

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 669.2.018.674

DOI: 10.15587/2313-8416.2014.30563

ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УПОРНОГО ОКИСЛЕННОГО ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

© И. Р. Бобоев, Л. С. Стрижко, Н. У. Эргашев, Е. П. Горбунов

Статья посвящена выщелачиванию золота из упорных окисленных золотых руд, содержащих медь. Отмечено, что прямое цианирование золота из аналогичных руд из-за высоких содержаний меди представляет сложную задачу. Установлено, что одним из возможных способов решения данной задачи является способ аммиачного цианирования. В качестве объекта исследования был выбран окисленные упорные руды Таррорского месторождения

Ключевые слова: золото, медь, упорные руды, цианирование, аммиачное цианирование, сульфат аммония, цианида, концентрация, извлечение

The article is devoted to leaching of gold refractory oxidized gold ores containing copper. It is noted that the direct cyanidation of gold from similar ores is a complex problem due to high contents of copper. It is established that one of possible ways of problem solution is ammonia cyanidation. The oxidized refractory ores of the Tarror deposit is selected for investigation

Keywords: gold, copper, refractory ores, cyanidation, ammonia cyanidation, sulfate ammonium, cyanide, concentration, recovery

1. Введение

Вопросы цианирования упорных окисленных руд содержащих медь всегда стоят остро. Поиск решений этой проблемы на сегодняшний день является весьма актуальным.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Как известно, окисленные минералы меди в цинидных растворах быстро растворяются и приводят к повышению расхода цианида и концентрации комплексных соединений меди [1, 2]. Дальнейшие процессы сорбции, десорбции, электролиза и плавки приводят к получению сплава Доре с содержанием в нем меди до 60–70 %, что повышает себестоимость его переработки для очистки от примесей на аффинажном заводе.

Кроме того растворение меди приводит к снижению извлечения золота. Известно, что цианирование аналогичного сырья, с целью снижения расхода цианида, проводят при низких его концентрациях, так как скорость растворения меди уменьшается пропорционально концентрации цианида [3]. Однако, при этом образуются устойчивые соединения цианидной меди, которые пассивируя поверхность золотин, образуют труднорастворимые пленки вследствие чего снижается степень извлечения золота [1]. Установлено, что эти пленки разрушаются, если вести процесс цианирование в присутствии аммония, т. е. проводит аммиачно-цианидное выщелачивание [1–7]. В связи с этим были проведены исследования. Химизм данного процесса и механизм его протекания были

исследованы в работах [1]. Установлено, что постоянным параметром технологического процесса является рН среды 10,5–11,5. Такая высокая щелочность объясняется тем, что именно в такой среде происходит уменьшение концентрации меди в растворе при аммиачно-цианидном выщелачивании. Что касается аммония и цианида то в зависимости от состава руды их концентрация меняется [1].

3. Цель и задачи исследования

Целью настоящей работы является разработка гидрометаллургического способа выщелачивания золота из медьсодержащего сырья. Задачами исследования являются установление оптимальных условий предложенного способа применительно к выбранному объекту.

4. Материалы и методы исследований

Объектом исследования являлись окисленные упорные руды Таррорского месторождения. По данным химического анализа основными компонентами руды являются SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , составляющие в сумме 81,54 %, в подчиненных количествах присутствуют Al_2O_3 и Sobш – 4,61 и 2,01 % соответственно. Содержание остальных компонентов менее 1 %. Вредными компонентами пробы являются медь, составляющая 0,52–0,6 %, которая сконцентрирована, в основном, в малахите и азурите. Золото в руде содержится в количестве более 6 г/т.

5. Результаты исследований

Проведены исследования по изучению влияния концентрации сульфата аммония на извлечение

золота и меди. Опыты проведены при pH среды 9,8–10,5, создаваемой известью. Продолжительность выщелачивания – 16 часов. Необходимо отметить, что концентрация цианида была поддержана на уровне 0,025 % только первые 6 часов при разных концентрациях сульфата аммония.

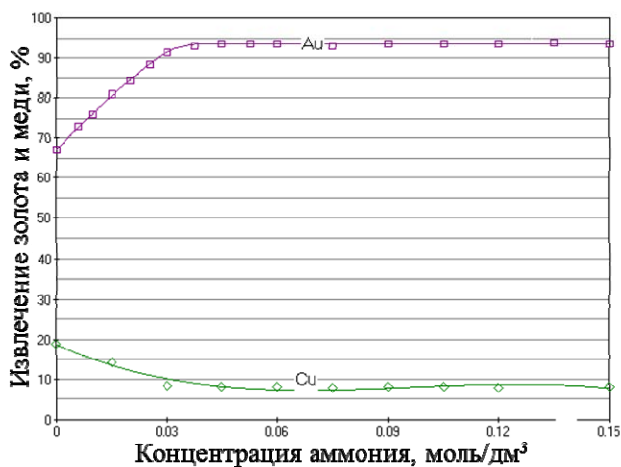


Рис. 1. Влияния концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ на степень извлечения золота и меди при низких концентрациях цианида

Как видно из рисунка, повышение концентрации сульфата аммония оказывает положительное влияние на процесс цианирования, повышая извлечение золота до 93,6 %.

