

УДК [669.213:66.095.116](575.22)

ТС-ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕРЕКАН

М.Б. Баткибекова, Т.Ш. Джунушалиева, Д.Б. Борбиева

Авторская экологически безопасная тиокарбамидная ТС-технология позволяет извлечь золото из упорного золотосодержащего сырья экологически безопасным методом.

Ключевые слова: извлечение золота; тиокарбамидная технология; упорное золотосодержащее сырье.

THE TC-TECHNOLOGY OF THE GOLD EXTRACTION FROM THE REFRACTORY GOLD-CONTAINING ORES OF THE TEREKAN DEPOSIT

M.B. Batkibekova, T.Sh. Djunushalieva, D.B. Borbieva

The author's ecologically safe thiocarbamide TC-technology allows to extract the gold from the refractory gold-containing Ores by ecologically safe method.

Keywords: gold extraction; thiocarbamide technology; refractory gold-containing Ores.

В общем виде под понятием “упорные золотые руды” подразумеваются труднообогатимые золотосодержащие руды, переработка которых с приемлемыми технологическими показателями не может быть осуществлена по обычным (стандартным) технологиям.

К трудноцианируемым (упорным) рудам относятся: руды, содержащие тонковкрапленное золото в кварце, сульфидах железа, сульфидах цветных металлов, гидроксидах и гидроарсенитах железа, а также сурьмянистые, медистые, пирротинсодержащие и теллуристые, углистые и глинистые руды [1, 2].

Основным методом извлечения золота из золотосодержащего сырья является цианирование. В течение более чем столетнего периода своего существования с момента открытия процесс цианирования постоянно совершенствовался и модернизировался, что, в конечном итоге, позволило ему стать практически вне конкуренции по сравнению с другими методами извлечения золота из рудного сырья. Постоянное ухудшение состава сырья, увеличение сортности перерабатываемых руд позволяют утверждать, что цианидная селекция, являющаяся процессом относительно малочувствительным к изменению вещественного состава сырья, еще долгие годы будет преобладать в практике золотопереработки [2–4].

Поиск нецианидных соединений, способных выщелачивать золото, реализуется в двух направлениях: использование нетоксичных нецианистых синтетических соединений, а также природных соединений, участвующих в процессах выщелачивания и переноса золота в природных средах. К таким соединениям, способным выщелачивать благородные металлы из рудных материалов и концентратов, относятся тиомочевина, тиосульфаты, хлорсодержащие соединения, роданиды и др. [2–5].

Преимущества тиомочевинного растворения по сравнению с цианированием следующие:

- меньший удельный расход и большая химическая активность реагента;
- сравнительные данные по скоростям растворения золота, серебра и меди в тиомочевинных и цианистых растворах показывают, что скорости растворения золота и серебра в первых выше, а меди – ниже, чем во вторых;
- процесс тиомочевинного выщелачивания менее подвержен влиянию примесных ионов и различных минералов, содержащих мышьяк, железо цинк [2].

В соответствии с этим, целью настоящей работы является разработка тиокарбамидного извлечения (ТС-технология) золота из упорного золотосодержащего сырья месторождения Терекан (Кыргызская Республика).

Экспериментальная часть. Объект исследования – проба золотой мышьяковисто-пирито-сурьмянистой руды была отобрана по межпластовому рудному телу месторождения Терекан на уровне штольни “Промежуточная” в интервале 38–40 м.

Проба подвергнута спектральному анализу. Установлено (таблица 1), что содержание золота в ней составляет 16,74 г/т.

Таблица 1 – Многоэлементный анализ золотой мышьяковисто-пиритно-сурьмянистой руды. Метод анализа атомно-абсорбционный

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Ag, г/т	<1,0	Mo, г/т	27,3
Al, %	3,72	Na, %	1,26
As, %	9,95	Ni, г/т	46,9
Ba, %	0,18	P, %	0,062
Be, г/т	4,2	Pb, %	0,020
Bi, %	0,016	Sb, %	1,18
Ca, %	0,98	Sc, г/т	11,4
Cd, г/т	<1,0	Se, %	0,006
Cr, %	0,012	Sn, %	0,012
Co, %	0,034	Sr, %	0,010
Cu, %	0,20	Te, %	0,01
Fe, %	14,22	Ti, %	0,19
Hg, %	-	V, %	0,007
K, %	3,51	W, %	0,24
La, г/т	39,65	Y, г/т	8,7
Mg, %	0,68	Zn, %	0,02
Mn, г/т	137,6	Zr, г/т	31,3
		Au, г/т	16,74

Так как среднее содержание золота в руде месторождения Терекан составляет ~10,4 г/т, то исследуемая руда с содержанием золота 16,74 г/т была подшлихтована бедной рудой с содержанием золота 2 г/т в соотношении 2:3. Таким образом, была получена проба руды с содержанием золота около 10 г/т, на которой и проводились все исследования.

