

Молмакова М.С., Ногаева К.А., Тусупбаев Н.К., Абдыкирова Г.Ж.

ГРАВИТАЦИОННО-ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ ЗОЛОТОМЕДНОЙ РУДЫ

M.S. Molmakova, K.A. Nogaeva, N.K. Tusupbaev, G.Zh. Abdykirova

GRAVITY-FLOTATION OF COPPER ORE GOLD

УДК: 553.26 М-75

Проведен гранулометрический анализ руды. В основу исследований обогатимости руды месторождения Кумбель принята гравитационно-флотационная схема. Предусмотрено двухстадийное измельчение с классификацией и промежуточное обогащение гравитационным методом. Эксперименты по флотационному извлечению золота проводились на хвостах гравитации в отсутствие и присутствии модифицирующей добавки моноэтанолминксантогенат (МАК). Применение МАК повышает извлечение золота.

Held ore grade analysis. The study washability ore Kumbel adopted gravity-flotation circuit. Provides two-stage grinding and classification of intermediate enrichment of gravity method. Experiments on the flotation recovery of gold held in the tails of gravity in the absence and presence of the builder monoetanolminksanantogenat (IAC). Application IAC improves gold recovery.

Современное развитие золотодобывающей промышленности характеризуется ростом добычи минерального сырья и постоянным, неуклонным снижением качества руды. В этих условиях повышение полноты обогащения золота приобретает первостепенное значение

Золотомедные руды относятся к технологически упорным рудам, цианирование которых сопровождается химической депрессией золота медью. Существуют различные схемы переработки золотомедных руд: гравитационно-флотационное обогащение и гидрометаллургический метод.

Гравитационно-флотационное обогащение. В зависимости от формы нахождения золота и серебра в исходных продуктах и их ассоциации с рудными компонентами флотация может применяться как единственная операция обогащения, так и в сочетании с процессами гравитации. Введение в технологическую схему гравитационного обогащения является целесообразным при наличии в рудах самородного золота. Флотация является наиболее эффективным и более распространенным способом обогащения золотомедных руд, когда в руде медь присутствует в форме сульфидных минералов (халькопирит, борнит, халькозин, теннантит и др.). Также довольно легко решается проблема флотационного обогащения и некоторых карбонатов (малахит, азурит, церуссит и др.), если эти минералы находятся в свободном состоянии. Одной из главных проблем флотационного обогащения золотомедных руд является тесная ассоциация золота с минералами меди. Решить данную проблему методом флотационного обогащения практически не представляется возможным, т.к. в медный концентрат переходит некоторое количество

золота и серебра, которые необходимо извлекать на следующей стадии металлургической переработки. В промышленной практике существует три варианта технологических схем, предполагающих использование флотационного обогащения золотомедных руд:

- флотация с получением отвальных (по золоту) хвостов и соответствующих концентратов, направляемых на специализированные металлургические заводы цветной металлургии. Золото и серебро извлекаются из концентратов преимущественно пирометаллургическими методами. Примером является переработка золотомедных руд на фабриках Opemiska, Copper REND, Johnny Mountain (Канада); Oyankos, Punitaqui, Punta del Cobre (Чили); Horseshoe (Австралия), Berengela (Перу) и др.

- флотация с получением отвальных хвостов, кондиционных (по цветным металлам) концентратов, а также золото- и серебросодержащих пром продуктов, подвергаемых обработке на месте гидрометаллургическими методами, главным образом – цианированием (осуществляется на канадских предприятиях Kvemont, Paramour Porcupines.

- флотация с получением коллективных (золото, серебро, цветные металлы) концентратов и неотвальных хвостов, перерабатываемых методом цианирования Damegemi, Elin-Flon, Torbrit (Канада). Использование флотационного процесса для извлечения меди из частично или полностью окисленных руд осуществляется на основе применения сульфадизирующих реагентов (Na_2S и др.), переводящих окисленные минералы в легко флотируемые формы. Пример успешного применения данной технологии – работа австралийской фабрики Telfer. Недостатком этого метода является депрессирующее действие реагента $\{\text{NCl}_2\text{S}\}$ на флотацию сульфидных минералов, возможность химического взаимодействия $\text{S}^{2'}$ с ксантогенатом, а также быстрое окисление $\text{S}^{2'}$ до S^0 полиитанатов. Особое место в технологии флотации окисленных медных руд занимают комбинированные способы обогащения, к числу которых относятся: флотация руды после предварительного сегрегационного обжига (США – Transarizon, Lake Shore, Перу – Berengela; сернокислотное выщелачивание, цементация растворенной меди губчатым железом (или железным скрапом) и коллективная флотация цементной меди и нерастворимых в H_2SO_4 сульфидов (процесс Мостовича). Примерами могут служить обогатительные фабрики Hayden, Big Beat, Ohio, Miami (США); Tsutikata (Япония); Rosita (Никарагуа) и другие. В опытно-промышленном масштабе данная технология испытана в СССР на рудах Кальма-

кырского (Узбекистан), Джекказганского (Казахстан) и ряда других месторождений.

