

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИОКАРБАМИДНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ УПОРНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДОЛПРАН (КР)

БАТКИБЕКОВА М.Б., ДЖУНУШАЛИЕВА Т.Ш.

E-mail: ktuchemie@yandex

Современная металлургия золота основана на использовании цианистого процесса, который успешно применяется в мировой практике уже более 115 лет, обеспечивая получение порядка 80-90 % металла из руд коренных месторождений. Такое положение объясняется тем, что способ извлечения золота и серебра из руд и рудных концентратов с помощью щелочных цианидов обладает существенными технологическими и экономическими преимуществами по сравнению с прочими металлургическими технологиями и характеризуется весьма благоприятными перспективами в плане дальнейшего развития и совершенствования. Вместе с тем как в Российской Федерации, так и за рубежом продолжают интенсивные работы по изучению возможностей замены цианидов (относящихся к категории СДЯВ) другими альтернативными растворителями.

К настоящему времени известно порядка 40 выщелачивающих систем (кроме цианидов и царской водки), способных переводить золото и серебро в растворимое состояние. Однако лишь немногие из них заслуживают серьезного рассмотрения с точки зрения возможности промышленного использования в гидрометаллургии благородных металлов. К таким системам, в частности, относятся тиокарбамид (тиомочевина), тиосульфаты натрия и аммония, галоиды (хлор, бром, йод), а также некоторые органические соединения (например, гуматы и аминокислоты) [1-6].

Экспериментально доказана и экономически обоснована возможность создания на основе ТКВ бессточной гидрометаллургической технологии, наиболее полно отвечающей современным экологическим требованиям. Проведены укрупненные и опытно-промышленные испытания технологии. Разработаны технологические регламенты на проектирование предприятий по переработке указанным методом золото-сурьмяных (Сарылах) и серебряных (Дукат) концентратов.

В частности, на представительной по составу пробе золото-сурьмяных концентратов Сарылахской ОФ, содержащей 56 % Sb и 28 г/т Au, методом ТКВ получено извлечение золота в товарную продукцию на уровне 82 % при сохранении практически всей сурьмы в кеках выщелачивания. Последующая металлургическая переработка концентратов предполагает возможность дополнительного извлечения некоторой части золота в «сурьмяном» цикле. С учетом этого сквозное извлечение золота из сурьмяных концентратов составит 95-97 %. Возможность гидрометаллургической селекции золота и сурьмы на основе ТКВ подтверждается и опытом работы австралийской фабрики Hillgrove [7].

При переработке по тиокарбамидной технологии золото-серебряных концентратов Дукатского ГОКа (Ag 4-12 кг/т, Au 15-40 г на 1 т концентрата) достигнуто извлечение серебра и золота в конечную товарную продукцию – лигатурный металл – соответственно 98,6 и 96,1 %. За счет резкого сокращения расхода реагентов (особенно на стадии обезвреживания сточных вод) и продолжительности выщелачивания эксплуатационные расходы по варианту ТКВ (в сравнении с цианированием) по предварительным расчетам снижаются на 24 %. Как показали исследования Иргиредмета, достаточно перспективным представляется использование тиокарбамидной технологии для извлечения золота из медистых руд, концентратов и огарков, переработка которых требует применения операции предварительного серноокислотного выщелачивания меди перед цианированием. Для таких материалов предложены варианты, предполагающие последовательное растворение меди (H_2SO_4) и золота ($CS(NH_2)_2$) с комплексным извлечением обоих ценных компонентов в соответствующие товарные продукты. Такого рода технология апробирована на флотационном концентрате Артемовской ЗИФ (Au 92 г/т, Cu 1,7 %) и медьсодержащих огарках окислительного обжига концентрата, выделенного из руд Зодского месторождения в Армении (Au 40 г/т, Cu 0,3 %) с получением значительно более высоких, по сравнению с цианированием, технологических и экономических показателей.

Таким образом, процесс тиокарбамидного выщелачивания (ТКВ) может рассматриваться в качестве эффективного способа гидрометаллургического производства золота и серебра из отдельных категорий руд сложного вещественного состава, переработка которых цианированием не может быть осуществлена с приемлемыми экономическими показателями. Накопленный опыт научных и прикладных исследований, результаты крупномасштабных испытаний и имеющиеся проектные разработки в данной области позволяют считать технологию ТКВ вполне подготовленной к промышленному освоению. И есть все предпосылки к тому, что в недалекой перспективе эта технология будет принята на вооружение отечественной золотодобывающей промышленностью, а также другими подотраслями цветной металлургии, где существует проблема доизвлечения благородных металлов из полупродуктов и отходов обогатительно-металлургического цикла.

