

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРЯМОГО КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ОКИСЛЕННЫХ ЗОЛОТОМЕДНЫХ РУД

**КОЖОНОВ А.К., НОГАЕВА К.А., РОМАНОВ Ч.К.**  
izvestiya@ktu.aknet.kg

*Рассматривается возможность прямого цианирования руды в колоннах т.е. моделирования процесса кучного выщелачивания. Приведены данные об ежедневном выщелачивании материала. Дана кинетика извлечения золота и меди. По результатам исследования установлено, что извлечение золота и меди вполне удовлетворительное.*

В работах [1,2] авторами были исследованы кинетики предварительного перед цианированием кислотного выщелачивания меди и агитационного, колонного цианидного выщелачивания кеков сернокислотного выщелачивания окисленных золотомедных руд.

Степень извлечения составила: при агитационном выщелачивании 64% общей или 70% кислоторастворимой меди, при колонном выщелачивании 78,5% общей или 85,23% кислоторастворимой меди, а при цианидном выщелачивании кеков сернокислотного выщелачивания извлечение золота при агитационном выщелачивании составила 91,8 - 97,6%, а при колонном выщелачивании 73,5%.

В настоящей работе рассматривается возможность прямого цианирования руды в колоннах, т.е. моделирование процесса кучного выщелачивания [3].

Выщелачивание осуществлялось свежим раствором цианистого натрия, заданной концентрации (1,0 г/л). В напорную ёмкость заливался выщелачивающий раствор, который затем самотёком поступал под крышку колонны с заданной скоростью ~10 (л/час)/м<sup>2</sup> поперечного сечения колонны.

Выходящие продуктивные растворы собирались в течение каждых 24 часов. Объемы растворов содержащих золото и медь замерялись и отбирались пробы для анализа методом атомноэмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP). Все остатки растворов от анализа возвращались в соответствующие накопительные ёмкости для продуктивных растворов. Концентрация цианистого натрия и значение рН определялись в каждой порции продуктивного раствора. Также каждодневно в начале выщелачивания и каждые последующие 3 дня фиксировались высота слоя материала в колонне и внешний вид продуктивного раствора (прозрачность, окраска). Выщелачивание продолжалось на протяжении 61...96 суток.

Далее продуктивный раствор самопроизвольно стекал с колонны на протяжении ~2...5 суток (до прекращения стека). Весь продуктивный раствор собирался в химически инертных накопительных емкостях.

После скапывания выщелачивающего раствора осуществляли промывку руды водой. Промывная вода подавалась с заданной скоростью -10 (л/час)/м<sup>2</sup> или -15 (л/час)/м<sup>2</sup> поперечного сечения колонны.

Соответственно, определялась концентрация цианида натрия и рН в каждой порции промывного раствора.

Промывка завершалась по достижении рН воды, выходящей из колонны, равному значению рН подаваемой промывной воды - 8.5 (через 34, 35 или 45 суток).

Основные заданные условия проведения процесса колонного выщелачивания приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условия проведения прямого цианирования в колоннах

Наименование	Условное обозначение	Значение
Исходное содержание:		
Au	г/т	3.6
Ag	г/т	4.2
Cu	%	0.21

Крупность руды	мм	<25
Вес руды загруженной в колонну	кг	95
Размер колонны (dxh)	мм	199x2313
Исходная высота слоя материала	мм	1583
Концентрация NaCN	г/л	1.5
Скорость подачи выщелачивающего раствора	л/час/м <sup>2</sup>	10
Продолжительность опыта	суток	96+5 - выщелачивание
		53+8 - промывка

Данные и результаты о ежедневном выщелачивании материала в колонне приведены в табл.2.