Были проведены сравнительные исследование по изучению кинетики цианидного и аммиачно-цианидного выщелачивания. Условия опыта, концентрация цианида в растворе – 0,02 %, продолжительность выщелачивания – 36 часов. pH раствора поддерживался на уровне 10,5–11,5. Результаты приведены на рис. 2, 3. Необходимо отметить, что – эти эксперименты отличаются от предыдущих (см. условия проведения эксперимента представленной на рис. 1) низкой концентрацией цианида и высоким значением pH среды.

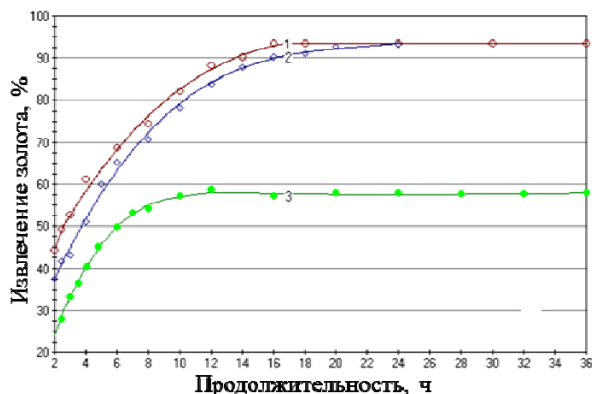


Рис. 2. Влияния продолжительности выщелачивания на извлечение золота: 1 – аммиачное цианирование при концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,045 моль/дм³; 2 аммиачное цианирование при концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,03 моль/дм³; 3 – прямое цианирование

Согласно приведенным данным (рис. 2, 3), присутствие сульфата аммония положительно сказывается на скорости растворения золота. При этом следует отметить, что (рис. 3) концентрация меди уменьшается в растворе в 3 раза.

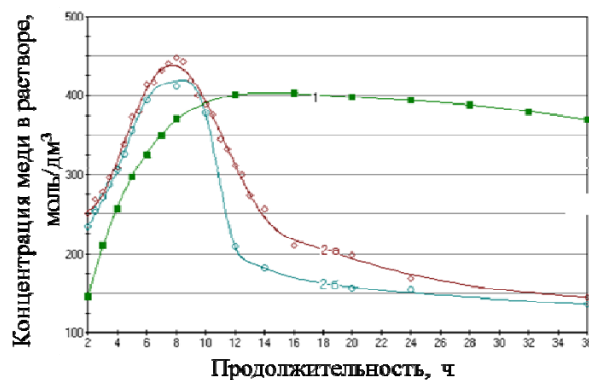


Рис. 3. Влияния продолжительности выщелачивания на концентрацию меди в растворе: 1 – прямое цианирование; 2-а – аммиачное цианирование при концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,045 моль/дм³; 2-б – аммиачное цианирование при концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,03 моль/дм³

Необходимо отметить, что расход цианида, который связан с его концентрацией, является основными факторам определяющим применимость аммиачно-цианидного выщелачивания к аналогичным продуктам т. к. повышение концентрации цианида пропорционально увеличивает расход его, а также степени растворимости минералов меди, что отрицательно сказывается на последующие процессы сорбции. Кроме того накопление комплексов меди в растворе понижает активность раствора. В связи с этим, с целью определения оптимальной концентрации цианида проведены исследования по влиянию концентрации цианида на извлечение золота. Следует отметить, что концентрация цианида во всех опытах поддерживалась первые 4 часа (табл. 1), продолжительность выщелачивания составляла 16 часов.

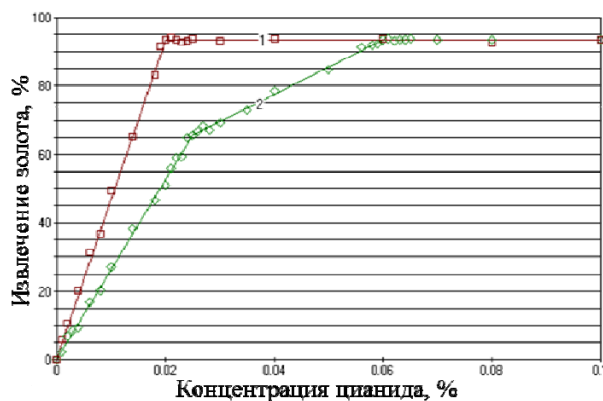


Рис. 4. Влияние концентрации цианида на показатель извлечения золота: 1 – в присутствии $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,045 моль/дм³; 2 – прямое цианирование

Как видно из рис. 4, введение в цианидные растворы сульфата аммония способствует максимальному извлечению золота из обработанного огарка даже при низких концентрациях цианида.

