

ГРАВИТАЦИОННАЯ ОБОГАТИМОСТЬ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АТЫГАЙ

Чынтемиров Эрмек Кенешович, начальник производства Североказахстанской металлургической компании Республики Казахстан, e-mail: chyntemirone@mail.ru.

Ногаева Кулжамал Абдраимовна, д.т.н., профессор, Институт горного дела и горных технологий им. У.Асаналиева при Кыргызском государственном техническом университете им. И.Раззакова, г. Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail: knogaeva@yahoo.com.

Молмакова Мира Сапаровна - к.т.н., доцент кафедры «Металлургия и металлургические процессы», Институт горного дела и горных технологий им. академика У.Асаналиева при Кыргызском государственном техническом университете им. И.Раззакова, г. Бишкек, Кыргызская Республика. E-mail: molmakova_m@mail.ru.

Аннотация: В данной работе изложены результаты исследований гравитационной обогатимости золото-сульфиднокварцевой руды месторождения Атыгай. Фазовым анализом установлено, что основное количество золота находится в руде в свободном виде и в виде сростков с рудными компонентами, т.е. в цианируемых формах. Результаты минералогического изучения подтвердили наличие свободного золота в виде зерен пластинчатой формы и тонкодисперсного включения в зерна пирита. Представлены результаты гравитационного обогащения на 3-х дюймовом лабораторном центробежном концентраторе Нельсона КС-МДЗ. Изучением GRG-тестов установлено, что наиболее высокие показатели извлечения золота получены на первой и третьей стадиях гравитации при крупности 1,6 и 0,071 мм соответственно. Результаты GRG-тестов показали, что руда месторождения Атыгай эффективно обогащается на центробежных концентраторах.

Ключевые слова: руда, золото, ситовый анализ, фазовый анализ, гравитационное обогащение, извлечение.

GRAVITY CONCENTRATION OF ORE FROM ATYGAY DEPOSIT

Chynthemirov Ermek Keneshovich, Production Manager of the North Kazakhstan Metallurgical Company of the Republic of Kazakhstan, e-mail: chyntemirone@mail.ru.

Nogaeva Kulzhamal Abdraimovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Mining and Mining Technologies. U. Asanaliev at the Kyrgyz State Technical University. I. Razzakova, Bishkek, Kyrgyz Republic, e-mail: knogaeva@yahoo.com.

Molmakova Mira Saparovna, Ph.D., Associate Professor of the Department "Metallurgy and Metallurgical Processes", Institute of Mining and Mining Technologies named after Academician U. Asanaliev at the Kyrgyz State Technical University. I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic. E-mail: molmakova_m@mail.ru.

Abstract: This paper presents the results of studies of the gravitational enrichment of gold-sulfide quartz ore from the Atygai deposit. By phase analysis it was established that the main amount of gold is in the ore in a free form and in the form of intergrowths with ore components, i.e. in

cyanidable forms. The results of the mineralogical study confirmed the presence of free gold in the form of grains of lamellar form and fine inclusion in the grains of pyrite. The results of gravity enrichment on the 3-inch laboratory centrifugal Nelson concentrator KS-MD3 are presented. By studying the GRG tests, it was found that the highest rates of gold extraction were obtained in the first and third stages of gravity with a particle size of 1.6 and 0.071 mm, respectively. The results of the GRG tests showed that the ore of the Atygai deposit is effectively enriched at centrifugal concentrators.

Key words: ore, gold, sieve analysis, phase analysis, gravity concentration, extraction.

Золоторудное месторождение Атыгай (Западно-Хазретский участок) относится к гидротермальному генетическому типу золото-сульфидно-кварцевой (среднеглубинной) рудной формации. По количеству сульфидов данное месторождение отнесено к малосульфидной группе

Фазовый анализ руды выполнен по стандартной методике[1] при крупности руды 90% класса -0,071 мм для исследуемой пробы. Результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты фазового анализа на золото пробы

Формы нахождения золота и характер его связи с рудными компонентам	Распределение золота	
	г/т	%
Свободное и в виде сростков с рудными компонентами (цианируемое)	1,56	96,30
Покрытое пленками гидроксидов железа, карбонатами, хлоритами и др.	0,01	0,62
Ассоциированное с сульфидами	0,01	0,62
Тонко вкрапленное в породообразующие минералы	0,04	2,47
Итого в руде (по балансу)	1,62	100,00

