

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Хабибулина Р.Э., Лобанов В.Г.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

khabibulina.ucheba@mail.ru, v.g.lobanov@urfu.ru

Аннотация. Работа посвящена проблеме извлечения золота из минерального и техногенного сырья. Традиционные технологии данной отрасли, основанные на использовании ртути и цианидов, для переработки техногенного и бедного сырья не могут быть использованы по экономическим и экологическим причинам. Поисковыми опытами установлена возможность выщелачивания золота альтернативным, экологически чистым реагентом на основе органического хлора. Целью данных исследований являлось изучение технологических основ переработки техногенного сырья, запасы которого на Урале не ограничены.

Ключевые слова: золото, техногенное сырье, экологичность, выщелачивание, органический хлор.

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGY OF GOLD LEACHING FROM ANTHROPOGENIC RAW MATERIALS

Khabibulina R.E., Lobanov V.G.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

khabibulina.ucheba@mail.ru, v.g.lobanov@urfu.ru

Abstract. The work is devoted to the problem of extracting gold from mineral and anthropogenic raw materials. Traditional technologies of this industry based on the use of mercury and cyanide cannot be used for the processing of technogenic and poor raw materials for economic and environmental reasons. Exploratory experiments established the possibility of gold leaching with an alternative, environmentally friendly reagent based on organic chlorine. The purpose of these studies was to study the technological bases of processing of technogenic raw materials, the reserves of which are not limited in the Urals.

Key words: gold, anthropogenic raw materials, environmental friendliness, leaching, organic chlorine.

Специалисты всего мира единодушны в стремлении спасти Землю от накопленных техногенных отходов и не допускать образования новых.

Обеднение руд, большие объемы техногенных отходов, устаревшие технологии и экологические катастрофы привели к необходимости проведения исследований в направлении изучения и разработки новых экологически чистых технологий извлечения металлов, в частности, золота.

В практической металлургии традиционно для извлечения золота из руд и концентратов использовали технологии, включающие в себя опасные для человека и окружающей среды компоненты [1,2]. Уже почти 200 лет самым распространенным методом извлечения золота из коренных руд остается метод цианирования. Сочетание селективного по отношению к золоту лиганда – цианистого натрия или калия, и окислителя – кислорода, позволяли эффективно извлекать золото из руд [3]. Использование газообразного хлора или хлорной извести в металлургии золота также достаточно хорошо изучено и применяется на практике. Важнейшим недостатком указанных технологий являются их чрезвычайная токсичность и опасность для человека и окружающей среды [4,5].

Ранее установлена возможность растворения золота реагентами на основе органического хлора [6]. Изучаемая система для выщелачивания содержит хлориды и носитель активного хлора, в качестве которого предложено использовать хлоризоцианураты. Хлоризоцианураты – это хлорсодержащие производные циануровой кислоты ($C_3H_3N_3O_3$), относящейся к разряду органических кислот. По сути изоциануровая кислота (сокращенно ИЦК) является стабилизатором активного хлора. Препараты на основе дихлор – и трихлоризоциануровой кислоты широко используются для санитарной обработки воды в бассейнах и в качестве обеззараживающих моющих жидкостей. При растворении хлоризоциануратов в воде выделяется активный хлор, который и обеспечивает окислительную функцию реагента. В воде препараты плохо растворимы и эта особенность хлоризоциануратов обуславливает пролонгацию окислительных свойств реагента, обеспечивает уверенное регулирование и поддержание требуемого окислительно-восстановительного потенциала выщелачивающей системы в широком диапазоне pH на требуемом уровне [7].

Важнейшей особенностью хлоризоциануратов является их экологическая безопасность – реагенты подобного типа относятся к III классу опасности химических веществ, что является показателем предельно низкой токсикологической опасности реагента. В этой связи нами предложено назвать предлагаемую технологию «мягкое хлорирование». Для сравнения, гипохлорит, используемый в качестве окислителя золота в известных способах [8–12], в соответствии с требованиями промышленной безопасности относят к категории опасных реагентов.

Использование производных изоциануровой кислоты открывает широкие перспективы в переработке техногенного золотосодержащего сырья, когда

требуется сочетание гарантированной экологичности и комплексного подхода в извлечении цветных металлов [13].

Важнейшим параметром технологии является скорость растворения золота в рекомендуемых растворах. На кинетику процесса влияет прежде всего концентрация комплексообразователя и окислителя. Процесс выщелачивания золота протекает в растворе, содержащем соляную кислоту и активный хлор, который будет работать даже в нейтральной среде.

Исследования кинетики данного процесса проводили с использованием методики золотого диска диаметром 7 мм в условиях комнатной температуры с различными концентрациями активного хлора в растворе (1, 3 и 5 г/дм³). Полученная зависимость представлена на рисунке 1.