Современная золотодобывающая промышленность и отраслевая наука располагают определенными возможностями в части создания бесцианидных гидрометаллургических процессов извлечения золота и серебра из рудного сырья. Некоторые из этих процессов уже сегодня готовы к промышленной реализации и заслуживают самого пристального внимания со стороны специалистов науки и производства. Важно отметить при этом, что выбор объектов для бесцианидной технологии должен определяться не ссылкой на особую опасность для окружающей среды цианистого процесса (что, строго говоря, не соответствует фактическому положению дел [5]), а прежде всего экономическими факторами, с учетом, естественно, и экологических требований к новым технологиям.

Переработка упорных золотосодержащих руд КР осуществляется цианированием. Развитие страны настоятельно нуждается в новых технологиях, к которым относится и тиокарбамидная технология извлечения золота. Учитывая, что руды месторождения Долпран являются медно-золотыми, для извлечения золота применение тиокарбамидного выщелачивания является предпочтительным и перспективным. Кыргызстан, который является третьей страной – производителем золота СНГ, будет иметь экологически безопасную и эффективную технологию извлечения золота из упорного золотосодержащего сырья.

Экспериментальная часть. Тиокарбамидное выщелачивание золота из упорных руд месторождения Долпран (КР).

Анализ проб золотосодержащей руды месторождения Долпран. Осуществлен отбор средних проб (Д-007, Д-008) с разных участков месторождения золотосодержащих руд Долпран. Пробу, поступившую на исследование, пересыпали из тары заказчика (ЗАО «Голден-Сильвер»), взвесили и издружили до крупности - 200 меш.

Вес исходной пробы – 8 кг. Провели подготовку пробы к исследованиям и анализам, применяя шаровую мельницу.

В результате были получены следующие пробы для исследований и анализа:

- аналитические пробы ~ 150г; (Д-007, Д-008)
- 2^е пробы переданы на флотацию – по 1кг;

Аналитические пробы руд Д-007 и Д-008 проанализировали спектральным и пробирным методами анализа в лицензионных лабораториях ПО «Кыргызгеология». Оплату анализов в соответствии с письмом – договоренностью от 28.10.2008г. с ЗАО «Голден-Сильвер» осуществило вышеуказанное предприятие. Результаты спектрального анализа приведены в табл. 1., химического анализа в табл. 2.

Таблица 2.

Данные химического анализа проб упорных золотосодержащих руд месторождения Долпран

№ п/п	Пробы золотосодержащей руды месторождения Долпран	Содержание компонентов		
		Au, г/т	Ag, %	Cu, %
1	Д-007	2.41	2.84	0.34
2	Д-008	2.30	1.00	0.3

Спектральный и химический анализы показали в пробе Д-007: среднее содержание: золота - 2,41г/т, серебра – 2,84 г/т, меди 0,34%, железа -5,4%, в пробе Д-008: золота -2,304г/т, серебра -1,06г/т, меди – 0,13%, железа – 4,992%.

Указанные руды концентрировали методом флотации на лабораторной флотационной машине. Полученные флотоконцентраты были подвергнуты химическому анализу. Результаты химического анализа флотоконцентратов золотосодержащей руды (проб Д-007, Д-008) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Содержание золота во флотоконcentратах упорной золотосодержащей
руды месторождения Долпран

№	№ пробы	Золото, г/т	Медь, %
1	Д-008	7,000	0,26
2	Д-007	7,000	1,32

Данные анализов показывают, что представленные руды Д-07, Д-08 по содержанию золота относятся к бедным рудам. Кроме золота в рудах содержится значительное количество меди. Поэтому данный тип руды с полным основанием можно считать *медно-золотой*. Из других рудных компонентов, представляющих интерес, следует отметить серебро, кобальт и никель, содержание которых в руде слишком мало, для того чтобы проводить детальные исследования по установлению условий их извлечения в отдельный или коллективный концентрат.

Низкое содержание серы (0,18%) указывает на то, что медь в руде почти полностью находится в окисленной форме, т.е. в виде карбонатных соединений – малахита и лазурита.

Последнее обстоятельство указывает на глубокие процессы окисления, которым руда подвергалась в целом.

Минералогическая характеристика руды. Основную массу руды составляют тремолит и актинолит. В подчиненном количестве встречается кварц. Из других порообразующих минералов в заметном количестве содержатся тальк, гипс и др. Из других минералов преобладают карбонаты меди – малахит и лазурит. Присутствие в руде значительного количества медьсодержащих минералов, с которыми ассоциируется основная масса золота, предопределяет флотацию как основной процесс обогащения, приемлемый к данной руде.

Вместе с тем по минералогическому составу исследуемая руда является очень сложной, очень «тяжелой» для флотационного обогащения ввиду присутствия в руде большого количества легкофлотируемых минералов пустой породы - тремолита, актинолита, талька, гипса и др.