Методика исследования. Минералогические, химические, пробирные, спектральные и рациональные анализы проводили в Центральной научно-исследовательской лаборатории горнорудного комбината (г. Кара-Балта), Центральной комплексной лаборатории Управления геологии (г. Бишкек), аналитической лаборатории НАН КР (г. Бишкек), химической лаборатории НИХТИ КГТУ (г. Бишкек).

Лабораторные технологические испытания пробы производили на материале, дробленном до 0,068 мм в навесках 300 г. Измельчение руды для опытов производили в шаровой мельнице с поворотной осью.

Методика тиокарбамидного выщелачивания. Навеска сухой измельченной пробы перемешивалась в течение необходимого времени с выщелачивающим раствором. Перемешивание осуществлялось в эксикаторах механическими мешалками (~600 об/мин). По окончании опыта суспензия фильтровалась, осадок промывался водой и подвергался анализу на золото.

При проведении изысканий по изучению технологических свойств тиокарбамида как растворителя золота упорных руд Тереканского месторождения осуществлено:

Определение оптимальных условий выщелачивания тиокарбамидом рудного золота. Установлено, что при выщелачивании золота из мышьяковисто-пирито-сурьмянистых руд кислыми растворами тиомочевины максимальный результат получен в том случае, если исходная руда предварительно обработана серной кислотой с получением концентрата для того чтобы вывести из руды кислоторастворимые примеси. *Оптимальными условиями кислотной обработки являются: концентрация кислоты – 2,5–3 %, время от 1,5–2 часов.*

Определение оптимальных концентраций: серной кислоты, тиокарбамида, сульфата железа; pH среды и окислительно-восстановительного потенциала. Процесс выщелачивания золота тиокарбамидом определяется его расходом и зависит от:

- концентрации тиокарбамида;
- концентрации окислителя $Fe_2(SO_4)_3$;
- pH среды;
- окислительно-восстановительного потенциала раствора.

Результаты опытов по установлению оптимальной концентрации тиокарбамида в процессе растворения золота в концентрате руды после серно-кислотной обработки руды выявили величину 3,9: 4,8 · 10⁻² моль/л или 0,3–0,4 %. Для сульфата железа $Fe_2(SO_4)_3$ оптимальная величина равна 8 · 10⁻³ моль/л, или 0,32 %. Для серной кислоты H₂SO₄ оптимальная величина составляет 0,5–0,6 %, оптимальное значение pH раствора 1.0÷1.1. Окислительный потенциал раствора 160 мВ.

Температура выщелачивания. Установлено: наиболее оптимальной температурой для выщелачивания является 20–25 °С. При повышении температуры процесса выщелачивания:

- возрастают потери золота с хвостами выщелачивания;
- наблюдается выделение элементарной серы, что приводит к увеличению расхода тиокарбамида.

Отношение жидкой и твердой фаз (Ж:Т) в пульпе при выщелачивании золота. Установлено, что оптимальным следует считать соотношение Ж:Т = 3:1.

Таблица 2 – Данные по тиокарбамидному извлечению золота из упорных руд при различных режимах выщелачивания

Спецификация	Время выщелачивания, ч	Извлечение золота, %
1. При одновременном добавлении реагентов: CS(NH ₂) ₂ +Fe ₂ (SO ₄) ₃ +реагент “G”	3	91
2. При раздельном последовательном добавлении реагентов: а) реагент “G”, б) CS(NH ₂) ₂ + Fe ₂ (SO ₄) ₃	1,5 1,5 } – 3	96

Продолжительность выщелачивания. Определение продолжительности выщелачивания золота сернокислыми растворами тиокарбамида проводили при предложенных выше условиях (тиокарбамид – 0,4 %, H₂SO₄ – 0,5 %, Fe₂(SO₄)₃ – 0,3 %, Ж:Т = 3:1, температуре выщелачивания 25 °С). Установлено, что оптимальная продолжительность выщелачивания для исследуемой руды составляет 6 час.

