

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТИОМОЧЕВИНЫ В КАЧЕСТВЕ ЭКСТРАГИРУЮЩЕГО АГЕНТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА

М.А. Сиракян¹, С.Ю. Котикян¹, Г.Ц. Вардерсян¹, А.К. Оганесян²

¹*Национальный политехнический университет Армении*

²*Завод бытовой химии*

В настоящее время количество отходов, загрязняющих окружающую среду, включая атмосферу, гидросферу, литосферу, возрастает из года в год. С этой точки зрения комплексное использование минерального сырья, предполагающее оптимальное и экономически целесообразное извлечение полезных и сопутствующих минералов с минимальными потерями в недрах на всех стадиях технологического процесса, утилизация отходов переработки и проведение природоохранных мероприятий, направленных на восстановление экосистем, а также создание безотходных технологий являются весьма актуальными.

На протяжении столетий лучшим реагентом для выщелачивания золота был цианид из-за его высокого извлечения, низкой стоимости и надежности. Однако цианид очень токсичен и вызывает экологические проблемы, что и послужило поводом для повсеместных исследований, направленных на выявление и разработку менее токсичных выщелачивающих реагентов. Среди альтернативных выщелачивающих средств наибольшее внимание привлекли хлориды, тиомочевина и тиосульфат. Использование тиомочевины в качестве выщелачивателя для извлечения золота оказалось более перспективным.

В настоящей статье представлены результаты исследований по выявлению оптимальных параметров извлечения золота выщелачиванием тиомочевиной из сульфидных полиметаллических руд Меградзорского месторождения РА.

Установлено, что для оптимизации процесса целесообразно первую стадию выщелачивания проводить в течение 60 мин, а остальные стадии – 30 мин. На первой стадии происходит извлечение ~ 45% золота, и значительная часть тиомочевины расходуется на растворение других металлов.

Установлены оптимальные условия процесса выщелачивания золота сернокислым раствором тиомочевины: предварительная кислотная обработка исходного материала, которая позволяет до первой стадии удалить часть мешающих примесей, и многократное использование тиомочевинных растворов до насыщения золотом. Повторение процесса в 3...7 циклов позволяет за короткое время достичь выхода золота в раствор до ~ 97 %.

Ключевые слова: тиомочевина, выщелачивание, экстрагирующий агент, извлечение золота.

Введение. Отсутствие универсальных технологий по переработке минерального сырья и извлечению ценных компонентов порождает большое количество отходов, загрязняющих окружающую среду - атмосферу, гидросферу, литосферу. Количество отходов из года в год возрастает и представляет серьезную проблему, решение которой требует значительного расхода энергетических, материальных и людских ресурсов. По этой причине все большее значение приобретают вопросы комплексного использования сырья, создания безотходных технологий.

Рациональное комплексное использование минерального сырья предполагает оптимальное (по возможности, полное и экономически целесообразное) извлечение полезных и сопутствующих минералов с минимальными потерями в недрах и на всех стадиях технологического процесса, выделение основных и сопутствующих компонентов в ликвидные товарные продукты, утилизацию отходов переработки и проведение природоохранных мероприятий, направленных на восстановление экосистем. При этом все в большей степени проявляется тенденция к ухудшению качественных характеристик актуального ресурсного потенциала минерально-сырьевого комплекса. В обозримом будущем нам придется иметь дело с принципиально новой реальностью: минерально-сырьевой базой, сформированной в основном низкокачественными рудами с низкими содержаниями полезных компонентов, комплексным составом и сложной обогатимостью. Достоверность и правильность технологической оценки таких руд обеспечиваются специализированным минерально-аналитическим сопровождением, использующим современные методы изучения состава и свойств пород, руд, минералов и технологических продуктов. Методы технологической минералогии позволяют выявлять в рудах полезные и вредные минералы и их ассоциации, определять особенности их реального состава и строения, характер взаимоотношений между собой и с породообразующими фазами, контролировать, объяснять и прогнозировать поведение руд в технологических процессах. Опыт выполнения минералогических исследований при технологической оценке полезных ископаемых позволяет выделить некоторые общие методические подходы.

Особенно большое значение имеет извлечение золота как из рудного сырья, так и из вторичных промышленных отходов [1-3]. На протяжении более 100 лет для выщелачивания золота лучшим реагентом был цианид из-за

его высокого извлечения, низкой стоимости и надежности. Однако выщелачивание цианидом в настоящее время запрещено во многих регионах, т.к. цианид очень токсичен и вызывает экологические проблемы. Ущерб, наносимый среде в результате неправильного управления, привел к повсеместным исследованиям, направленным на выявление и разработку менее токсичных выщелачивающих реагентов.

