

УДК 622.75/.77
МРНТИ 53.37.33
<https://doi.org/10.31643/2018/6445.31>

Комплексное использование
минерального сырья. № 4.2018.
ISSN 2616-6445 (Online), ISSN 2224-5243 (Print)

Б. Н. СУРИМБАЕВ^{1,2*}, А. О. БАЙКОНУРОВА¹, Л. С. БОЛОТОВА², Б. МИШРА³

¹Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан, *e-mail: surimbaev@gmail.com

²Филиал РГП «НЦ КПМС РК» Государственное научно-производственное объединение промышленной экологии «Казмеханобр», Алматы, Казахстан

³Вустерский политехнический институт, Вустер, США

ИНТЕНСИВНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЗОЛОТА ИЗ ГРАВИТАЦИОННОГО КОНЦЕНТРАТА ПРИ НИЗКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЦИАНИДА НАТРИЯ

Received: 17 July 2018 / Peer reviewed: 3 September 2018 / Accepted: 1 October 2018

Резюме. В работе представлены результаты исследований по интенсивному выщелачиванию золотосодержащего гравитационного концентрата в аппаратах барабанного и конусного типов при пониженной концентрации цианида натрия с добавкой реагента-активатора. В качестве реагента-активатора использовали кислоту органического происхождения с расходом 1,5 и 3,0 кг/т. Приведены параметры обоих аппаратов интенсивного цианирования. Тесты проведены в сравнении с известными способами интенсивного выщелачивания золота в аналогичных аппаратах при высокой концентрации цианида натрия, в которых извлечение золота достигает высоких результатов. Однако, при этом отмечается существенный расход цианида натрия, который является дорогостоящим реагентом. Аналогичные результаты можно достичь при низкой концентрации цианида натрия, используя реагент-активатор, при существенном снижении расхода цианида натрия. Показано, что использование реагента-активатора на основе алифатической кислоты существенно интенсифицирует процесс выщелачивания золота и позволяет снизить в несколько раз концентрацию цианида натрия. Установлено, что содержание золота в хвостах интенсивного цианирования с использованием реагента-активатора на основе алифатической кислоты в обоих аппаратах ниже, чем без использования данного реагента. По результатам исследований скорость растворения золота в барабанном аппарате выше, чем в конусном, но для интенсивного цианирования гравитационных концентратов возможно использование аппаратов обоих типов, барабанного и конусного.

Ключевые слова: интенсивное выщелачивание, гравитационный концентрат, реагент-активатор, выщелачивание, золото.

Введение. Гидрометаллургическая переработка золотосодержащих концентратов традиционными методами цианирования является затруднительной в связи с отсутствием оборудования небольшой производительности и значительными потерями металла с кеком [1].

До последнего времени единственным приемлемым методом их переработки считалась глубокая доводка (перечистка) с последующей плавкой получаемой «золотой головки» на металлические слитки [2]. Стандартные методы переработки гравитационных концентратов позволяют извлекать золото на уровне не выше 70 % [3]. В настоящее время для увеличения извлекаемости золота, стали использовать установки интенсивного цианирования (Asacia и ILR Gekko), позволяющие достигать высокого извлечения золота из гравикоцентратов за приемлемое для общего технологического цикла время [1, 4-6].

Основное преимущество интенсивного цианирования заключается в максимальном

переводе гравитационного золота в раствор, направляемого на процесс электролиза [1-3].

Поведение золота при цианировании зависит от ряда факторов, из которых главным является вид связи золота с рудными и пороодообразующими минералами. Золото может находиться, как в свободном состоянии, так и в виде сростков с минералами. Любое из этих состояний золота может повлиять на его недоизвлечение при растворении и вызвать повышенный расход реагентов [7, 8]. Наличие сульфидов в цианируемой пульпе часто тормозит растворение золота, образуя защитную пленку на поверхности золота [1, 9, 10].

В известных процессах интенсивного цианирования (Asacia и ILR Gekko) используются растворы с повышенной концентрацией цианида (20-40 г/дм³), защитной щелочи и с добавкой химических реагентов и окислителя [1, 11-13]. Стоимость широко используемых реагенто-активаторов марки LeachWELL 40 долларов США за кг или 4 цента за грамм [14].

Представляло интерес изучить показатели интенсивного цианирования золотосодержащего гравитационного концентрата в обоих типах аппаратов при пониженной концентрации цианида натрия с добавкой в раствор активатора – кислоты на алифатической основе, которая ранее не использовалась для интенсивного цианирования [15].

Экспериментальная часть. Для интенсивного цианирования был наработан золотосодержащий концентрат руды с месторождения Райгородок (Казахстан). Содержание золота в гравитационном концентрате по пробирно-гравиметрическому анализу колебалось в пределах 77–92 г/т, серебра в пределах 39–49 г/т.