Из результатов рационального (фазового) анализа на золото следует, что основное количество золота (96,30%) находится в руде в свободном виде и в виде сростков с рудными компонентами, т.е. в цианируемых формах. Золота, покрытого пленками гидроксидов железа и карбонатов, и ассоциированного с сульфидами, по 0,62%, тонковкрапленного в породообразующих минералах 2,47%. Минералогическое изучение руды проведено под микроскопом в прозрачных шлифах, аншлифах, искусственных брикетах и иммерсионных средах [2]. Также проведены исследования золота на электронном микроанализаторе марки JEOL IXA-8230 Electron Probe microanalyzer. Из результатов исследований следует: *Золото самородное* (видимое) обнаружено в виде свободных зерен пластинчатой формы в тяжелых фракциях гравиионоконцентрата и средней исходной пробы руды. Размеры золотинок, судя по их поперечному срезу в плоскости брикета, в диаметре составляют 0,06-0,22мм. Золото ярко-желтое (R- 85%), высокопробное следующего состава (%): Au - 96,54; Ag - 2,78; Fe - 0,68 (Рис. 1,2).

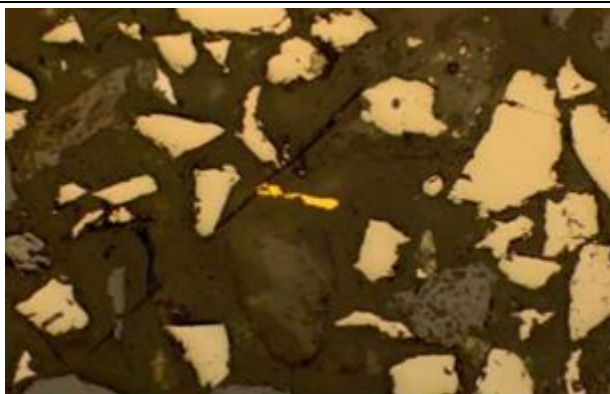


Рис.1-Золото пластинчатое, тяжелая фракция гравеоцентрирата

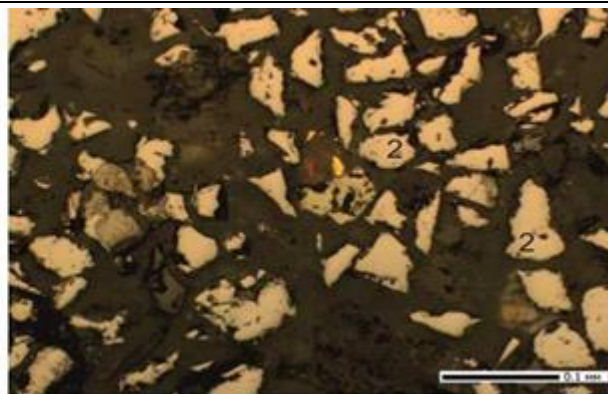


Рис.2-Пластинчатое золото, не полностью вскрытое в плоскости аншлифа

В аншлифах встречено тонкодисперсное золото в виде включений в зернах пирита. Размеры зерен 0,005; 0,007; 0,015 мм. Форма зерен овальная, изометричная, неправильная [3,4].

На основании полученных результатов для переработки изучаемой руды целесообразно применение гравитационного метода обогащения [5,6].

Исследования гравитационной обогатимости проб руды различной крупности проведены с использованием центробежного концентратора Нельсона. Гравитационное обогащение осуществлено на 3-х дюймовом лабораторном центробежном концентраторе Нельсона КС-МДЗ [8].

Параметры гравитационного обогащения:

- масса пробы на один тест 3-10 кг;
- крупность руды различная;
- центробежное ускорение 60G;
- расход флюидизирующей воды 3,5 л/мин.;
- производительность по твердому 0,5-0,6 кг/мин.;
- избыточное давление флюидизирующей воды 10-14 кПа;
- содержание твердого в пульпе, подаваемой на гравитационное обогащение, 25-30%.