Основная проблема при разработке заменителей цианида заключается в обеспечении соответствия конкретных металлургических процессов, выбранных для извлечения золота, и характеристик руды. Альтернативные выщелачивающие средства должны быть селективными, нетоксичными, совместимыми с последующими процессами восстановления, недорогими и пригодными для вторичной переработки. Поэтому основная задача при разработке подходящего заменителя цианида при обработке золота заключается в разработке столь же эффективного и рационального реагента для выщелачивания, который не является стойким токсином окружающей среды. Поскольку скорость цианирования золота относительно низкая, отрасль занимается поиском более быстрых реакций выщелачивания золота, способных обеспечить высокие скорости извлечения металла. Несмотря на то, что были проведены исследования по разработке вероятных заменителей, что обусловлено в основном экономическими соображениями, список эффективных вариантов ограничен, поскольку большинство из них относятся к упорным рудам и не поддаются простому цианидному выщелачиванию [4]. Среди альтернативных выщелачивающих средств наибольшее внимание привлекли хлориды, тиомочевина и тиосульфат. Использование тиомочевины в качестве выщелачивателя для извлечения золота оказалось более перспективным [5,6]. Тиомочевина не ограничена теми же факторами токсичности, что и цианид. На основании данных о токсичности тиомочевины считаем, что последняя гораздо более безопаснее, чем цианид. Было показано, что при соответствующих условиях кислотности и добавленного окислителя тиомочевинная среда растворяет золото в 12 раз быстрее, чем цианидная среда. Основными недостатками тиомочевинного процесса являются более высокая стоимость реагента и его расход. Несмотря на это, тиомочевинный процесс можно использовать для специальных материалов, сорт которых гарантирует более высокую объемность всего процесса. Тиомочевинный процесс имеет потенциальное применение при переработке упорных сульфидных и углеродистых золотосодержащих руд. Эти руды в настоящее время предварительно обрабатываются путем обжига, окисления под давлением или биоокисления перед цианированием для извлечения золота. Все эти методы предварительной обработки приводят к

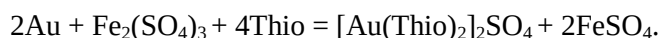
образованию кислотных растворов, которые требуют нейтрализации перед цианидным выщелачиванием. Использование кислой тиомочевины вместо цианида позволяет немедленно выщелачивать золото без нейтрализации и приводит к значительной экономии за счет исключения стадии нейтрализации. Как правило, золото может быть извлечено из тиомочевины путем цементации или абсорбции на активированном угле, или электролитическим извлечением. По сравнению с цианидом, тиомочевина имеет определенные преимущества, в том числе низкую чувствительность к основным металлам (Pb, Cu, Zn, As), низкую чувствительность к остаточной сере в кальцинатах, а также представляет меньшую угрозу для окружающей среды.

Целью данной работы является исследование условий извлечения золота тиомочевинной из сульфидной полиметаллической руды Меградзорского месторождения РА.

Экспериментальная часть. Для выявления оптимальных параметров извлечения золота из руды тиомочевинной в лабораторных условиях была исследована зависимость степени извлечения золота от времени. В исходной технологической пробе (по сухому весу) массовые доли основных элементов составляли в %: Al - 4,2; Mg – 3,67; Mn – 1,42; Zn – 0,8; Cu – 0,07, Pb – 0,08; Te – 0,001; SiO₂ – 22,5. Содержание золота и серебра соответственно составляло 42,5 г/т и 40,8 г/т.

Извлечение золота проводилось из 200 г измельченной руды (размер частиц - 74 мкм) в стеклянных химических стаканах. На основании литературных данных [6-8] был использован выщелачивающий раствор следующего состава: серная кислота (3%-ный раствор), тиомочевина (3%-ный раствор), железоммонийные квасцы (0,3%-ный раствор), pH=2, температура 35...40 °C, соотношение Т:Ж – 1:2.

Присутствие железоммонийных квасцов объясняется образованием комплекса катионного типа:



Выщелачивание золота проводилось в несколько стадий. На каждой стадии использовалась новая порция выщелачивающегося раствора. Продолжительность выщелачивания каждой новой порции раствором тиомочевины составляла 30 мин. После чего отделяли жидкую и твердую массы декантацией. Затем в обеззараженный раствор добавляли алюминиевый порошок, оставляли на 3 часа до полного осаждения порошка, отделяли сухую массу фильтрованием. А жидкую массу переносили в другую

колбу и нейтрализовали едким натром до тех пор, пока pH не достиг 8. После осветления раствора его фильтровали, и раствор после корректировки и доведения pH до 1.5..3 возвращали в процесс. А осадок после промывки и сушки хранили. Далее в растворах определяли количество непрореагировавшей тиомочевины титриметрическим методом в соответствии с ГОСТ 6344-73, а содержание золота – атомно-адсорбционным методом.