Химический анализ гравитационного концентрата, выполненный по ГОСТу 27329-87 и СТ РК 2330-2013, по основным компонентам и сере показал состав, %: Cu – 0,11; Zn – 0,025; Fe – 35,02; S_{общ.} – 32,14; S_{сульфат.} – 0,034; S_{сульфид.} – 32,106 [16]. По химическому составу содержание металлов-примесей в концентрате незначительное.

Рентгенодифрактометрическим методом,

проведенным на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3, было установлено, что концентрат представлен следующими минералами, %: пирит – 78,5, халькопирит – 5,5, КПШ – 5,9, кварц – 10,0. В небольшом количестве присутствуют магнетит, ковеллин, гидроксиды железа (рисунок 1).

Для интенсивного цианирования гравитационных концентратов были использованы аппараты двух типов: барабанного и конусного, получившие широкое распространения на золотоизвлекательных фабриках.

Аппарат барабанного типа (ILR Gekko) действует по принципу полупогруженного слоя и представляет горизонтально установленный барабан, вращающийся с небольшой скоростью, с комплектом специальных разделительных перегородок [1, 5]. Параметры лабораторной установки барабанного типа были следующими (рисунок 2): диаметр барабана – 98 мм; длина барабана – 214 мм; полный объем – 1,6 дм³; полезный рабочий объем – 0,38 дм³, скорость вращения барабана агитатора – 4,25 оборотов в минуту [16].

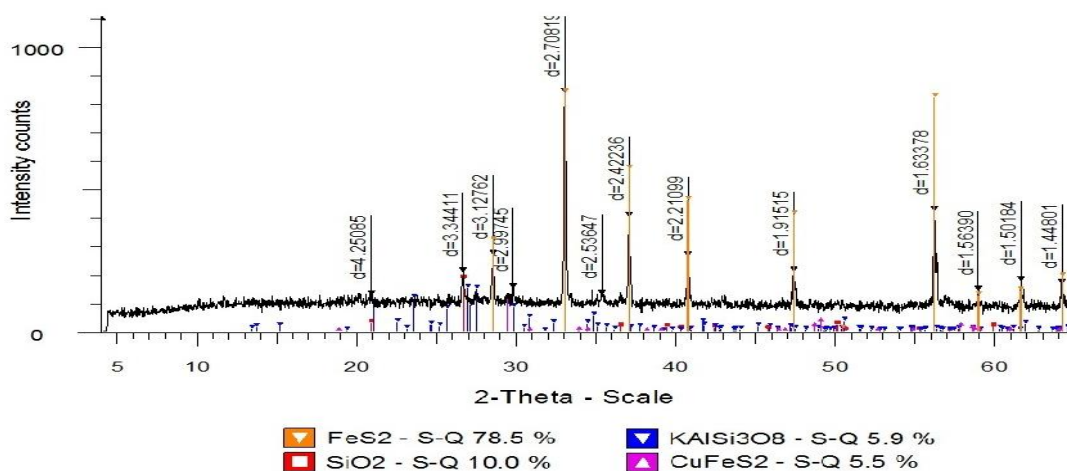
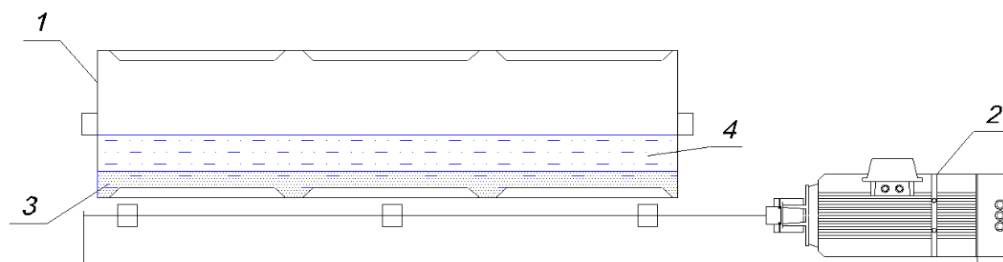


Рисунок 1 – Дифрактограмма гравитационного концентрата



1 – реактор барабанного типа; 2 – двигатель; 3 – концентрат; 4 – раствор

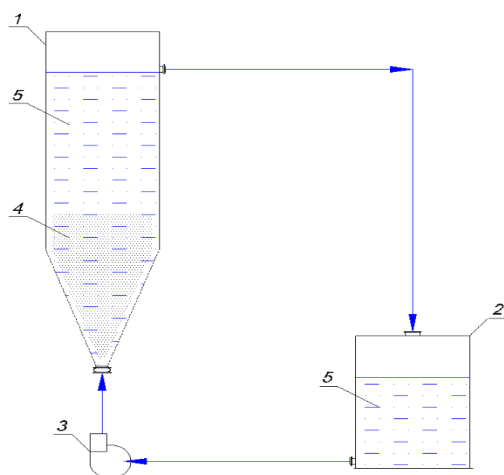
Рисунок 2 – Агитатор барабанного типа для цианирования гравитационного концентрата

