

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ТИОКАРБАМИДА ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ЗОЛОТА ИЗ РУД**

*Джунушалиева Т.Ш., Борбиева Д.Б., Сыдыкова Ш.С.  
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика  
E-mail: kgtuchemie@yandex.ru*

**THE INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF REUSABILITY THIOCARBAMIDE IN GOLD  
EXTRACTION FROM ORES**

*Djunushaliev T.S., Borbieva D.B., Sydykova Sh.S.  
Technical University named after I.Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic*

*В статье приводятся результаты исследования возможности повторного использования тиокарбамида при извлечении золота из руд месторождения Долпран.*

*This article is considered the results of the researching of thiocarbamid's reusability in gold recovery from ores of Dolprane.*

Золото - наиболее благородный из всех металлов, на него не действуют ни кислород, ни сера при любой температуре. Благородство золота обеспечивается сочетанием высоких значений потенциала ионизации  $1 - g$  о электрона и энергии связи с ядром [1].

Золото, по мнению исследователей, мигрирует в природных средах, благодаря способности образовывать комплексы с лигандами - ионами (чаще всего с  $Cl^-$ ). В морских и поровых водах донных осадков Au находится преимущественно в форме иона  $[AuCl_2]^-$ . Комплексообразование Au используется для извлечения его из руд и концентратов в гидрометаллургических процессах [2].

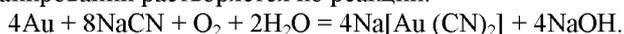
В рудных месторождениях Кыргызстана золото находится главным образом в виде тонкодисперсных вкраплений в сульфидные минералы (из-за большого сродства к сере) - арсенопирит, мышьяковистый

пирит, галенит, сфалерит, антимонит, молибденит, а также шеелит ( $\text{CaWO}_4$ ) и другие [3]. По химическому составу руд (содержанию основных компонентов –  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Fe,  $\text{BaSO}_4$ , S, Pb, Zn, MnO, CaO, Au, Ag) можно судить о породе, в которой залегают прожилки и скопления, вкрапленности Au- и Ag- содержащих минералов. Чаще всего это кварц (количество  $\text{SiO}_2$  в руде может быть до 90-97%), барит ( $\text{SiO}_2$  - всего 18-24%,  $\text{BaSO}_4$  - 65-72%), глины, карбонаты, и другие.

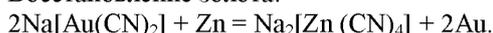
Из-за тонкой вкрапленности золота в сульфидные минералы руды таких месторождений являются «упорными» и требуют значительных затрат при извлечении из них благородных металлов. «Упорные» руды при обогащении необходимо измельчать очень тонко и это, в свою очередь, приводит к переизмельчению углистых веществ. Последнее создает затруднения при флотации - повышается расход собирателя и вспенивателя, образуется пена при сгущении пульпы, ухудшается качество концентрата. Для устранения отрицательного влияния углистые вещества предложено предварительно извлекать из руды путем флотации в углистый концентрат.

После отделения углистых веществ (если это необходимо) руду обогащают флотацией с получением чаще всего коллективного сульфидного концентрата. Золото, ассоциированное и вкрапленное в сульфидные минералы, флотирует вместе с ними, подчиняясь их поведению.

Наиболее эффективным методом гидрометаллургической переработки руд и огарков окислительно-хлорирующего обжига является цианирование. Процесс осуществляют путем мокрого измельчения предварительно раздробленного материала (руда или огарки) в присутствии разбавленных растворов цианида ( $\text{NaCN}$ ,  $\text{KCN}$ ), последующего перемешивания в больших емкостях в течение 1-3 суток с доступом кислорода воздуха (через раствор пропускают сжатый воздух). Раствор, содержащий комплексносвязанные Au и Ag, после цианирования отделяют фильтрованием от нерастворимых компонентов руды (кеки). Благородные металлы из раствора осаждают цинковой пылью или сорбентами (активированный уголь или аниониты). Au при цианировании растворяется по реакции:



Восстановление золота:



Выделение растворенных цветных и благородных металлов из растворов и пульп можно осуществить посредством цементации.

