հանքամանրումների ելքը կազմում է 10—18%, և այս նյութի մեջ է, որ խտացվում է կավանյութի ի հաշիվ կաոլինիտի, իսկ մոլիբդենի և պղնձի օքսիդացած տարատեսակները՝ լիմոնիտի հաշիվին:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

1 В. И. Луценко, С. Г. Вртанесян, «Цветные металлы», № 4, 1964. 2 В. И. Луценко, А. А. Раганян, Труды совещания по комплексному использованию медно-молибденовых руд. Ереван, 1968. 3 А. Г. Казарян, «Известия АН АрмССР», т. XI, № 6 (1958). 4 Э. Г. Амирбекян, Н. С. Корчагина, Научные труды НИГМИ, вып. VI, Ереван, 1967. 5 В. И. Луценко, Р. А. Оганесян, А. Е. Овчинникова, Научные труды НИГМИ, вып. 4, Ереван, 1964. 6 В. И. Луценко, А. Н. Данелян, Труды совещания по комплексному использованию медно-молибденовых руд, Ереван, 1968. 7 И. Д. Бернеман-Старынкевич, Руководство по расчету формул минералов, изд. Наука, 1964. 8 В. П. Иванова, Записки Всесоюзного минералогического общества, 1961, вып. I. 9 Е. А. Акопян, Минералогия зоны окисления главнейших медно-молибденовых месторождений Армении, изд. АН АрмССР, Ереван, 1960.