Аппарат конусного типа (Asacia) является комплексной компактной установкой, ядром которой служит конусообразный реактор со взвешенным слоем концентрата за счет восходящего потока раствора [1, 6]. Параметры лабораторной установки конусного типа были следующими (рисунок 3): высота конуса – 210 мм; диаметр верхней части конуса – 40 мм; угол наклона конуса – 78° ; скорость подачи выщелачивающего раствора для создания взвешенного слоя золотосодержащего концентрата – $15-18 \text{ дм}^3/\text{ч}$; полный объем конуса – $0,15 \text{ дм}^3$; полезный рабочий объем конуса – $0,10-0,12 \text{ дм}^3$ [16].

Условия проведения опытов в аппарате барабанного типа: масса гравитационного концентрата – 0,05 кг; Т:Ж = 1:6; объем цианосодержащего раствора – $0,3 \text{ дм}^3$; pH 10,50; NaCN – 3 и 5 г/дм^3 (0,3 и 0,5 %).

Условия проведения опытов в аппарате конусного типа: масса гравитационного концентрата – 0,05 кг; Т:Ж = 1:14; объем цианосодержащего раствора – $0,7 \text{ дм}^3$; pH 10,50; NaCN – 3 и 5 г/дм^3 (0,3 и 0,5 %).

Расход кислоты на алифатической основе поддерживали в пределах 1,5 и 3,0 кг/т.



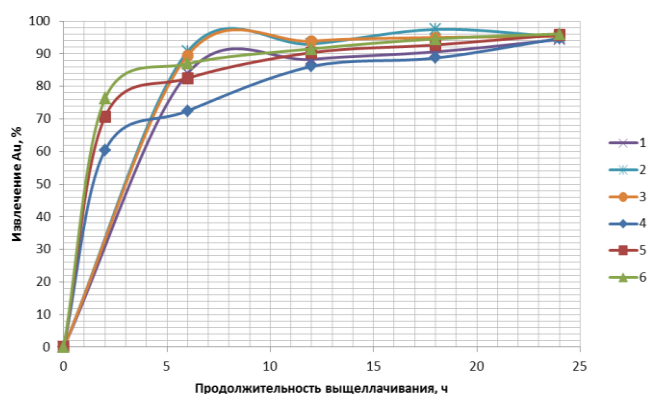
1 – реактор конусного типа; 2 – емкость для оборотного раствора; 3 – насос; 4 – концентрат; 5 – раствор

Рисунок 3 – Агитатор конусного типа для цианирования гравитационного концентрата

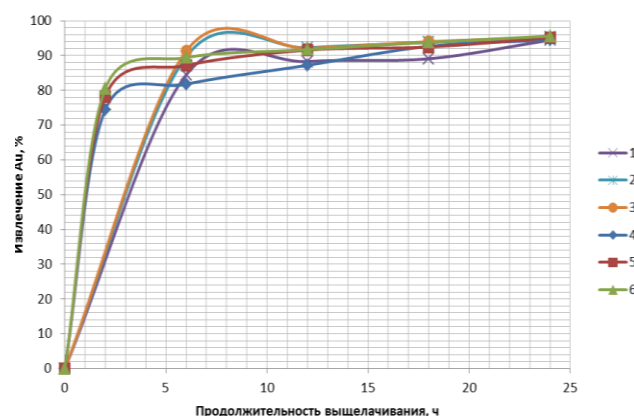
Для сравнения были проведены опыты выщелачивания гравиконоцентрата цианидом натрия с концентрацией 20 г/дм^3 (2 %). Опыты проведены в тех же аппаратах, описанных выше.

Обсуждение результатов. Результаты исследований по интенсивному цианированию гравитационного концентрата при низкой

концентрации цианида натрия приведены на рисунке 4.



а) $C_{\text{NaCN}} = 3 \text{ г/дм}^3$ (0,3 %)



б) $C_{\text{NaCN}} = 5 \text{ г/дм}^3$ (0,5 %)

1 – без добавки реагента-активатора в аппарате барабанного типа; 2 – с добавлением реагента-активатора – 1,5 кг/т в аппарате барабанного типа; 3 – с добавлением реагента-активатора – 3,0 кг/т в аппарате барабанного типа; 4 – без добавки реагента-активатора в аппарате конусного типа; 5 – с добавлением реагента-активатора – 1,5 кг/т в аппарате конусного типа; 6 – с добавлением реагента-активатора – 3,0 кг/т в аппарате конусного типа

Рисунок 4 – Степень извлечения золота из гравитационных концентратов в аппаратах интенсивного цианирования

Из рисунков видно, что процесс интенсивного цианирования золотосодержащего концентрата в обоих аппаратах проходит успешно. Скорость выщелачивания золота в аппарате барабанного типа выше, чем в аппарате конусного типа. Добавка в цианидный раствор реагента-активатора (кислота на алифатической основе) существенно улучшает кинетику растворения золота. Стоимость активатора – кислота на алифатической основе в 10 раз меньше, чем аналогичные реагенты-активаторы [15].