Извлеченные методом цементации осадки благородных металлов обрабатывают серной кислотой, переплавляют в слитки и направляют на аффинаж. Задача аффинажа - очистка слитков черновых благородных металлов от примесей и отделение Ag от Au. Перед основным аффинажем часто проводят очистную плавку. Продукт после окончательной плавки содержит 88-90% Au. Остальные компоненты сплава - Ag (около 10%) и небольшие количества Cu, Pb, Zn, Fe и металлы платиновой группы [1].

На основании анализа литературных данных по переработке золотосодержащих руд можно сделать заключение, что получение благородных металлов из руд и концентратов представляет очень сложный, трудоемкий и экологически опасный процесс. Исследователями проводятся работы по совершенствованию существующих технологий путем внесения изменений в отдельные стадии технологического процесса с целью их интенсификации и улучшения экологической обстановки.

В практике золото и серебро из руд и продуктов обжига концентратов выщелачивают главным образом цианидами. Цианидное выщелачивание золота из руд применяется и на Кумторе. В сточных водах концентрация цианидов может быть значительной и, следовательно, есть опасность просачивания цианидов из хвостохранилищ в подземные воды и бассейны рек, а также улетучивания их виде газообразного HCN. Для Кыргызстана ПДК по цианид-ионам составляет 0,0135 мг/кг.

Более экологичным является метод тиокарбамидного извлечения из золотосодержащих руд, так как тиокарбамид, поступающий из хвостохранилищ в подземные воды и бассейны рек не представляет такой опасности, как цианиды.

Сущность тиокарбамидного метода заключается в том, что руда после измельчения обрабатывается раствором серной кислоты для удаления растворимых в ней двухвалентных металлов. Затем, после фильтрования и промывки водой заливается раствором 5 % - ной серной кислоты, добавляется - 0,3 % тиокарбамида, - 0,32 %  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  (окислитель) и перемешивается в течение 4-5 часов. При этом происходит процесс выщелачивания золота и оно переходит в раствор. Восстановление золота проводится путем цементации металлическим алюминием.

Нами проводились исследования по тиокарбамидному извлечению золота из флотоконцентратов руд месторождения Долпран и Иштамберды и концентратов руды месторождения Терексай. Выщелачивалось при этом до 85-90% золота (цианированием извлекается 82-87% золота).

Недостатком этого метода является то, что тиокарбамидный метод извлечения золота достаточно дорог и требует разработки новых технологических схем, замены всего оборудования.

Расход тиокарбамида и, соответственно, затраты на его приобретение возможно уменьшить, используя повторное применение тиокарбамидных растворов.

*Цель работы* - выяснение возможности повторного использования растворов тиомочевинны для из-

влечения золота из флотоконцентратов руды месторождения Долпран.

*Экспериментальная часть.* Проведены 3 серии опытов, в каждом из которых проводилось 3-х кратное использование тиомочевинных растворов для выщелачивания золота из проб флотоконцентратов медно-золотых руд Долпрана.

Первичное выщелачивание золота, а также выщелачивание при повторном использовании тиомочевинных растворов из проб флотоконцентратов руды месторождения Долпран производилось в оптимальных условиях (Т:Ж=1:5, время выщелачивания 6-8 часов, массы добавленного сульфата железа ( $Fe_2(SO_4)_3$ ) - 0,3%, тиокарбамида ( $CS(NH_2)_2$ ) - 0,4%), затем раствор отфильтровывался, подвергался цементации алюминием и после отделения золота и фильтрации снова поступал в оборот. Содержание золота в пробе после тиокарбамидного выщелачивания определялось методом титрования тиосульфатом натрия в присутствии индикатора дитизона.

