

© А.Е. Воробьев, А.А. Шелкин,
К.Г. Каргинов, Е.В. Чекушина, 2003

УДК 622.7

**А.Е. Воробьев, А.А. Шелкин, К.Г. Каргинов,
Е.В. Чекушина**

БЕСЦИАНИДНОЕ РАСТВОРЕНИЕ ЗОЛОТА

Традиционно золото из растворов сорбируют на угле или смолах. Альтернативным вариантом может быть способ растворения золота в виде соединений, которые углистым веществом не сорбируются. Ранее рядом авторов выдвигались предложения, при переработке углистых продуктов для растворения золота использовать сернистокислые растворы, ими определены закономерности этого процесса и указаны оптимальные параметры - температура не менее 35 °С, концентрация сульфита 40 г/л, время процесса 2 часа. При повышении температуры до 95 °С время можно сократить до 7-15 минут.

Такой путь позволяет, не затрачивая усилий на борьбу с углистым веществом, простым способом перевести золото в раствор.

При этом отмечается, что для успешного осуществления этого процесса должны сложиться определенные условия. Механизм растворения золота в сульфитных растворах однозначно пока не выяснен. Трудно представить, каким образом можно окислить золото в растворах, обладающих явно выраженными восстановительными свойствами. Наиболее верным здесь представляется предположение некоторых авторов о том, что в некоторых концентратах и рудах значительная, а иногда и большая часть золота химически связана с сульфидами, то есть присутствует не в металлической, а в окисленной форме [4]. До настоящего времени эта точка зрения не получила достаточного экспериментального подтверждения, однако, по нашему мнению, наиболее убедительно объясняет и причины упорности концентратов и пове-

дение золота в сульфитных растворах.

Первые опыты по выщелачиванию золота сульфитными растворами из кеков автоклавно-щелочного окисления проводили при следующих условиях: температура 100 °С, концентрация Na_2SO_3 -40 г/л, время 15 минут, соотношение Т:Ж=1:10. Использовали кеки разной степени окисления. Результаты приведены в табл. 1.

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что при использовании раствора сульфита натрия, не удается получить высоких показателей по извлечению золота. Обращает на себя внимание тот Факт, что не наблюдается зависимости между полнотой окисления концентрата и полнотой перевода золота в раствор.

В работах, выполненных нами ранее, при разработке технологии извлечения золота из медь-электролитных шламов, указывается на высокую эффективность использования в этих целях сульфитных растворов, получае-

мых в сернокислотном производстве при очистке отходящих газов. Растворы эти являются отходом производства и содержат смесь солей сульфита аммония, бисульфита аммония и сульфата аммония. Концентрация сульфит-иона в среднем 200 г/л.

Там же определены оптимальные условия растворения золота: температура 60-70 °С, концентрация SO_3^{2-} 50 г/л. pH = 9,3 ± 0,2, время 2 часа. Эти данные хорошо согласуются с приведенными выше для сульфита натрия.

В указанных условиях при соотношении Т:Ж = 1:10 проведено выщелачивание тех же автоклавных кеков, которые использованы в опыте с сульфитом натрия. Данные приведены в табл. 2.

Из приведенных в табл. 2 данных следует, что использование сульфит-бисульфитных растворов в указанных режимах, позволяет более полно извлечь золото, однако и здесь не наблюдается явной зависимости от полноты окисления концентрата.

С целью определения степени окисления сульфидов, обеспечивающей наиболее полное извлечение золота, выполнен цикл лабораторных исследований, который заключался в том, что исходный, бакуричский концентрат окисляли в автоклаве при различных параметрах и расходе щелочи. Постоянным оставалось лишь давление воздуха - 14 ат.