Объектом настоящих исследований является золотомедная руда месторождения Кумбель, расположенное в Тянь-Шаньском районе Нарынской области.

Основная масса золота распространена в виде мельчайших вкрапленников и коротких прерывистых прожилков. Размер вкрапленников обычно тысячные и сотые доли миллиметра. Золотины размером 0,2-0,3 мм редки. Форма их неправильная; частично кристаллическая форма встречается редко. Цвет ярко желтый, иногда зеленоватый. Помимо халькопирита и пирита, золото встречается в кварце, в раздробленном гранате, в анкерите, в амфиболе. Основными породообразующими минералами руды являются: кварц, мусковит, кальцит, биотит, анортит и сульфидные минералы. Из сульфидных минералов присутствуют пирит, халькопирит, пирротин, ковеллин и др. Содержание золота в руде составило 4,6 г/т.

В исследуемой руде, измельченной до крупности 100 % класса 0,1 мм, золото свободное и в сростках составляет 30,0 в кварце -8,0%. Значительная часть золота ассоциирована с сульфидами - 59,83 %,

что требует весьма тонкого измельчения данной пробы руды.

Медь в исследуемой пробе руды представлена халькопиритом, пирротинном, борнитом, халькозином и ковеллином и др. Содержание меди в руде составило 1,89 %. По результатам фазового анализа руды месторождения Кумбель медь на 85.9% находится в окисленной форме.

Результаты исследований по изучению вещественного состава золотомедной руды месторождения Кумбель определяют целесообразность применения комбинированной схемы обогащения. По гравитационно-флотационной схеме возможно получение золотомедного концентрата и сернокислотное выщелачивание хвостов флотации с целью извлечения меди в раствор.

Для проведения технологических исследований исходная руда готовилась по общепринятой методике, а именно дробилась до конечной крупности менее 2,5мм, перемешивалась методом кольца и конуса. С целью определения распределения золота по классам крупности был выполнен ситовый анализ исходной руды. Результаты ситового анализа руды крупностью менее 2,5+0мм приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты гранулометрического анализа пробы руды

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание золота, г/т	Распределение золота, %
-2,5+1,25	15,29	3,6	11,93
-1,25+0,8	25,59	3,9	21,56
-0,8+0,56	12,89	7,4	20,67
-0,56+0,4	8,34	4,1	7,41
-0,4+0,3	6,58	6,6	9,41
-0,3+0,2	7,69	3,4	5,67
-0,2+0,15	3,72	5,7	4,59
-0,15+0,1	5,42	3,8	4,46
-0,1+0,074	2,98	5,8	3,74
-0,074+0,050	2,92	5,4	3,42
-0,050+0	8,66	3,8	7,14
Исходная руда	100,0	4,61	100,0

Из данных табл.1 видно, что золото распределяется пропорционально выходам классов крупности. В основу исследований обогатимости упорной золотосодержащей руды месторождения Кумбель принята гравитационно-флотационная схема.

Измельчение руды проводили в шаровых мельницах с поворотной осью объемом 7000 см³ при Т:Ж:Шь1:1:1,8. Тонина измельчения исходной золотосодержащей руды перед гравитацией составляла 50-55% класса менее 0,074мм. Гравитационный метод обогащения с выделением концентрата проводился на лабораторной отсадочной машине конструкции ЦНИГРИ.

Схема обогащения предусматривает двухста- диальное измельчение с классификацией и промежуточное обогащение гравитационным методом - отсадкой, флотацию хвостов гравитации после доизмельчения до крупности 90-95% класса минус 0,074мм (рисунок 1). Результаты гравитационного обогащения пробы руды представлены в таблице 2.