Также следует отметить, что присутствие аммония в растворе снижает расход цианида, о чём свидетельствуют полученные данные, в табл. 1.

Таблица 1
Зависимость расхода цианида от продолжительности поддержания концентрации цианида ((NH₄)₂SO₄ – 0,045 моль/дм³)

Концентрация цианида поддерживается		Концентрация компонентов в растворе, мг/дм ³		Расход цианида, кг/т	Извлечение Au*, %
в течение, ч	на уровне, %	Au	Cu		
2	0,015	1,96	32	0,5	64,3
	0,02	2,21	48	0,75	72,4
	0,025	2,66	110	0,9	87,5
4	0,015	2,33	60	0,9	78,4
	0,02	2,81	92	1,2	93,5
	0,025	2,85	172	1,5	93,6
6	0,015	2,64	96	1,4	86,6
	0,02	2,85	167	1,6	93,6
	0,025	2,85	240	1,7	93,6
24	0,015	2,85	894	9	93,6
	0,02	2,85	1180	12	93,6
	0,025	2,85	1330	13	93,6

* показатель извлечения золота после 24 часов

Из полученных данных (табл. 1) можно сделать вывод, что поддержание концентрации цианида первые 4 часа на уровне 0,02 % достаточно, чтобы обеспечить максимальное извлечение золота.

6. Обсуждение результатов

Полученные данные свидетельствуют о том, что введение сульфата аммония приводит к повышению извлечения золота. Это объясняется тем, что аммоний разрушает цианидные пленки на поверхности золота и вследствие чего открывается доступ к NaCN.

С увеличением концентрации сульфата аммония (рис. 1) увеличивается концентрация меди в растворе. Визуально установлено, что эти комплексы являются аммиачными (II) $Cu(NH_3)_4^{2+}$ [1]. Наличие аммиачных комплексов двухвалентной меди в таких условиях также подтверждается диаграммой устойчивости комплексов аммиачных соединений меди [4].

С увеличением концентрации солей аммония до 0,03 моль/дм³ в рабочих цианидных растворах, время выщелачивания сокращается (рис. 3). Кроме того уменьшается концентрация меди (рис. 4), что положительно сказывается на последующие процессы сорбции золота активированным углем, десорбции и т. д. Это связано с тем, что процесс ведется при pH 10,5–11,5. В такой среде аммиачные комплексы меди не являются устойчивыми, и переходят в осадок в форме гидроксида [1].

Поддержания концентрации цианида только в начале процесса в течение 4 часа связано с тем, что цианидные комплексы меди, образующиеся при взаимодействии со свободными циан-ионами, после достижения этой продолжительности при ведении аммония, вступают в роль растворителя в отсутствии

свободного циан-иона и растворяют золота [1]. Обнаруженное явление способствует снижению расхода цианида.

7. Выводы

1. Применение аммиачного цианирования способствовало повышению извлечения золота с 57,4 до 93,6 %.

2. Экспериментально установлено, что при аммиачном цианировании расход цианида снизился до 1,2 кг/т без изменения извлечения золота за счет поддержания его концентрации в растворе на уровне 0,02 %.

3. Установлено, что при поддержании pH среды на уровне 10,5–11,5 и концентрации сульфата аммония на уровне 0,03 моль/дм³ концентрация меди в растворе снизилась в 3 раза.

4. Результаты исследования подтверждены лабораторно-укрупненными, полупромышленными и промышленными испытаниями. Технология внедрена на ЗАО СП «Зарафшон».

5. Данная технология позволила вовлечь в переработку упорные медьсодержащие руды Таррорского месторождения с получением сплава Доре с низкими содержаниями меди.

6. Снижена себестоимость перерабатываемого сырья.

7. Устранено образование опасных соединений цианидной меди, пагубно влияющих на окружающую среду.