В первой серии опытов повторное использование растворов тиомочевины проводилось без увеличения концентрации тиомочевины. Во второй и третьей сериях опытов растворы подкреплялись тиомочевинной соответственно на 0,1 и 0,2 %.

Определение содержания золота выщелачиванием его с повторным использованием тиомочевинных растворов показало следующие результаты (табл.1.)

*Выщелачивание золота растворами тиомочевины (1 серия опытов)*

Таблица 1.

№ оборотов	Содержание золота во флотоконцентрате руды месторождения Долпран	Извлечение золота, %
1	7 г/т	83-85
2	7 г/т	83-85
3	7 г/т	55-60

Использование растворов тиомочевины дважды (без повышения концентрации тиомочевины) не снижает степени извлечения золота (83-85%). При третьем использовании раствора тиомочевины степень извлечения золота резко снижается и составляет 55-60%.

Результаты выщелачивания золота с повторным использованием растворов тиомочевины с увеличением концентрации тиомочевины на 0,1% приведены в табл.2.

Выщелачивание золота растворами тиомочевины с увеличением концентрации тиомочевины на 0,1 % (2 серия опытов)

Таблица 2.

№ оборотов	Содержание золота во флотоконцентрате руды месторождения Долпран	Извлечение золота, %
1	7 г/т	80-85
2	7 г/т	80-84
3	7 г/т	60-71

Из таблицы видно, что повторное использование тиомочевинных растворов с подкреплением на 0,1% не повышает степени извлечения золота, а третий оборот раствора тиомочевины снижает степень извлечения золота.

Результаты выщелачивания золота с повторным использованием раствора тиомочевины с увеличением концентрации тиомочевины на 0,2% приводятся в табл.3.

Выщелачивание золота растворами тиомочевины с увеличением концентрации тиомочевины на 0,2 % (3 серия опытов)

Таблица 3.

№ оборотов	Содержание золота во флотоконцентрате руды месторождения Долпран	Извлечение золота, %
1	7 г/т	83-85
2	7 г/т	83-85
3	7 г/т	52-56

Данные анализа показывают, что степень извлечения золота при повторном использовании раствора тиомочевины с увеличением концентрации на 0,2% не изменяется и составляет 83-85%. При третьем использовании раствора тиомочевины степень извлечения золота резко уменьшается.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие *выводы*:

1. повторное использование растворов тиомочевины для выщелачивания золота из руд и их флотоконцентратов возможно;

2. использовать растворы тиомочевины для извлечения золота, не снижая степени извлечения золота, можно только дважды;
3. третий оборот тиомочевины при выщелачивании золота резко снижает степень извлечения золота (до 52-70%);
4. повышение концентрации тиомочевины в процессе выщелачивания при повторном использовании не влияет на степень извлечения золота;
5. при повторном использовании растворов тиомочевины степень извлечения золота во всех трех опытах составляет 80-85%.

#### Литература

1. Паддефет Р. Химия золота. Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. -264 с.
2. Сидоров А.А., Волков А.В. О некоторых аналогиях в строении и состава рудных залежей на золото-сульфидных месторождениях Карлин (США, штат Невада) и Майское (Россия, Чукотка) // Докл. РАН, 1998, т. 359, № 2. - С. 226-230.
3. Анисимов С. М., Некрасов Б.Д. Исследование золотосодержащих руд Среднеазиатских республик. Сб. Физико-химические основы комплексной переработки руд Средней Азии. - Душанбе: 1970. - С. 247-254.