Зависимость степени извлечения золота от продолжительности выщелачивания представлена на рисунке.

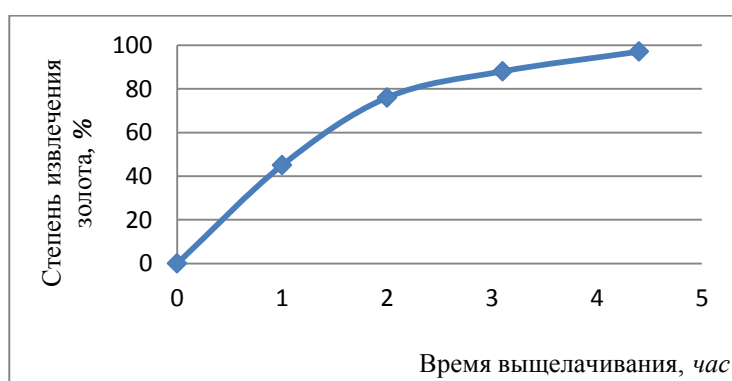


Рис. Зависимость степени извлечения золота от продолжительности выщелачивания

Закключение. Установлено, что для оптимизации процесса целесообразно первую стадию выщелачивания проводить в течение 60 мин, а остальные стадии – 30 мин. На первой стадии происходит извлечение ~ 45% золота, и значительная часть тиомочевины расходуется на растворение других металлов. Это предположение подтвердилось химическим анализом тиомочевинного раствора после первой обработки исходной пробы.

На основании проведенных исследований можно заключить, что оптимальными условиями процесса выщелачивания золота сернокислым раствором тиомочевины являются: предварительная кислотная обработка исходного материала, многократное использование тиомочевинных растворов до насыщения золотом. Новый, свежий выщелачивающий раствор ведет себя как вновь начатый процесс и повторяет высокую степень извлечения (75...90%) от остаточных количеств минералов в твердой массе.

Использование предварительной обработки исходной руды минеральной кислотой позволяет до первой стадии удалить часть мешающих

примесей. Таким образом, повторяя процесс 3...7 циклов (в зависимости от природы руды), можно за короткое время достичь выхода золота в раствор до ~ 97%.

Литература

1. Технология кучного выщелачивания благородных металлов / Г.А. Строганов, В.Е. Дементьев, А.М. Шутов и др. // Горн.журн.-1994.- № 12.- С. 10-11.
2. Применение метода кучного выщелачивания золота на Майском руднике / А.П. Татаринов, Г.А. Строганов, А.А. Синакевич и др. // Цвет. мет. - 1998.- № 5.- С.41-43.
3. Освоение технологии кучного выщелачивания на месторождении Чазы-Гол / С.С. Гудков, А.П. Татаринов, Г.Я. Дружина и др. // Цвет.мет.- 1999. - № 12.- С.38-41.
4. Бабоев И.Р., Сельницын Р.С., Холиков Б.К., Шарипов Б.К. Технология извлечения золота тиомочевинным выщелачиванием из лежалых отвалов // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2020. - N2. - С.4-13.
5. Выщелачивание золота различными растворами, заменители цианида и их перспективы в будущем / Х.И. Хохлов Н.Т. Шарифбоев, Ш.Р. Салиханов и др. // Журн. Сиб.федер. университета // Техника и технология. - 2021. - 14(4). - С.433-447.
6. Радомская В.И., Лосева О.В., Радомский С.М. Применение тиомочевины для концентрирования золота из вторичного сырья // Вестник ДВО РАН. – 2004. - N1. -С. 80-86.
7. Металлургия благородных металлов / И.Н. Масленицкий, Л.Б. Чугаев и др. - М.: Металлургия, 1987. - 432 с.
8. Радомская В.И., Радомский С.М., Павлова Л.М. Условия применения технологий тиокарбамидного выщелачивания золота и серебра // Научно-технический журнал «Георесурсы». - 2013. - 5(55). - С. 22-26.

*Поступила в редакцию 24.05.2024.
Принята к опубликованию 24.06.2024.*

ԹԻՈՄՒՋԱՆՅՈՒԹԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՈՐՊԵՍ ՈՍԿՈՒ ԱՐԴՅՈՒՆԱՀԱՆՄԱՆ ՄԻՋՈՑ

Մ.Ա. Միրականյան., Մ.Յու. Կոտիկյան, Գ.Ց. Վարդերեսյան, Հ.Կ. Հովհաննիսյան

Ներկայումս տարեցտարի ավելանում է շրջակա միջավայրը, ինչպես նաև մթնոլորտը, հիդրոսֆերան, լիտոսֆերան աղտոտող թափոնների քանակը: Այս տեսանկյունից շատ արդիական է հանքային հումքի համապարփակ օգտագործումը, որը ենթադրում է օգտակար և հարակից օգտակար հանածոների օպտիմալ և տնտեսապես

