

И.В. Гончарова, Е.А Комарцова // Труды X Международной Азиатской школы - семинара «Проблемы оптимизации сложных систем». КР, 2014. – С. 464-472.

9. Рапопорт Э.Я. Об одной задаче оптимального по быстродействию управления нагревом массивных тел /Э.Я. Рапопорт // Автоматика и телемеханика, 1971.- № 4.-С.120–127.

10. Слухоцкий А. Е. Индукторы для индукционного нагрева /А. Е Слухоцкий, С. Е. Рыскин– Л.: Энергия, 1974. – 264 с.

11. Lelevkina L. G., Sklyar S. N., Khlybov O. S. Optimal Control and Heat Conductivity // Automation and Remote Control, Springer Science + Business Media. 2008. Vol. 69, № 4. – pp. 654-667.

12. Lelevkina L.G., Goncharova I.V., Komartsova E.A. Fields of constant minimum values and fields of fluctuations of the energy functional in the intermediate mode of the induction heating oil well casing pipe // Vestnik KRSU, 2016, V.16, № 5. PP. 58-62.

УДК 52.45.17

ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ШИРАЛДЖИН»

Мырзалиев Бакыт Молдалиевич, исполняющий обязанности начальника ОТК ОсОО «Vertex Gold Company», Кыргызская Республика, г. Бишкек, e-mail: m.bakyt@mail.ru.

Ногаева Кулжамал Абдраимовна, д.т.н., профессор, Институт горного дела и горных технологий им. У.Асаналиева, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй, 215, e-mail: knogaeva@yahoo.com.

Молмакова Мира Сапаровна, к.т.н., и.о. доцента, Институт горного дела и горных технологий им. У.Асаналиева, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй, 215, e-mail: molmakova_m@mail.ru.

В статье приведены результаты пробирного, силикатного, гранулометрического анализов технологической пробы руды месторождения Ширалджин. Фазовым анализом определены формы нахождения меди и золота в руде. Результаты GRG теста (Gravity Recovery Gold) показали высокую эффективность обогащения исследуемой руды с извлечением золота, методом центробежной гравитации на лабораторном концентраторе «Falcon L 40». Полученные данные дают возможность выбора оптимальной скорости гравитационного ускорения. Также установлено, что медь, железо, марганец центробежной гравитацией не концентрируются.

Ключевые слова: гравитация, обогащение, руда, технологическая проба, гранулометрический состав, извлечение.

RESEARCH GRAVITY CONCENTRATION ORE "SHIRALDZHIN"

Myrzaliev Bakyt Moldalievich, Acting Head of OTC LLC «Vertex Gold Company», Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: m.bakyt@mail.ru

Nogaeva Kulzhamal Abdaimovna, Doctor of Technical Sciences, professor, Institute of Mining and Mining Technologies them. U.Asanalieva, Kyrgyz Republic, Bishkek, pr. Chui, 215, e-mail: knogaeva@yahoo.com

Molmakova Mira Saparovna, Ph.D., Acting Associate Professor, Institute of Mining and Mining Technologies them. U.Asanalieva, Kyrgyz Republic, Bishkek, pr. Chui, 215, e-mail: molmakova_m@mail.ru

In this article the results of the assay, silica, particle size analysis of ore samples Shiraldzhin technological fields are shown. Forms of occurrence of copper and gold in the ore are determined by the phase analysis. GRG test results (Gravity Recovery Gold) have shown high efficiency of enrichment investigated ore extraction of gold by centrifugal gravity concentrator in the laboratory «Falcon L 40". The data make it possible to select the optimum speed of the gravitational acceleration. Also it found that copper, iron, manganese centrifugal gravity not concentrated.

Keywords: gravity beneficiation, ore, technological sample , particle size distribution, extraction.

Основной целью проведения исследований являлось изучение возможности извлечения золота из руды методом центробежной гравитации [5].

Технология гравитационного обогащения разрабатывалась по лабораторной методике моделирования производственного процесса на основе результатов изучения рационального анализа золота в руде, измельчаемости руды, зависимости извлечения золота от степени измельчения [3]. подбора оптимальной скорости гравитационного ускорения (g).

Исходные характеристики технологической пробы определялись следующими методами:

Анализ содержания золота был выполнен пробирным методом из пяти параллельных определений [1]. Среднее содержание золота составило 6,40 г/т.

