



УДК: 669,213 – 032,42 + 622.795,4

## **ТИОКАРБАМИДНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА ИЗ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД ДОЛПРАНА (КР)**

**БАТКИБЕКОВА М.Б., ДЖУНУШАЛИЕВА Т.Ш., БОРБИЕВА Д.Б.,  
СЫДЫКОВА Ш.С.**

*Научно-исследовательский химико-технологический институт Кыргызского  
государственного технического университета им. И.Раззакова, Бишкек,  
Кыргызская Республика*  
[izvestiya@ktu.aknet.kg](mailto:izvestiya@ktu.aknet.kg)

## **THE THIOCARBAMIDE GOLD EXTRACTION FROM THE REFRACTORY GOLDCONTAINING ORES OF THE DOLPRAN (KR)**

**Batkibekova M.B., Dzhunushalieva T.SH., Borbieva D.B., Sydykova SH.S.**

*Scientific-research Institute of the Chemie and Technolog of the Kyrgyz State  
Technical University named after I.Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic*

*Приведена авторская технология тиокарбамидного выщелачивания  
золота из концентратов упорных золотосодержащих руд Долпрана (КР)*

Из научно-технических проблем, стоящих перед современной золотодобывающей промышленностью, проблема извлечения золота из технологически упорного сырья, без преувеличения, может быть отнесена к числу наиболее важных.

По оценке экспертов, именно за счет более широкого вовлечения в эксплуатацию упорных золотых и комплексных золотосодержащих руд в текущем столетии планируется обеспечить основной прирост добычи золота в мире. Большинство научных разработок и публикаций последних лет в области обогащения и металлургической переработки руд благородных металлов так или иначе связаны с проблемами извлечения упорного золота.

Под понятием «упорные золотые руды» в общем виде, подразумеваются труднообогатимые руды золота, переработка которых с приемлемыми технологическими показателями не может быть осуществлена по обычным (стандартным) технологиям. Дело в том, что одна и та же золотая руда, проходя через ряд последовательных технологических операций, составляющих в совокупности схему ее переработки, совершенно по-разному проявляет свои свойства. Так, например, руда, содержащая золото в тесной ассоциации с сульфидами (пиритом, арсенопиритом и др.), в принципе довольно легко подвергается флотационному обогащению. Однако та же руда или получаемые из нее концентраты, в случае обработки их цианированием или плавкой могут оказаться чрезвычайно упорными в



технологическом отношении. Точно так же руда может быть легко цианируемой, но трудно поддающейся флотации или гравитационному обогащению, легко флотируемой, но трудно измельчаемой и т.д.

Учитывая вышесказанное, предлагается оценивать технологическую упорность золотых руд по поведению этих руд в каком-то одном наиболее важном (базовом) технологическом переделе, определяющем итоговые показатели извлечения металла в конечную товарную продукцию и общую экономическую эффективность обогатительно-металлургического цикла. Для золотых руд коренных месторождений роль базового технологического процесса, бесспорно, принадлежит цианированию, с применением которого перерабатывается основная масса руд и добывается более 80% металла в мире [1-3].

*Цианидное выщелачивание* - на сегодняшний день является основным способом извлечения золота из руд, как в традиционной технологии, так и при геотехнологической добыче. В качестве реагента используются соли цианистой кислоты – цианиды натрия или калия концентрацией 0,02-0,3%. Растворение золота происходит по реакции:



из которой следует необходимость введения в процессе окислителя – добавок в рабочий раствор перекиси водорода, гипохлоритов калия, натрия и др. В подземном или кучном выщелачивании для предотвращения кольматационных явлений предпочтительнее использование едких щелочей (KOH или NaOH), не приводящих к увеличению в растворе содержания кальция.

Процесс цианирования золотосодержащих руд и концентратов используется и в традиционной технологии и, соответственно, разносторонне изучен. В частности, установлено, что скорость растворения золота может контролироваться либо концентрацией NaCN, либо кислорода; интенсивное пассивирование золота имеет место в присутствии солей свинца; при малых концентрациях (5-25 мг/л) серебро, свинец и ртуть ускоряют растворение золота; в присутствии сульфосолей мышьяка скорость растворения золота резко подавляется.

При всех достоинствах цианистого процесса извлечения золота из руд у него имеется существенный недостаток – очень высокая токсичность цианистых солей. До сих пор не решена проблема обезвреживания стоков, поэтому уже давно ведется поиск альтернативных реагентов для гидromеталлургической (в том числе и геотехнологической) переработки золотосодержащего сырья.