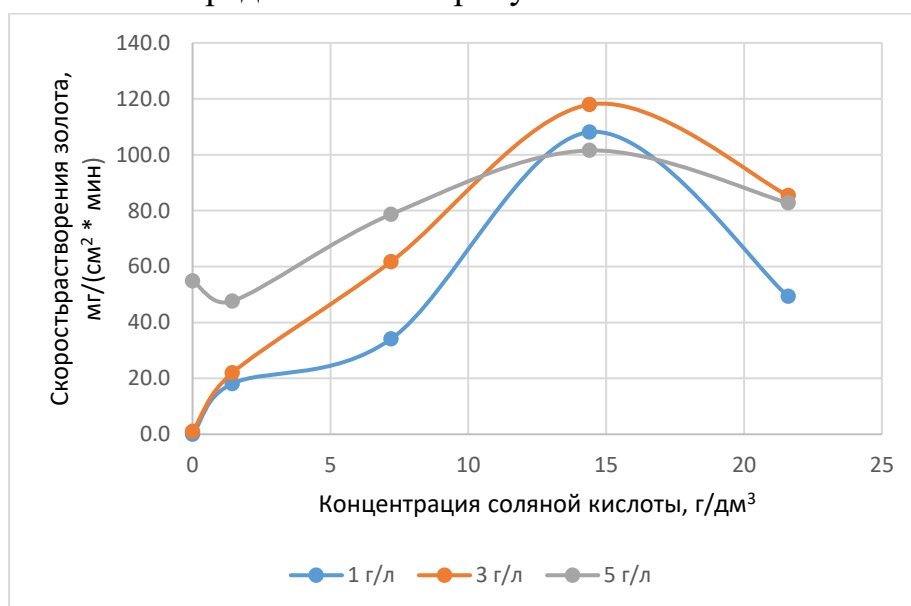


Рисунок 1 – Зависимости скорости растворения золота от концентрации соляной кислоты

Из полученных данных следует, что максимально возможная скорость растворения золота достигается в районе отметки 15 г/дм³ соляной кислоты. При увеличении кислотности скорость растворения золота уменьшается. Объясняется это тем, что при последующем увеличении концентрации кислоты реагент разлагается с выделением газообразных продуктов.

Тестовые опыты способа «мягкого хлорирования» были опробованы для извлечения золота из хвостового шлама химического завода. По результатам пробирного анализа содержание золота в данном техногенном сырье достигает 3 г/т. Шлам состоит преимущественно из CaSO₄·5H₂O, Ca(OH)₂, BaSO₄ и С. На первой стадии шлам обработали раствором серной кислоты для выведения кислотоёмких компонентов, на втором этапе золото выщелачивали раствором соляной кислоты и ИЦК. Тестовые опыты позволили получить обнадеживающие результаты.

Еще одним материалом для тестовых опытов был выбран клинкер Беловского цинкового завода ЗАО «Поляргео». Клинкер содержит в своем составе оксиды кремния, железа, алюминия и кальция, а также медь, цинк и углерод. В материале по предварительным анализам содержатся (г/т): Au 2,5–3; Ag 200–320. Извлечение золота в раствор методом «мягкого хлорирования» превысило 70 %.

Выводы:

1. Дихлоизоцианурат натрия в сочетании с раствором умеренной кислотности обеспечивает высокую скорость и селективность растворения золота. Технология, основанная на использовании данной выщелачивающей системы, может быть отнесена к категории экологически безопасных.

2. Мягкое хлорирование предоставляет возможности эффективно извлекать золото из техногенного сырья с минимальными экологическими издержками.

Библиографический список

1. Масленицкий И. Н. *Металлургия благородных металлов: учеб. пособие* / И. Н. Масленицкий, Л. В. Чугаев, В. Ф. Борбат. – Москва: *Металлургия*, 1987. – 432 с.
2. Стрижко Л. С. *Металлургия золота и серебра : учеб. пособие* / Л. С. Стрижко. – Москва : МИСИС, 2001. – 332 с. – ISBN 5-87623-083-9.
3. Цианирование золота // Википедия. – URL: https://ru.other.wiki/wiki/Gold_cyanidation : (дата обращения: 10.10.2021).
4. Кляйн С. Э. *Цветная металлургия : учеб. пособие* / С. Э. Кляйн, С. В. Карелов, В. И. Деев. – Екатеринбург : УГТУ, 2000. – 137 с. – ISBN 5-230-06564-8.
5. Способ цианистого выщелачивания благородных металлов : пат. № 286687 Рос. Федерация : МПК С 22 В 11/08 / Мамилов В. В., Лобанов В. Г., Краев В. Н. – № 95109070/02 ; заявл. 31.05.1995 ; опубл. 10.08.1997, Бюл. №40.
6. Заявка РФ № 2020109339, положительное решение от 03.09.2021
7. Стабилизирование хлора циануратами // Аквафрешсистема. – URL : <https://filtravod.ru/miscellaneous/ochistka-vody-v-basseine/cyanurat> : (дата обращения 10.10.2021).
8. Lee H. Y. Cementation behaviour of gold and silver onto Zn, Al, and Fe Powders from Acid Thiourea Solutions / H. Y. Lee, S. G. Kim, J. K. Oh. // *Canadian Metallurgical Quarterly*, 1997. – Vol. 36. – P. 149-155.

9. Muir D. M. Thiosulfate as an alternative lixiviant to cyanide for gold ores / D. M. Muir, M. G. Aylmore // World Journal of Engineering and Technology. – 2005. – Vol. 4, Iss. 2. – P. 541.
10. Aylmore M. G. Alternative lixiviants to cyanide for leaching gold ores / M. G. Aylmore // World Journal of Engineering and Technology. – 2005. – Vol. 4, Iss. 2. – P. 501.
11. Yannopoulos J. C. The Extractive Metallurgy of Gold / J. C. Yannopoulos. – USA : Van Nostrand Reinhold, 1991. – 182 p.
12. la Brooy S. R. Review of Gold Extraction from Ores / S. R. la Brooy, H. G. Linge, G. S. Walker // Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering. – 2014. – Vol. 2, Iss. 4. – P. 1213.
13. Разработка технологических основ выщелачивания золота из техногенного сырья хлорорганическими соединениями: Выпускная квалификационная работа / Институт новых материалов и технологий ; рук. Лобанов В.Г. – Екатеринбург, 2021. – 58 с. Исполн.: Хабибулина Р.Э.