Гравитационную обогатимость изучали на пробе дробленной руды, ситовая характеристика которой представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты ситового анализа дробленной пробы

Класс крупности, мм	Выход класса		Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
	г	%		
+1,2	319,1	6,57	0,84	3,14
-1,2+0,63	489,6	10,08	1,38	7,91
-0,63+0,30	323,9	6,67	1,76	6,68
-0,30+0,15	494,6	10,18	1,84	10,66
-0,15+0,071	290,4	5,98	1,82	6,19
-0,071	2940,0	60,52	1,90	65,42
Руда	4857,6	100,00	1,76	100,00

Содержание золота по классам крупности изменяется в достаточно широком интервале, что свидетельствует о его неравномерности нахождения в руде. Мокрый ситовой анализ дробленных проб руды подтверждает неравномерность распределения золота в руде (см.табл.1, рис. 3и 4).

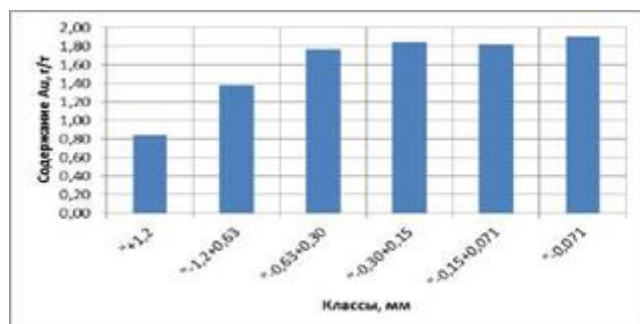


Рис. 3. Содержание золота в различных классах крупности

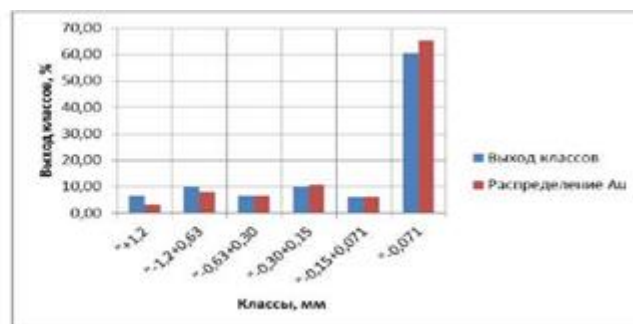


Рис.4. Корреляция распределения с выходом классов дробленной руды

Для оценки гравитационной обогатимости вышепредставленной пробы были проведены GRG- тесты по методике компании Knelson, Канада [8] (табл 3).

Таблица 3 - Результаты GRG-теста для изучаемой пробы

Продукт	Выход		Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
	г	%		
1 стадия Атыгай исходн. -1,6 мм				
концентрат	115,9	1,16	25,57	17,53
хвосты	9884,1	98,84	1,41	82,47
руда	10000,0	100,00	1,69	100,00
2 стадия Атыгай 80% класса -0,3 мм				
концентрат	113,8	1,15	17,60	14,48
хвосты	9770,3	98,85	1,21	85,52
питание	9884,1	100,00	1,40	100,00
3 стадия Атыгай 80% класса -0,071 мм				
концентрат	119,6	1,22	17,15	17,10
хвосты	9650,8	98,78	1,03	82,90
питание	9770,3	100,00	1,23	100,00
	Суммарно			
концентрат 1	115,90	1,16	25,57	17,48
концентрат 2	113,78	1,14	17,60	11,81
концентрат 3	119,56	1,20	17,15	12,09
сумм. к-ты	349,24	3,49	20,09	41,38
хвосты	9650,76	96,51	1,03	58,62
руда	10000,00	100,00	1,696	100,00

Эффективность каждой стадии обогащения (извлечение от операции) в GRG-тесте показана на рис. 5.

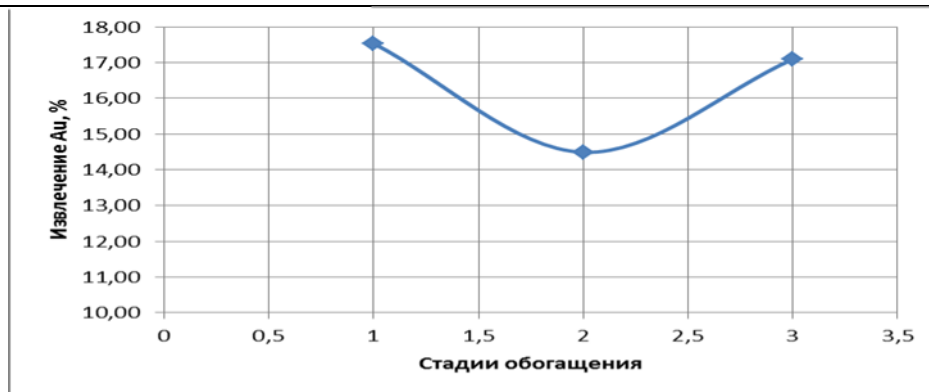


Рис. 5 - Извлечение золота по стадиям обогащения (от операции)

Наиболее высокие показатели извлечения золота получены на первой стадии при крупности P80 -1,6 мм и третьей стадии при крупности P80 -0,071 мм. Это подтверждает, что в руде присутствуют и относительно крупные золотины и мелкие свободные.