Таблица 2

### Кинетика извлечения золота и меди. Расход реагентов

Время выщелачивания, сутки	Добавлено NaCN кг/т	Расход NaCN кг/т	Содержание в продуктивном растворе					Степень извлечения, %		Усадка руды, мм
			NaCN (свободный), г/л	CN <sup>-</sup> (общий), г/л	pH	Аи,	Си,	Аи	Си	
						мг/л	мг/л			
2	0,06	0,06	0,00	н/д	8,00	2,90	562,0	0,64	0,22	0
3	0,07	0,07	0,00	н/д	8,00	2,60	583,0	1,97	0,73	1
4	0,11	0,11	0,20	н/д	8,20	2,80	635,0	3,85	1,47	1
5	0,18	0,17	0,19	н/д	8,30	2,00	750,0	5,45	2,51	2
6	0,22	0,20	0,14	н/д	8,30	1,26	663,0	6,94	3,87	3
7	0,36	0,33	0,19	н/д	8,70	0,92	448,0	9,19	5,76	3
8	0,45	0,35	0,98	н/д	10,00	0,63	349,0	10,36	6,89	3
9	0,59	0,46	0,31	н/д	9,00	0,65	437,0	11,82	8,59	3
10	0,74	0,60	0,19	н/д	8,90	0,70	505,0	13,91	11,20	3
18	1,56	1,10	0,60	0,57	10,00	0,51	331,7	23,54	20,47	4
28	2,66	1,61	0,98	0,53	10,40	0,26	139,0	30,64	28,67	4
37	3,61	1,96	1,03	0,66	10,40	0,24	125,0	34,51	33,24	6
49	4,83	2,30	1,00	0,73	10,60	0,15	93,0	38,00	36,51	8
58	5,58	2,51	0,88	0,73	10,70	0,11	57,8	41,39	38,35	11
70	6,68	2,70	1,40	0,79	10,70	0,07	49,2	43,40	40,34	12
79	7,47	2,86	1,30	0,76	10,60	0,06	44,0	44,59	41,86	12
88	8,51	3,04	1,17	0,79	10,60	0,06	35,0	45,82	43,43	14
94	9,19	3,15	1,27	0,79	10,60	0,05	29,7	46,45	44,17	14
95	9,30	3,17	1,20	н/д	10,60	0,05	22,5	46,55	44,26	14
96	9,41	3,20	1,20	н/д	10,60	0,06	24,0	46,68	44,34	14
97		3,18	1,20	н/д	10,60	0,07	31,0	46,70	44,36	16
101		3,18	0,20	н/д	10,60	0,70	228,1	46,73	44,38	16
102		3,16	0,29	н/д	10,80	0,16	69,6	47,06	44,63	16
110		3,13	0,00	н/д	10,20	≤0,02	0,01	47,38	44,82	19
120		3,13	0,00	н/д	10,00	≤0,02	0,78	47,89	44,87	22
130		3,13	0,00	н/д	9,70	≤0,02	0,82	48,54	44,92	н/д
140		3,13	0,00	н/д	9,15	≤0,02	0,46	49,18	44,95	н/д
150		3,13	0,00	н/д	8,20	≤0,02	0,29	49,85	44,97	н/д
154		3,13	0,00	н/д	8,23	≤0,02	0,15	50,11	44,98	н/д
155		3,13	0,00	н/д	8,24	≤0,02	0,24	50,18	44,98	н/д
171		3,13	0,00	н/д	8,60	≤0,02	0,25	50,29	44,98	29

Результаты выщелачивания в графической форме представлены на рис. 1.