Таблица 1

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ КЕКОВ РАСТВОРАМИ СУЛЬФИТА НАТРИЯ

Остаточное содержание в кеке		Концентрация Au в растворе, мг/л	Остаточное содержание Au в твердом, г/т	Извлечение Au в растворе, %
As	S			
0.19	0.3	1.9	48.0	34.2
1.90	8.1	3.5	37.0	49.3
5.30	8.3	1.4	54.5	25.3
0.14	0.6	3.7	40.9	44.0

Таблица 2

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ КЕКОВ СУЛЬФИТ-БИСУЛЬФИТНЫМИ РАСТВОРАМИ

Остаточное содержание в кеке		Концентрация Au в растворе, мг/л	Остаточное содержание Au в твердом, г/т	Извлечение Au в растворе, %
As	S			
0.19	0.3	2.2	41.1	43.7
1.90	8.1	4.0	29.0	60.3
5.30	8.3	2.2	49.0	32.9
0.14	0.6	4.6	14.5	80.1

Таблица 3

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ СУЛЬФИТ-БИСУЛЬФИТНЫМ РАСТВОРОМ КЕКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ АВТОКЛАВНО-ЩЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ

□ опыта	Параметры автоклавной обработки				Остаточное содержание в кеке, %		Содержание Au в кеке после сульфитного выщелачивания, г/т	Извлечение Au в раствор, %
	t, °C	Расход NaOH, кг/т	Т:Ж	Расход воздуха, м³/т	As	S		
1	140	500	1:5	2000	1,1	3,9	21,8	70,1
2	140	400	1:5	2000	2,0	2,6	11,2	84,7
3	140	100	1:5	2000	5,0	4,3	7,1	90,3
4	140	100	1:5	1000	6,2	6,1	37,0	49,3
5	140	100	1:5	500	6,5	6,8	37,0	49,3
6	110	500	1:5	2000	0,5	1,5	13,0	82,8
7	90	500	1:5	2000	0,7	1,7	4,2	94,2
8	90	500	1:10	2000	0,4	0,6	6,6	91,0
9	90	100	1:5	2000	4,0	3,9	4,7	93,6
10	70	500	1:5	2000	2,1	5,0	3,2	95,6
11	70	250	1:5	500	2,7	6,3	31,0	57,5
12	120	400	1:5	2000	0,2	0,3	41,1	43,7
13	120	400	1:2	2000	1,8	5,7	28,0	61,6
14	120	100	1:5	2000	5,3	8,3	49,0	32,9
15	120	400	1:2	2000	1,9	8,1	29,0	60,3
16	120	200	1:5	2000	5,3	4,4	39,0	46,6
17	120	200	1:2	2000	1,9	2,9	34,0	53,4
18	90	400	1:5	2000	0,1	0,6	14,0	80,8
19	70	400	1:5	2000	1,6	4,1	33,0	54,8

В результате получали кеки с разным остаточным содержанием мышьяка и серы. Эти кеки подвергали выщелачиванию в сульфит-бисульфитных растворах при одних и тех же условиях: температура 60 °C, концентрация SO_3 -50 г/л, pH = $9,3 \pm 0,2$, время 2 часа. Результаты опытов приведены в табл. 3.

Из приведенных в табл. 3 данных следует, что однозначно указать необходимую степень окисления сульфидов в настоящее время не представляется возможным. Есть опыты, когда при низком остаточном содержании сульфидов, получаем низкое же извлечение золота (опыт 12). Есть опыты, когда, неполно окислив сульфиды, получаем хорошее извлечение золота (опыты 3, 9, 10).

В целом картина выглядит так, что наилучшие результаты получены при невысоких температурах окисления. Объяснения этому Факту пока не найдено. Возможно, это связано с тем, что часть химически связанного золота при высокой температуре автоклавной обработки претерпевает какие-то превращения и в

дальнейшем не поддается растворению в сульфит-бисульфитных растворах.

Если придерживаться этого предположения, то автоклавную обработку следует проводить в самом "мягком" режиме, то есть таким образом, чтобы окислить сульфиды, не затрагивая соединений золота.

Для отработки этой версии были поставлены опыты по автоклавному окислению в содовых растворах. Сода, по сравнению со щелочью, является менее сильным реагентом, но механизм ее работы практически аналогичен.

Кеки после автоклавной обработки выщелачивали в сульфит-бисульфитных растворах, в тех же условиях, что указаны выше. Использование соды при автоклавном окислении позволяет получить более стабильные и ясные результаты. Температура 90 °C на автоклавной обработке, по-видимому, является оптимальной. Именно при этих условиях удается в достаточной степени окислить сульфиды и не подвергнуть видоизменению химические соединения золота.