УДК 681.785.55: 543.423.1

### ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ИЗЛУЧЕНИЯ ТВЕРДОГО И ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

*Борзов С. М., Зарубин И.А., Козик В. И., Лабусов В.А.  
Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск  
Шейшенов Ж., ТОО «Физико-технический институт»*

*Путем оптимизации оптической схемы и изменения конструкции повышена чувствительность спектрометра «Колибри-2», уменьшен уровень фона вблизи спектральных линий, а также увеличен срок его службы. Показано, созданный спектрометр может быть эффективно использован при анализе спектров излучения органического топлива. Получено, что во внутренней реакционной зоне газового топлива присутствуют полосы излучения радикалов  $\text{CH}$  и  $\text{C}_2$ , тогда как во внешней зоне преобладает излучение воды и сажи. Показано, что по спектральному составу излучение пламени твердого топлива близко к излучению внешней диффузионной зоны газового факела. Полученные данные могут быть использованы при создании датчиков контроля пламени углеводородов и определении зон визирования факелов.*

*There is an increasing of "Hummingbird-2" spectrometer sensitivity, a reducing of background level near the spectral lines and increasing of its service life by force of optical scheme and design change optimization.*

*As shown, created spectrometer can be effectively used in the analysis of organic fuel's emission spectrum. As we can see, there are  $\text{CH}$  and  $\text{C}_2$  radicals emission band in internal reactionary zone of gas fuel and there is a water and soot emission in an external zone. It is shown that on spectral structure the radiation of a flame of firm fuel is close to the radiation of an external diffusive zone of a gas torch. The obtained data can be used at creation of hydrocarbon flame control sensors and determining zones of sight torches.*

Одним из объективных источников информации о процессах, происходящих в топочной зоне котлоагрегатов при сжигании органических топлив, является спектральный состав излучения пламени. Известно, что возникающее свечение имеет две составляющие. Первая обусловлена излучением возбужденных продуктов горения (хемилюминесценция). Ее спектр состоит из отдельных линий и полос. При этом линейчатый спектр связан с испусканием света свободными атомами, и каждая линия обусловлена переходом электрона из одного стационарного состояния в другое, а полосатые спектры соответствуют электронным переходам в молекулах. Вторая составляющая излучения характеризуется непрерывным спектром (тепловое излучение). Она большей частью обусловлена свечением частиц веществ, находящихся в твердой или жидкой фазах. При этом наиболее важным является непрерывный спектр горячих частиц углерода (сажи). Его спектральный состав соответствует закону Планка для излучения черного тела. Интенсивность обоих составляющих определяется режимами горения топлива.

Для изучения спектральных свойств излучения пламени в лабораторных и промышленных условиях в ИАиЭ СО РАН разработан портативный многоканальный спектрометр «Колибри-2». Прибор создан на базе спектрометра «Колибри» [1] по оптической схеме Черни-Тернера [2], с использованием в качестве диспергирующего элемента плоской дифракционной решетки и в качестве приемника излучения линейки фотодиодов. В процессе работы спектрометра «Колибри» были выявлены некоторые его недостатки. Во-первых, его рабочий спектральный диапазон не давал возможность регистрации линий всех требуемых элементов.

2. использовать растворы тиомочевины для извлечения золота, не снижая степени извлечения золота, можно только дважды;
3. третий оборот тиомочевины при выщелачивании золота резко снижает степень извлечения золота (до 52-70%);
4. повышение концентрации тиомочевины в процессе выщелачивания при повторном использовании не влияет на степень извлечения золота;
5. при повторном использовании растворов тиомочевины степень извлечения золота во всех трех опытах составляет 80-85%.

#### Литература

1. Паддефет Р. Химия золота. Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. -264 с.
2. Сидоров А.А., Волков А.В. О некоторых аналогиях в строении и состава рудных залежей на золото-сульфидных месторождениях Карлин (США, штат Невада) и Майское (Россия, Чукотка) // Докл. РАН, 1998, т. 359, № 2. - С. 226-230.
3. Анисимов С. М., Некрасов Б.Д. Исследование золотосодержащих руд Среднеазиатских республик. Сб. Физико-химические основы комплексной переработки руд Средней Азии. - Душанбе: 1970. - С. 247-254.