Изучение возможности рециркуляции растворов тиомочевины. Для выяснения возможности рециркуляции растворов тиомочевины были проведены исследования по использованию отфильтрованного обеззолоченного тиомочевинного раствора в обороте. После повторного использования раствора тиомочевины для выщелачивания золота в растворе определяли спектрофотометрически, золото в хвостах определяли пробирным анализом. Показано, что использование растворов тиомочевины возможно дважды без снижения степени извлечения золота.

Осаждение золота из тиокарбамидных растворов. Исходя из достоинств цементационного способа осаждения благородных металлов, простоты аппаратуры и высокой скорости процесса была опробована цементация золота цинком и алюминием. Работа требует дополнительного проведения исследований, однако следует отметить, что при цементации золота наблюдается увеличение в тиокарбамидных растворах примесей, что приводит к дополнительному расходу тиокарбамида. Вероятно, наиболее выгодным способом осаждения золота из тиомочевинных растворов является электролитический.

Совершенствование процессов тиокарбамидного выщелачивания с использованием природных нетоксичных соединений. Для снятия диффузионных ограничений в процессе тиокарбамидного выщелачивания, связанных с доставкой реагента к поверхности золота, что важно при нахождении золота в тонкодисперсном состоянии и распределении его, преимущественно в рудных минералах, что особенно характерно для упорных руд, проведены исследования по использованию экологически безопасного реагента “G” природного происхождения для дополнительного вскрытия рудного золота и золо-

та концентратов. Реагент “G” (ноу-хау) природного происхождения добавляли к массе руды и концентрата в пределах (0,01÷0,02 %).

Ниже приведены опытные показатели по выщелачиванию золота из руды тиокарбамидом и реагентом “G” при следующих условиях:

Температура выщелачивания, °С	20–25
РН раствора	1,5±2
Величина электродного потенциала, мВ	160–165
Расход реагентов:	
Fe ₂ (SO ₄) ₃ , %	0,25
Тиокарбамид CS(NH ₂) ₂ , %	0,3
Реагент “G”, %	0,01

Извлечение золота при тиокарбамидном выщелачивании достаточно эффективно при разных режимах и составляет 91 и 96 %, соответственно, с одновременным сокращением общего времени выщелачивания (таблица 2).

Выводы. В результате лабораторных испытаний тиокарбамидного выщелачивания золота из упорных руд месторождения Терекан (ТК) по ТС-технологии с использованием реагента “G” установлены оптимальные условия выщелачивания и соотношения реагентов (серной кислоты, сульфата железа, тиокарбамида, реагента “G”):

- проведение одностадийного процесса выщелачивания (тиокарбамид + реагент “G”) при низкой температуре (20 °С);
- соотношение массы реагента “G” к массе руды и концентратов в пределах (0,01 ± 0,02 %);
- в лабораторных условиях достигнута степень извлечения золота в раствор 91–96 % тиокарбамидным выщелачиванием с использованием реагента “G” при одновременном сокращении общего времени выщелачивания.

Литература

1. *Лодейщиков В.В.* Упорные золотые руды и основные принципы их металлургической переработки / В.В. Лодейщиков // Гидрометаллургия золота. М.: Наука, 1980. С. 5–19.

2. *Лодейщиков В.В.* Методические рекомендации по типизации руд, технологическому опробованию и картированию коренных месторождений золота / В.В. Лодейщиков, А.В. Васильева. Иркутск: ОАО "Иргиредмет", 1997. 164 с.
3. *Лодейщиков В.В.* Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: в 2 т. / В.В. Лодейщиков. Иркутск: ОАО "Иргиредмет", 1999. 786 с.
4. Gold-Copper Ores // Innovations in Gold and Silver Recovery: Phase IV / Randol Int. Ltd. Colorado, USA. 1992. Vol. 8. Chapt 23. P. 4175–4428.
5. *Яшина Г.М.* Изыскание нетоксичных растворителей для выщелачивания благородных металлов из некондиционных руд / Г.М. Яшина, Н.К. Ситникова и др. // Цветная металлургия. 1992. С. 12–15.