Силикатный анализ выполнен рентгенофлуоресцентным методом на рентгенофлуоресцентном анализаторе Quant'X производства Thermo Scientific (Австрия-США).

Геохимический анализ был выполнен на оптико-эмиссионном ИСП-спектрометре iCAP 6300 DUO производства Thermo Scientific Результаты анализов представлены в табл. 1,2.

Таблица 1

Силикатный анализ рудной пробы «Ширальджин»

Оксид	Содержание, %	Оксид	Содержание, %
Fe ₂ O ₃	76,71	MgO	0,24
MnO ₂	11,28	K ₂ O	0,11
SiO ₂	8,98	SrO	0,09
Al ₂ O ₃	0,10	BaO	0,03
CaO	0,83	CuO	1,65

Таблица 2

Химический состав исследуемой пробы

элемент	содержание, %	элемент	содержание, %
Ag	0,0011	Na	0,0699
Al	0,0486	Ni	0,0000
As	0,0000	P	0,0000
Ba	0,0038	Pb	0,0024
Be	0,0000	Sb	0,0000
Bi	0,0064	Sc	0,0000
Ca	0,5324	Se	0,0035
Co	0,0004	Sn	0,0395
Cr	0,0005	Sr	0,0607
Cu	1,3204	Te	0,0048

Fe	53,8644	Ti	0,0000
K	0,0263	V	0,0000
La	0,0020	W	0,0134
Mg	0,0967	Y	0,0030
Mn	7,5472	Zn	0,0016
Mo	0,0012	Zr	0,0011

Как видно из данных табл. 2 и 3, представленная на исследования проба содержит 76,7% Fe₂O₃ и 11,3% MnO₂, что составляет 88,0% от общего содержания элементов в пробе. Содержание меди составило 1,6%.

Анализ гранулометрического состава выполнен на исходной пробе, дробленой по классу -2мм. Результаты приведены в табл.3.

Таблица 3

Гранулометрический состав дроблёной руды* (-2,0 мм) с распределением золота по классам

Класс крупности, мм	Выход, %	Содержание Au, г/г**	Распределение Au, %
+1,0	26,6	5,60	23,49
+0,5	24,7	4,80	18,72
+0,25	16,8	5,17	13,70
+0,125	13,6	5,77	12,40
+0,075	7,8	8,37	10,24
-0,075	10,5	13,00	21,45
Итого, проба:	100,0	6,34***	100,0

*- вес пробы 1984 г. ** - среднее по двум определениям в каждом классе

*** - расчётное содержание Au.

Как видно из таблицы, наблюдается небольшая аккумуляция золота в крупном +1 и мелком -0,075 классах крупности.

Фазовый анализ меди был выполнен по методике Н.А.Филипповой [4], предназначенной для медных руд сравнительно простого минерального состава. Результаты представлены в табл.4.

Таблица 4

Результаты фазового анализа меди

Формы меди	Распределение Cu, %
Медь сульфатная (водорастворимая)	<0,01
Медь окисленная (свободная и связанная)	42,39
Медь сульфидная первичная	4,54
Медь сульфидная вторичная	53,06
Всего	100,00

Результаты фазового анализа меди показали, что в исследуемой руде она находится в окисленном виде (42,3%) и сульфидной форме (57,6%).

Фазовый анализ золота выполнен по методике В.И.Зеленова [2] (табл. 5).

Таблица 5

Результаты фазового анализа золота в пробе руды месторождения Курумтор

Формы золота	Распределение Au,%

Золото свободное с чистой поверхностью	46,33
Золото в сростках (цианируемое)	50,50
Всего золота в цианируемой форме	96,83
Золото в пленках	2,68
Золото в сульфидах	0,06
Золота в нерастворимых в царской водке минералах и кварце	0,43
Всего:	100,00

Как следует из результатов фазового анализа, 96,83% золота находится в извлекаемой (цианируемой) форме.

Принципиальная возможность применения центробежных методов для извлечения свободного золота из руды устанавливалась по результатам специального *E-GRG* теста (методика компании *FLSmidth Knelson*, Канада) [6].

GRG test (Gravity Recovery Gold – гравитационно извлекаемое золото) показывает степень возможности обогащения руды методом центробежной гравитации.