Литература

1. Стрижко, Л. С. Извлечение золота из золото-медьсодержащего сырья [Текст] / Л. С. Стрижко, Ш. Бобозода, Б. Р. Бобоев, Б. Р. Бергер // Цветные металлы. – 2014. – № 6. – С. 37–41.
2. Стрижко, Л. С. Способ извлечения золота из

золотосодержащих продуктов содержащих железа и медь [Текст] / Л. С. Стрижко, И. Р. Бобоев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 6, № 6 (60). – С. 66–69. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/5572/5013>

3. Стрижко, Л. С. Исследование и разработка технологии извлечения золота из окисленных руд одного из крупнейших месторождений Таджикистана [Текст] / Л. С. Стрижко, Б. А. Бобохонов, И. Р. Бобоев // Цветные металлы. – 2012. – № 7. – С. 41–44.

4. Fang, Zh. Leach out gold and silver from sulfide concentrate copper with cyanide and ammonia solutions [Text] / Zh. Fang // Minerals Engineering. – 1992. – Vol. 2, Issue 1. – P. 43–53.

5. Захаров, В. А. Золото: упорные руды [Текст] / В. А. Захаров, М. А. Меретуков. – М. : Руда и Металлы, 2013. – 452 с.

6. Стрижко, Л. С. Metallurgiya zolota i serebra [Текст] : уч. пос. / Л. С. Стрижко. – М. : МИСиС, 2001. – 336 с.

7. Бобохонов, Б. А. СП «Зарафшон»: технологии переработки золотосодержащих руд [Текст] / Б. А. Бобохонов, Б. Р. Рабиев, И. Р. Бобоев // Горный журнал. Специальный выпуск. – 2012. – С. 46–50.

References

1. Strizhko, L. S., Bobozoda, Sh., Boboev, B. R., Berge, B. R. (2014). Izvlechenie zolota iz zoloto-med'soderzhashchego syr'ya. Tsvetnye metally, 6, 37–41.

2. Strizhko, L. S., Boboev, I. R. (2012). Method for extracting gold from gold-products containing iron and copper. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6/6(60), 66–69. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/5572/5013>

3. Strizhko, L. S., Bobokhonov, B. A., Boboev, I. R. (2012). Issledovanie i razrabotka tekhnologii izvlecheniya zolota iz okislennykh rud odnogo iz krupneyshikh mestorozhdeniy Tadzhikistana. Tsvetnye metally, 7, 41–44.

4. Fang, Zh. (1992). Leach out gold and silver from sulfide concentrate copper with cyanide and ammonia solutions. Minerals Engineering, 2 (1), 43–53.

5. Zakharov, V. A., Meretukov, M. A. (2013). Zoloto: upornye rudy. Moscow: Ruda i Metally, 452.

6. Strizhko L.S. (2001). Metallurgiya zolota i serebra. Moscow: MISiS, 336.

7. Bobokhonov, B. A., Rabiev, B. R., Boboev, I. R. (2012). SP «Zarafshon»: tekhnologii pererabotki zolotosoderzhashchikh rud. Gornyy zhurnal. Spetsial'nyy vypusk, 46–50.

Дата надходження рукопису 10.11.2014

Бобоев Икромджон Рахмонович, кандидат технических наук, младший научный сотрудник, кафедра цветных металлов и золота, Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов», пр. Ленинский, 4, Москва, Россия, 119991

E-mail: bobev-i@mail.ru

Стрижко Леонид Семенович, доктор технических наук, профессор, кафедра цветных металлов и золота, Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов», пр. Ленинский, 4, Москва, Россия, 119991

E-mail: sls_2007.47@mail.ru

Эргашев Нурбек Улугбекович, кафедра цветных металлов и золота, Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС», пр. Ленинский, 4, г. Москва, Россия, 119049

Горбунов Евгений Павлович, аспирант, кафедра цветных металлов и золота, Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС», пр. Ленинский, 4, г. Москва, Россия, 119049

УДК 663.8

DOI: 10.15587/2313-8416.2014.31498

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

© М. А. Гулеватая, С. И. Усатюк

Статья посвящена исследованию показателей идентификации безалкогольных напитков отечественного производителя в соответствии с требованиями нормативной документации. Было проведено идентификацию маркировки продукции, органолептическую оценку безалкогольных напитков дескрипторно-профильным методом с построением профилограмм, определено массовую долю сухих веществ рефрактометрическим методом, а также кислотность методом потенциометрического титрования

Ключевые слова: показатели качества, безалкогольный напиток, нормативная документация, маркировка

The article is devoted to investigation of identification indicators of non-alcoholic beverages by domestic producers in accordance with the requirements of regulatory documents. The identification of product labeling and organoleptic evaluation of non-alcoholic beverages by descriptive and profile method with the construction of profilograms is made. Dry solids weight ratio by refractometric method and acidity by potentiometric titration are determined

Keywords: quality indicators, non-alcoholic beverages, regulatory documents, labeling