*Тиомочевинное (тиокарбамидное) выщелачивание.* Возможным заменителем цианистых растворителей золота являются кислые растворы тиомочевины. Исследования как у нас в стране, так и за рубежом показали следующие преимущества тиомочевинного растворения, по сравнению с цианированием: скорость процесса выше примерно в 10 раз, он менее подвержен воздействию со стороны ионов-примесей, меньше удельный



расход и коррозионная активность реагента. Вместе с тем указывались отрицательные моменты: тиомочевина дороже  $\text{NaCN}$  на 25%, в окислительных условиях она разлагается, имеются сложности при извлечении золота из тиомочевинных растворов активированным углем.

Тиомочевинная технология перспективна для переработки углеродсодержащих глинистых золотоносных руд, а также мышьяксодержащих. В цианистом процессе серьезные трудности вызывает наличие меди, при тиомочевинном растворении это осложнение частично снимается вследствие значительно меньшей скорости ее разложения, эффективно растворяется золото в кислых растворах в присутствии окислителя. Установлено, что наилучшим из исследованных реагентов является раствор тиомочевины с добавками серной кислоты и трехвалентного железа. При этом окислительно-восстановительный потенциал не может быть ниже 125-130 мВ (из-за осаждения золота) и выше 160-165 мВ (из-за окисления свободной тиомочевины). Стабилизация его в ходе процесса на определенном уровне может осуществляться, например, добавками сернистого газа. Эксперименты показали, что в случае тиомочевинного выщелачивания золото извлекается с большой полнотой, чем цианированием: 90 – 97% против 81 – 92%. Показана возможность использования растворов тиомочевины в замкнутом цикле с концентрацией железа не выше 10 – 12 г/л [2-3].

В результате промышленных испытаний установлено: тиомочевинное выщелачивание золота возможно, причем извлечение его равно или выше, чем при планировании; в случае тонкой вкрапленности золота такое выщелачивание не имеет кинетических преимуществ перед цианированием; тиомочевинная технология может оказаться рентабельной даже с низким извлечением (60%) выщелачивания углеродсодержащих руд, которые невозможно перерабатывать иными способами, она может быть использована для переработки низкосортных золотосодержащих отвалов.

В промышленном масштабе тиомочевина применяется лишь на предприятиях с очень богатым концентратом, что оправдывает затраты на реагент. В России в результате испытаний на опытных установках выявлены недостатки способа: длительность операции закисления, высокий расход кислоты, обогащение продуктивных растворов элементами-примесями и др.

Эксплуатационные затраты при тиокарбамидном выщелачивании в целом примерно на 25% меньше, чем для цианирования за счет существенно (более чем в три раза) меньших затрат на обезвреживание промышленных стоков. В Кыргызстане тиокарбамидная технология разработана для концентратов упорных золотосодержащих руд юга Республики (Терексайском месторождении [4], однако на рудах месторождений золота в северном регионе страны не опробовалась.

*Целью настоящей работы* является разработка технологии тиокарбамидного выщелачивания из упорных золотосодержащих руд месторождения Долпран (Чуйская область, устье реки Чон-Кемин).



## Экспериментальная часть

Осуществлен отбор средних проб (Д-07, Д-08) из разных участков месторождения золотосодержащих руд Долпран, проведен спектральный и химический анализы, показавший наличие золота в количестве 2,7г/т и 2,1г/т соответственно.

Указанные руды концентрировали методом флотации, полученный флотоконцентрат содержал 7г/т золота (табл. 1).

Содержание золота во флотоконцентрате упорной золотосодержащей руды месторождения Долпран

Таблица 1

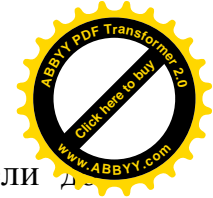
№	№ пробы	Золото, г/т	Медь, %
1	Д-008	7,000	0,26
2		0,150	0,16
3		0,120	0,14
4	Д-007	7,000	1,32
5		0,900	0,20
6		0,900	0,23

*Методика выщелачивания золота из концентрата руды месторождения «Долпран» (испытываемый образец после 3<sup>x</sup> стадий флотации)*