նպատակահարմար արդյունահանում՝ տեխնոլոգիական գործընթացի բոլոր փուլերում ընդերքում նվազագույն կորուստներով, ինչպես նաև՝ վերամշակման թափոնների օգտագործումը և էկոհամակարգերի վերականգնմանն ուղղված բնապահպանական միջոցառումների իրականացումը, անթափոն տեխնոլոգիաների ստեղծումը:

Դարեր շարունակ ոսկու տարրալվացման լավագույն ռեազենտը եղել է ցիանիդը՝ իր բարձր արդյունահանման, ցածր արժեքի և հուսալիության շնորհիվ: Այնուամենայնիվ, ցիանիդը խիստ թունավոր է և առաջացնում է բնապահպանական խնդիրներ, ինչը հիմք է հանդիսացել համատարած ուսումնասիրությունների համար, որոնք ուղղված են պակաս թունավոր տարրալվացման ազդանյութերի հայտնաբերմանը և զարգացմանը: Այլընտրանքային տարրալվացման միջոցների շարքում ամենամեծ ուշադրությունը գրավել են քլորիդները, թիոմիզանյութը և թիոսուլֆատը: Թիոմիզանյութի օգտագործումը՝ որպես ոսկու արդյունահանման տարրալվացման միջոց, դարձել է ավելի խոստումնալից:

Սույն հոդվածում ներկայացված են ՀՀ Մեղրաձորի հանքավայրի սուլֆիդային բազմամետաղային հանքաքարերից թիոմիզանյութով տարրալվացմամբ ոսկու կորզման օպտիմալ պարամետրերի բացահայտման արդյունքները:

Որոշված է, որ գործընթացն օպտիմալացնելու համար նպատակահարմար է իրականացնել տարրալվացման առաջին փուլը 60 րոպեի ընթացքում, իսկ մնացած փուլերը՝ 30 րոպեի ընթացքում: Առաջին փուլում 0 45 % ոսկին արդյունահանվում է, և թիոմիզանյութի զգալի մասը ծախսվում է այլ մետաղների լուծման վրա:

Սահմանվել են թիոմիզանյութի ծծմբաթթվային լուծույթով ոսկու տարրալվացման գործընթացի օպտիմալ պայմաններ. սկզբնական նյութի նախնական թթվային մշակում, որը թույլ է տալիս հեռացնել որոշ խանգարող խառնուրդները մինչև առաջին փուլը, և թիոմիզանյութի լուծույթների կրկնակի օգտագործում՝ մինչև ոսկով հագեցումը: Գործընթացը 3...7 ցիկլով կրկնելը հնարավորություն է տալիս կարճ ժամանակում լուծույթում հասնել ոսկու ելքի մինչև 0 97 %-ի:

Առանցքային բառեր. թիոմիզանյութ, տարրալվացում, արդյունահանման ռեազենտ, ոսկու կորզում:

USING THIOUREA AS AN EXTRACTING AGENT FOR GOLD EXTRACTION

M.A. Sirakanyan, S.Yu. Kotikyan, G.C. Varderesyan, H.K. Hovhannesian

Currently, the amount of waste polluting the environment, as well as the atmosphere, hydrosphere, and lithosphere, is increasing from year to year. From this point of view, the integrated use of mineral raw materials, which involves the optimal and economically feasible extraction of useful and associated minerals with minimal losses in the subsoil at all stages of the technological process, the disposal of processing waste and the implementation of environmental measures aimed at restoring ecosystems, as well as the creation of waste-free technologies are very relevant.

For centuries, the best reagent for leaching gold was cyanide due to its high recovery, low cost and reliability. However, cyanide is highly toxic and causes environmental problems, which has prompted widespread research aimed at identifying and developing less toxic leaching reagents. Among the alternative leaching agents, chlorides, thiourea and thiosulfate have received the most attention. The use of thiourea as a lixiviant for gold recovery has proven more promising.

This article presents the results of identifying the optimal parameters for gold extraction by leaching with thiourea from sulfide polymetallic ores of the Megradzor deposit of the Republic of Armenia.

It was found that to optimize the process, it is advisable to carry out the first stage of leaching for 60 minutes, and the remaining stages for 30 minutes. In the first stage, ~ 45% of the gold is recovered, and a significant part of the thiourea is spent on dissolving other metals.

The optimal conditions for the process of leaching gold with thiourea sulfate solution have been established: preliminary acid treatment of the source material, which allows removing some of the interfering impurities before the first stage and repeated use of thiourea solutions until saturation with gold. Repeating the process in 3...7 cycles makes it possible to achieve a yield of gold in solution of up to ~ 97% in a short time.

Keywords: thiourea, leaching, extracting agent, gold recovery.