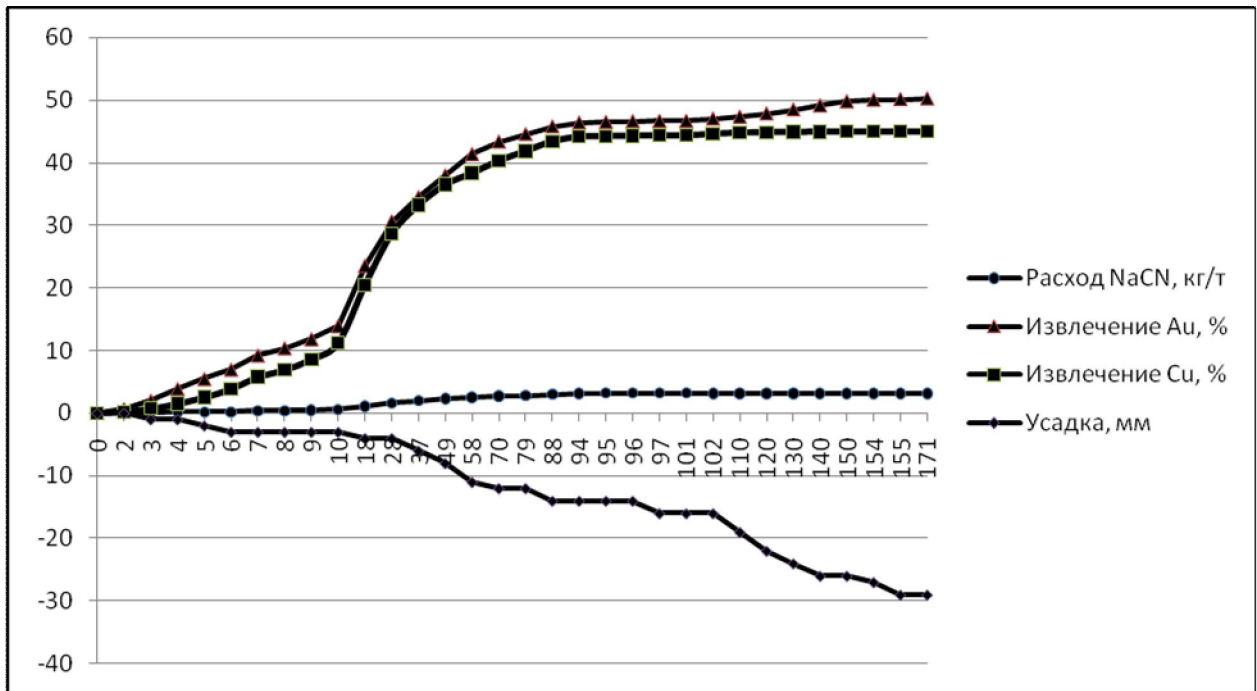


Рисунок 1. Кинетика извлечения золота и меди

Первые капли продуктивного раствора появились через 36 часов 30 минут. Наиболее энергичное извлечение золота (0,92-3,72% за день) происходило на протяжении первых 20 дней выщелачивания. Далее степень извлечения золота медленно падала и к 96 дню выщелачивания составила -0.05% в сутки.

Всего за 96 дней выщелачивания степень извлечения золота составила 46,7%, причём половина золота, 20,4%, была извлечена за первые 15 дней.

Всего за 171 день выщелачивания и промывки степень извлечения золота составила 50,3%, однако стоит заметить, что начиная с 103 дня, содержание золота в растворах составляло < 0,02 мг/л, а значит, действительная степень извлечения золота за 171 день составила 47,1 ...50,3 %.

Наиболее энергичное извлечение меди (1.04-3.53% за день) происходило с 5 по 21 день выщелачивания, при этом содержание меди в растворах составляло 331-750 мг/л.

Далее содержание меди в растворах, а значит и степень извлечения меди за сутки, медленно падали и к 96 дню выщелачивания степень извлечения меди за сутки составила -0,05%.

Всего за 96 дней выщелачивания степень извлечения меди составила 44.3%, причём более 26%) было извлечено за первые 25 дней.

Всего за 171 день выщелачивания и промывки степень извлечения меди составила 45%.

На протяжении всего времени выщелачивания продуктивные растворы были прозрачными и бесцветными.

При выщелачивании отмечается незначительное "уплотнение" руды. Усадка слоя руды в колонне за 171 день составила 29 мм.

Расход цианистого натрия составил 3,1 кг/т материала, что довольно много.

Стоит отметить, что для отмывки руды до рН промывной воды требуется не менее 53 дней, что довольно много.

В целом полученные результаты за 171 день выщелачивания и промывки: степень извлечения золота - 47,1 ...50,3 %, степень извлечения меди общей - 45% их можно считать удовлетворительными.

Дальнейшей программой исследовательских работ является экстракционное извлечение меди из окисленных золотомедных руд с последующим выщелачиванием золота.

## Литература

1. Кожонов А.К., Ногаева К.А., Романов Ч.К. Кинетика кислотного выщелачивания упорных золотомедных руд // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова, №14/2008.
2. Кожонов А.К., Ногаева К.А., Романов Ч.К. Кинетика цианидного выщелачивания кеков сернокислотного выщелачивания упорных золотомедных руд. // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова. №14/2008.
3. Петров Р.П., Долгих П.Ф. и др. Кучное выщелачивание при разработке урановых месторождений. / Под редакцией Д.И. Скороварова. – М.: Энергоатомиздат, 1988.