К навеске пробы (40,94г) прилили раствор определенной концентрации серной кислоты в соотношении 1:3. После тщательного перемешивания смесь оставлена на 10-12 часов. Смесь пробы с серной кислотой отфильтровали, осадок промыли несколько раз водой, затем к осадку прилили в определенном соотношении 0,6% раствор  $H_2SO_4$ , добавили в сухом виде  $Fe_2(SO_4)_3$  и 0,3%  $Cs(NH_2)_2$ . Смесь поставили на мешалку на 5-6 часов для выщелачивания золота. После перемешивания смесь отфильтровали, осадок промыли. К фильтрату, содержащему золото, добавили алюминий для восстановления золота (процесс цементации) и перемешивали на магнитной мешалке еще 2 часа. Раствор после перемешивания отфильтровали через фильтр Шотта №4, промыли осадок несколько раз концентрированной соляной кислотой для растворения избытка алюминия.

Осадок, содержащий золото на фильтре, растворили в горячем растворе «царской водки». Полученную смесь выпаривали на песчаной бане в фарфоровой чашке почти досуха, добавляя 2 раза понемногу концентрированной  $HCl$  для удаления остатков азотной кислоты.

К содержимому фарфоровой чашки прилили около 6 мл концентрированной соляной кислоты, 20 мл дистиллированной воды, перемешали и отфильтровали в мерную колбу на 50 мл. Промыли фильтр и



фарфоровую чашку несколько раз дистиллированной водой и довели до метки водой раствор в мерной колбе.

Для определения содержания золота использовали метод титрования тиосульфатом натрия (0,00412н). В качестве индикатора был взят раствор дитизона в четыреххлористом углероде. К 5 мл исследуемого раствора добавляли 25 мл насыщенного раствора хлористого калия в соляной кислоте, 1 мл раствора дитизона. После энергичного перемешивания раствор приобретает золотистый цвет. Титровали осторожно, по каплям приливая из микробюретки раствор тиосульфата натрия до приобретения дитизиновым слоем изумрудно-зеленого цвета.

На титрование двух параллельных проб израсходовано соответственно – 0,08 и 0,09 мл 0,00412н раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Средний объем  $g_{cp}$  составляет:

$$g_{cp} = \frac{0,08 + 0,09}{2} = 0,085 \text{ мл}, \quad T_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 / \text{Au}} = \frac{0,00412 \cdot 65,67}{1000} = 0,0002706 \text{ г / мл}$$

Содержание золота (%) в пробе определяли по формуле:

$$Q_{\text{Au}} = \frac{g \cdot T_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 / \text{Au}} \cdot V_k \cdot 100}{v_a \cdot a}, \quad \text{где}$$

$g$  – объем тиосульфата натрия, пошедший на титрование

$T$  – титр тиосульфата натрия по золоту

$V_k$  – объем раствора (50 мл)

$V_a$  – объем аликвоты (5 мл)

$a$  – масса пробы, г

$$Q_{\text{Au}} = \frac{0,085 \cdot 0,0002706 \cdot 50 \cdot 100}{5 \cdot 40,94} = 0,0005614\%,$$

Учитывая, что содержание золота в исходном концентрате составляло 7г/т, рассчитываем % извлечения золота из флотоконцентрата % извлечения Au:

$$\frac{5,614 \cdot 100}{7} = 80,2\%$$

Таким образом из концентратов упорных золотосодержащих руд Долпран (КР) тиокарбамидным выщелачиванием извлечено золото с выходом в 80,2%

### Выводы:

1. Исследован химический состав образцов упорных золотосодержащих руд месторождения Долпран (КР);
2. Проведено концентрирование руды и установлено содержание золота, равное 7 г/т во флотоконцентрате указанной руды;
3. По авторской технологии произведено тиокарбамидное выщелачивание золота из концентрата руды месторождения Долпран. Извлечение золота составило 80,2%.

### Литература



1. Беневольский Б.И. Золото России. Проблемы использования воспроизводства минерально-сырьевой базы. -М.:1995.-88с.
2. Лодейщиков В.В. Упорные золотые руды и основные принципы их металлургической переработки //Гидрометаллургия золота. - М.: Наука, 1980 - с.5-19.
3. Лодейщиков В.В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: В 2-х томах. – Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 1999. – 786 с.
4. Баткибекова М.Б., Джунушалиева Т.Ш. Экологически - безопасная технология бесцианидного извлечения золота из концентратов упорных руд и хвостов обогащения. - I Межд. конф. по химии и коммерц. и хим. технологий. 27-29 сентября 2004г. Москва.