Процессы гравитационного обогащения руды или операции по непосредственному извлечению золота (цианирование, амальгамация) в сравнении с флотацией по ряду причин еще менее пригодны или совершенно исключаются. Например, малоотличающийся удельный вес карбонатов меди от удельного веса минералов, наконец, низкое содержание золота в руде, предопределяющее его тонко-рассеянную вкрапленность позволяют сделать вывод о низкой эффективности и гравитационного обогащения такого типа руды.

Процесс цианирования не может быть принят из-за наличия в руде меди. Амальгамация руды также затруднительна по причине низкого содержания золота, его тонкой вкрапленности, присутствия в руде минералов пустой породы, вызывающих сильное помехование ртути (тальк и др.).

Тиокарбамидное выщелачивание золота из упорных золотосодержащих руд месторождения Долпран.

Для тиокарбамидного выщелачивания золота были взяты концентраты и хвосты руд месторождения «Долпран», полученные после трех стадий флотации образцов руд Д-007 и Д-008. Для анализа были взяты контрольные образцы (флотация сосновым маслом и ксантогенатом К) по обычной схеме и испытуемые (флотация сосновым маслом, ксантогенатом К +гуматы аммония, выделенные из бурых углей Кара-Кече).

Тиокарбамидное выщелачивание золота из концентрата осуществлено по следующей схеме:

- Из концентрата руды общей массой ~55г было отобрано 40г;
- Отобранная проба концентрата была тщательно растерта в агатовой ступке в течение 1-1,5ч и просеяна через сито (0,068 мм), перенесена в эксикаторы и залита X%-раствором H_2SO_4 в соотношении Т:Ж = У: Z
- Смесь пробы с серной кислотой была отфильтрована через воронку Бюхнера и промыта 2-3 раза водой.
- Фильтрат вылит, а осадок перенесен в коническую колбу, в которую была добавлены серная кислота (X%-раствор) в соотношении Т:Ж X:Z и выщелачивающие компоненты – сухой растертый тиокарбамид $CS(NH_2)_2$ и сухой растертый сульфат железа (III).
- Смесь в колбе была поставлена на механическое перемешивание. Время перемешивания 6-8 часов.
- После перемешивания смесь концентрата с выщелачивающими компонентами была отфильтрована через воронку Бюхнера и промыта водой. Осадок на фильтре далее не

использовался. В фильтрат был добавлен порошок алюминия для цементации (восстановления золота). Количество алюминиевого порошка зависело от количества исходной пробы.

- Фильтрат с добавленным порошком алюминия был поставлен для перемешивания на механическую мешалку (2-3 часа). Золото (I, II) при этом должно восстановиться до элементного состояния.
- После перемешивания раствор был отфильтрован через фильтр Шотта. Осадок на фильтре был обработан концентрированной соляной кислотой для растворения избытка алюминия. Соляную кислоту удалили фильтрованием.
- Осадок на фильтре был растворен нагретой до кипения «царской водкой» и перенесен в фарфоровую чашку для выпаривания. Растворение проводилось в 2 этапа:
- Выпаривание проводилось на песчаной бане. В процессе выпаривания остаток в чашке дважды обрабатывался концентрированной соляной кислотой для удаления азотной кислоты.

По окончании, когда соляная кислота выпарилась, в фарфоровую чашку были добавлены HCl и дистиллированная вода.

- Раствор был отфильтрован через фильтр (синяя лента) в мерную колбу на 50мл и доведен до метки дистиллированной водой.

Тиокарбамидное выщелачивание золота из хвостов, оставшихся после 3-х стадий флотации образцов руд Д-007 и Д-008 проводилось по вышеуказанной методике.

Результаты исследований по тиокарбамидному выщелачиванию упорных золотосодержащих руд месторождения Долпрана (КР) по авторской технологии приведены в табл. 1. Исследование содержания меди в образцах не проводилось.

Таблица 1

Результаты исследований по тиокарбамидному выщелачиванию упорных золотосодержащих руд месторождения Долпрана (КР) по авторской технологии

№п/п	Наименование проб руды	Масса пробы, г	Извлечено золота, г/т	% извлечения
1	Д-007 (испыт.)	40	5,82	83,1
2	Д-008 (испыт.)	40	5,93	84,7
3	Д-008 (контр.)	30,85	5,96	85,2

Таким образом, извлечение золота из концентратов упорных золотосодержащих руд месторождения Долпран (пробы Д-007, Д-008) контрольных и испытуемых (флотореагент с добавлением гумата аммония) составляет 83,1% (Д-007) до 84,7 – 85,2% (Д-008).

Итак:

- исследован химический состав упорных золотосодержащих руд месторождения, Долпран (КР), установлено содержание золота 2,1 и 2,3 (г/т) в пробах Д-007, Д-008 соответственно;
- с помощью лабораторной флотомашины проведено концентрирование руды и получен флотоконцентрат с содержанием золота, равным 7г/т;
- на крупных пробах концентратов. В целях получения результатов в условиях, приближенных к производственным необходимо подтверждение лабораторных данных.