Здесь следует заметить, что о степени окисления сульфидов надо судить по остаточному содержанию серы, так как мышьяк в данных условиях склонен к переосяждению в виде арсената железа [2].

Оценивая полученные результаты, надо сказать, что, даже в оптимальном режиме получаемые хвосты, все же имеют высокое содержание золота (6 г/т). Формы присутствия нескрытого золота указать трудно. Либо это недовскрытое сульфидное золото, либо золото, ассоциированное с породой, либо металлическое золото - в нашем случае оно бы тоже не растворилось.

Чтобы исключить присутствие в хвостах металлического золота, были проведены опыты по выщелачиванию золота в растворах, содержащих помимо сульфит-иона, ион тиосульфата. Тиосульфат, как известно, является хорошим комплексообразователем и используется даже для растворения крупного золота [1].

Ряд авторов, изучая этот процесс, определили оптимальные области его применения: концентрация тиосульфата 50-60 г/л,

концентрация сульфита 20-25 г/л, температура 60 °С. В отношении pH указываются две оптимальные области 6,0 и 9,3 [3].

Именно в этих условиях был обработан кек, полученный в результате автоклавно-содового окисления при температуре 90 °С. Причем соотношение Т:Ж задавали 1:10 и время выдерживали 5 часов.

В обеих областях и при pH 6,0, и при pH 9,3 получены близкие результаты - 5,9 и 5,8 г/т соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в изу-

чаемом кеке золото в металлическом виде не присутствует, а тиосульфатный способ тоже может быть использован для извлечения золота из окисленного ба-кырчикского концентрата.

Были исследованы и некоторые комбинированные варианты извлечения золота из окисленного концентрата.

Проверен вариант, когда окисленный концентрат подвергали вначале цианированию с целью перевода всего золота в растворимую форму, которая сорбировалась бы на углистом веществе, а затем концентрат об-

рабатывали сульфит-бисульфитным раствором, с целью десорбции золотоцианистого комплекса в раствор. Извлечение в этом случае не превысило 67%.

Проверен и обратный вариант, когда кек вначале обрабатывали сульфит-бисульфитным раствором, а затем цианистым, в расчете на то, что сульфитный раствор может пассивировать углистое вещество. В этом случае при сульфитной обработке получено извлечение золота 71,2%, а цианистая обработка повысила его до 73,9%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меретуков М.А., Орлов А.М. *Металлургия благородных металлов (зарубежный опыт)*. - М.: Металлургия. 1991. 416 с.
2. Чугаев Л.В., Коржневская М.М. О выщелачивании золота сернистокислыми растворами. "Цветная металлургия. Известия ВУЗов." 1972. № 5, с.57-62.
3. Жучков И.А., Бубеев П.П. Исследование кинетики растворения золота в кислых тиосульфатных растворах. "Цветная металлургия. Известия ВУЗов", 1992, № 3-4.
4. Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. *Геохимия золота. Ресурсы и технологии России*. - М.: Изд-во РУДН, 2000. - 431 с

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Воробьев А.Е. – Российский университет дружбы народов.

Щелкин А.А. – ОО ПКО, Республика Казахстан.

Каргинов К.Г. – Правительство РСО-Алания.

Чекушина Е.В. – Российский университет дружбы народов.

Файл:	ВОРОБЬЕВ
Каталог:	G:\По работе в универе\2003г\Папки 2003\GIAB7_03
Шаблон:	C:\Users\Таня\AppData\Roaming\Microsoft\Шаблоны\Normal.dotm
Заголовок:	Are You suprised ?
Содержание:	Birthday
Автор:	LSK
Ключевые слова:	Birthday
Заметки:	Shankar's Birthday falls on 25th July. Don't Forget to wish him
Дата создания:	03.06.2003 14:03:00
Число сохранений:	5
Дата сохранения:	18.06.2003 16:48:00
Сохранил:	Гитис Л.Х.
Полное время правки:	7 мин.
Дата печати:	08.11.2008 23:54:00
При последней печати	
страниц:	3
слов:	1 520 (прибл.)
знаков:	8 669 (прибл.)