На рис. 6 приведено суммарное извлечение золота, извлекаемого гравитацией при различной крупности.

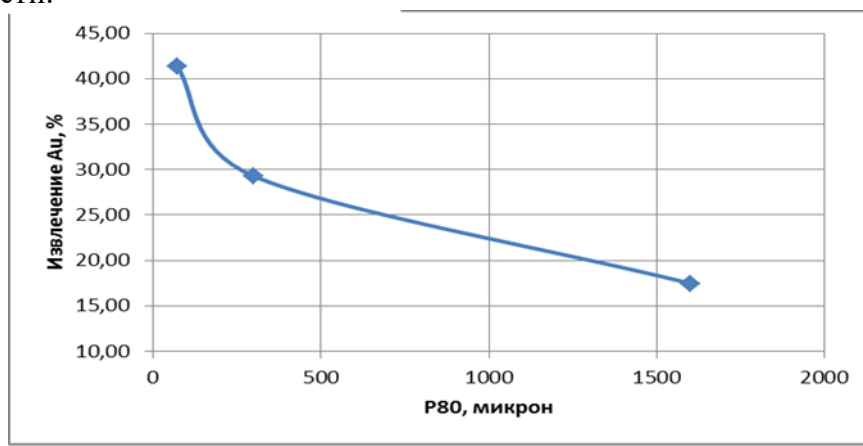


Рис.6 - Общий процент золота, извлекаемого гравитацией, в зависимости от крупности руды

Результаты GRG-тестов показали, что руда месторождения Атыгай эффективно обогащается на центробежных концентраторах. Однако, применение только одной операции гравитационного обогащения не решает проблему эффективной переработки руды.

Заключение

1. Изучена золото-сульфиднокварцевая руда месторождения Атыгай.
2. Из результатов рационального (фазового) анализа на золото следует, что основное количество золота (96,30%) находится в руде в свободном виде и в виде сростков с рудными компонентами, т.е. в цианируемых формах.
3. Результаты минералогического изучения подтвердили наличие свободного золота в виде зерен пластинчатой формы и тонкодисперсного включения в зерна пирита.
4. Представлены результаты гравитационного обогащения на 3-х дюймовом лабораторном центробежном концентраторе Нельсона КС-МДЗ - GRG- тесты по методике компании Knelson, Канада.
5. Результаты GRG-тестов показали, что руда месторождения Атыгай эффективно обогащается на центробежных концентраторах.

Литература

1. В.И. Зеленов. Методика исследования золота и серебросодержащих руд. М.Недра 1989. с.302.
2. Золото:химия, минералогия металлургия/М.А. Меретуков. Изд.дом. «Руды и металлы» 2008г. с.528
3. С.В. Петров. Морфология самородного золота и ее влияние на результаты переработки руд. // Обогащение руд.1966 №2 с.6-9.
4. Г.Д. Мальцев. Т.С. Никанюк. Морфология золота некоторых гидротермальных месторождений Сибири и Дальнего востока. Изв. Сибирского отд. Секция наук о земле. РАЕН №2 (37). 2010.
5. В.Б. Кусков. Я.В. Кускова. Повышение эффективности гравитационного обогащения мелких частиц. Материалы межд. совещания. Инновационные процессы комплексной и глубокой переработки минерального сырья. Томск. 19.19.2013. с.140.
6. Л.Ф. Козин. Химия и технология благородных металлов-золота, серебра. Проблемы и перспективы. -К.ТОВ НПП. Интерсервис. 2014. с.744.
7. Н.К. Алгебраистова. Е.А. Бурдакова. А.В. Макашин. А.С. Маркова. Современные гравитационные аппараты для обогащения золота и серебросодержащих руд. Матер. Инновационные процессы комплексной и глубокой переработки минерального сырья. Томск.2013., с.143.
8. A Zapland. A Standardized. Test to Determine Gravity Recoverable Cold.