Тестирование пробы на гравитационную обогатимость было проведено на лабораторной модели концентратора «Falcon L 40» и состояло из пяти последовательных стадий раскрытия и обогащения. Последовательное измельчение (в противоположность одностадийному измельчению) необходимо, чтобы получить точное значение параметра GRG и определить последовательное раскрытие материала. Такое тестирование также исключает (ограничивает) любое размазывание крупных частиц золота, присутствующих в дробленой руде.

Вес исходной пробы – 20000г. Исходная крупность – 2мм.

Технологические показатели опыта приведены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6

Результаты **GRG** теста на руде с исходной крупностью -2,0 мм
Извлечение золота

Тесты	Крупность руды, мм	Параметры теста	Масса к-та	Выход к-та	Сод. Au*	Сод. Au	извлечение Au
			г	%	г/т	мг	%
Тест 1	- 2	60g; 8 л/мин	199,8	1,00	142,4	28,45	23,33
Тест 2	-0,25	120g; 8 л/мин	112,3	0,56	435,5	48,91	40,10
Тест 3	-0,074	200g; 8 л/мин	110,6	0,55	148	16,37	13,42
Тест 4	-0,044	300g; 5 л/мин	242,7	1,21	20,9	5,07	4,16
Тест 5	-0,044	300g; 5 л/мин	174,9	0,87	10,1	1,77	1,45
Тест 6	-0,044	300g; 5 л/мин	153,2	0,77	3,7	0,57	0,46
Тест 7	-0,020	300g; 5 л/мин	88,3	0,44	21,8	1,92	1,58
Объединенный к-т			1081,8	5,41	95,26	103,06	84,49
Хвосты			18918,2	94,59	1,00	18,92	15,51
Руда			20000,0	100	6,10**	121,98	

* - среднее по пяти определениям в каждом концентрате.

** - расчётное содержание Au.

Данные таблицы показывают, что оптимальной скоростью гравитационного ускорения является 120g; 8 л/мин при этом содержание золота в концентрате составляет 435,5 г/т при извлечении 40,1%. Результаты GRG теста показали, что извлечение золота в объединенный гравитационный концентрат составило 84,49%. Извлечение меди, железа и марганца в данной руде гравитационным методом составляют %: 5,3; 5,51; 5,23 соответственно (табл 7).

Таблица 7

Сводные результаты извлечения попутных элементов гравитационным обогащением

Тест, №	Выход продукта от исходного %	Извлечение, %		
		медь	железо	марганец
Тест 1	1,00	1,01	1,01	1,02
Тест 2	0,56	0,57	0,59	0,53
Тест 3	0,55	0,54	0,57	0,53
Тест 4	1,21	1,19	1,22	1,17
Тест 5	0,87	0,85	0,89	0,83
Тест 6	0,77	0,77	0,79	0,72
Тест 7	0,44	0,44	0,45	0,41
Объединённый к-т	5,41	5,37	5,51	5,23
Хвосты	94,59	94,63	94,49	94,77
Исходная проба	100	100	100	100

Выводы

1. Результаты аналитических исследований показывают: содержание меди 1,6%, золота 6,4г/т; наблюдается повышенное содержание оксидов железа, марганца.
2. Распределение золота по классам крупности почти равномерное с небольшой аккумуляцией в крупном и мелком классах.
3. Фазовым анализом установлено: медь в исследуемой пробе находится в окисленной и сульфидной формах; золото в основном - свободное и в сростках.
4. Извлечение золота в гравитационный концентрат составило 84,49%, что хорошо коррелируется с результатами фазового анализа.
5. Медь, железо марганец в данной руде гравитационным методом не концентрируются. Таким образом, проведенные исследования показали высокую эффективность гравитационного обогащения руды «Ширальджин» на концентраторе «Falcon L 40»

Список литературы

1. Бусев А.И. Аналитическая химия золота / А.И. Бусев, В.М. Иванов. - М.: Наука, 1973.
2. Зеленов В.И. Методика исследований золотосодержащих руд / В.И. Зеленов. - М.: Недра, 1978
3. Лопатин А.Г. Центробежное обогащение руд и песков / А.Г. Лопатин. - М.: Недра, 1987
4. Филиппова Н.А. Фазовый анализ руд и продуктов их переработки / Н.А. Филиппова. - М., 1975
5. Шохин В.И. Гравитационные методы обогащения / В.И. Шохин, А.Г. Лопатин - М.: Недра 1990.