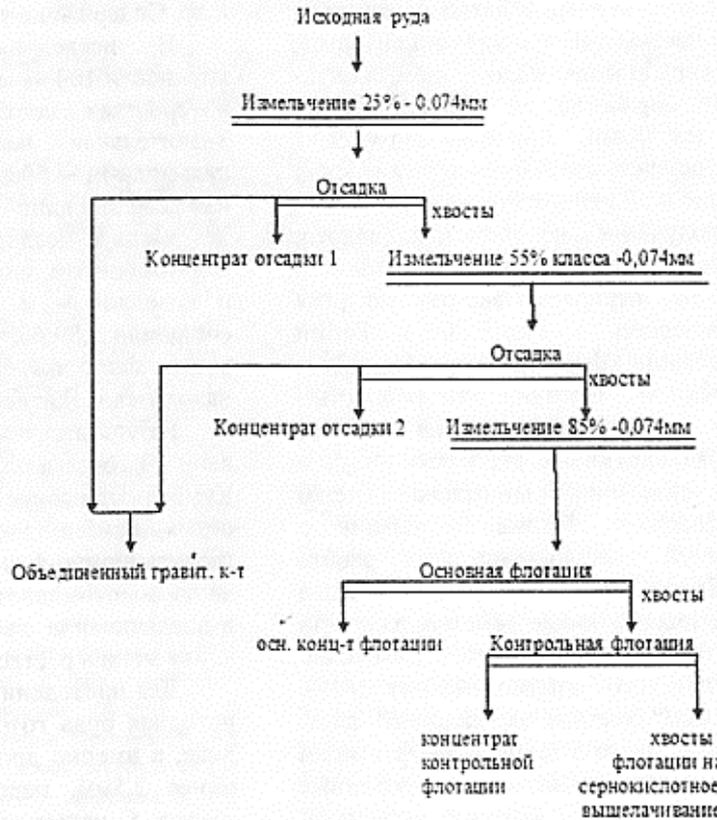


Рисунок 1. Схема гравитационно-флотационного обогащения золотомедной

Таблица 2

Результаты гравитационного обогащения пробы руды

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %	
		Аи	Си	Аи	Си
Концентрат гравитационный I	2,18	36,4	2,1	17,25	2,42
Концентрат гравитационный II	4,13	28,1	3,0	25,2	6,54
Объединенный гравитационный концентрат	6,31	31,0	2,68	42,45	8,96
Хвосты гравитационные	93,69	2,83	1,84	57,55	91,04
Исходная руда	100,0	4,6	1,89	100,0	100,0

По двухстадийной схеме гравитационного обогащения из руды получен объединенный гравитационный концентрат с содержанием золота 31,0 г/т, при извлечении 42,45%. Хвосты гравитационного обогащения с содержанием золота 2,83 г/т и меди 1,84г/т являются исходным питанием флотации.

Результаты флотационн

Эксперименты по флотационному извлечению золота проводились на хвостах гравитации во флотомашинах объемом 3 литра. Результаты флотационных опытов в отсутствие и присутствии модифицирующей добавки моноэтаноламинксантогенат (МАК) приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты флотационного обогащения хвостов отсадки

продукт	Выход, %		Содержание, г/т		Извлечение, %				Условия опыта
	от операции	от руды	Аи	Си	от операции		от руды		
					Аи	Си	Аи	Си	
Концентрат флотации	7,51	7,04	30,0	8,0	78,0	33,0	44,89	30,04	БКс-140г/т, Na ₂ S -50г/т, МАК- 8,25г/т, Т-80 - 60г/т, PH - 8,5
Хвосты флотации	92,49	86,65	0,7	1,34	22,0	67,0	12,66	61,0	
Исх.питание (хв.гравитации)	100,0	93,69	2,89	1,84	100,0	100,0	57,55	91,04	
Концентрат флотации	7,89	7,39	25,0	6,5	68,0	27,86	39,14	25,36	БКс-160г/т, Т-80 - 60г/т, PH - 8,5
Хвосты флотации	92,11	86,3	1,0	1,44	32,0	72,14	18,41	65,67	
Исх.питание (хв.гравитации)	100,0	93,69	3,0	1,89	100,0	100,0	57,55	91,04	

Литература:

Таким образом, в оптимальном режиме с использованием моноэтаноламинксантогената (МАК) получен кондиционный флотационный золотосодержащий концентрат с содержанием золота 30 г/т, при извлечении 78,0 % от операции. Применение модифицирующей добавки МАК позволило повысить извлечение золота в концентрат на 5,75% от руды. Расход бутилового ксантогената в присутствии модифицирующей добавки МАК сократился на 12,5%.

1. Извлечение золота из упорных руд и концентратов / В.В. Лодейщиков. - М.: Недра, 1968.
2. Практика обогащения руд цветных и редких металлов / М.А. Фишман, В.И. Зеленое. - М.: Недра, 1967.
3. Технология обогащения руд цветных и благородных металлов на фабриках Канады / В.А. Щербаков // Цв. металлы. - 1983. - №6.
4. Комбинированные методы переработки окисленных и смешанных медных руд (Теория и практика) / Под ред. С.И. Митрофанова. - М.: Недра, 1970.
5. Обжиг медных руд и концентратов / В.И. Смирнов, А.И. Тихонов. - М.: Metallurgia, 1996.

Рецензент: к.хим.н., доцент Акматова М.Р.