Таблица 1 – Содержание золота в хвостах процесса выщелачивания гравитационного концентрата

Наименование материалов	Показатели						
	3			5			20
Концентрация NaCN, г/дм ³							
Содержание реагента-активатора, кг/т	б/д*	1,5	3,0	б/д	1,5	3,0	б/д
Содержание золота в хвостах выщелачивания в аппарате барабанного типа, г/т	4,40	3,83	3,85	4,33	3,83	3,70	3,90
Содержание золота в хвостах выщелачивания в аппарате конусного типа, г/т	4,30	3,70	3,60	4,25	3,83	3,48	3,80

*Примечание: *б/д – без добавки реагента-активатора на основе алифатической кислоты*

Полученные данные позволили установить, что извлечение золота из гравитационного концентрата в обоих аппаратах при пониженной концентрации цианида с добавкой кислоты на алифатической основе составило более 95 %.

Результаты выщелачивания цианидом натрия с концентрацией 20 г/дм³ (2 %) представлены на рисунке 5.

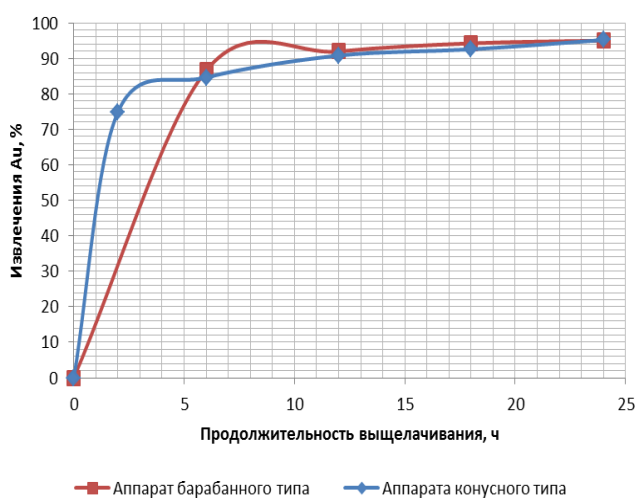


Рисунок 5 – Степень извлечения золота раствором цианида натрия с концентрацией 20 г/дм³ (2 %)

Из рисунка 5 видно, что при повышенной концентрации цианида натрия извлечение золота достигает высоких результатов. Но при этом существенно увеличивается расход цианида натрия, который является дорогостоящим реагентом.

Аналогичные результаты можно получить при низкой концентрации цианида натрия, используя реагент-активатор, при существенном снижении расхода цианида натрия.

Установлено, что содержание золота в хвостах интенсивного цианирования с использованием реагента-активатора на основе алифатической

кислоты в обоих аппаратах ниже, чем без использования данного реагента (таблица 1).

Выводы. На основании результатов исследований установлено, что:

- для интенсивного цианирования гравитационных концентратов возможно использование аппаратов обоих типов, барабанного и конусного;

- скорость растворения золота в барабанном аппарате выше, чем в конусном;

- добавка в цианидный раствор реагента-активатора на основе алифатической кислоты существенно интенсифицирует процесс выщелачивания золота и позволяет снизить в несколько раз концентрацию цианида натрия.

ЛИТЕРАТУРА

1 Захаров Б.А., Меретуков М.А. Золото: упорные руды. – Москва: Руда и Металлы, 2013. – С. 296-300.

2 Бочаров В.А., Игнаткина В.А., Абрютин Д.В. Технология переработки золотосодержащего сырья. – Москва: Руды и Металлы, 2007. – 405 с.

3 Laplante A., Staunton W. // Pros. 5th Int. Symp.: Hydrometallurgy 2003 / Vancouver, Canada, 2003, August 24-27, – V. 1. – P. 65-74.

4 Surimbayev B.N., Baikonurova A.O., Bolotova L.S. Prospects for the development of the process of intensive cyanidation of gold-containing products in the Republic of Kazakhstan. // News Natl. Acad. Sci. Repub. Kaz., Ser. Geol. Tech. Sci. – 2017. – V. 4. N. 424. – P. 133-141.

5 Longley R., McCallum A., Katsikaris N. Intensive cyanidation: onsite application of the In Line Leach Reactor to gravity gold concentrates. Minerals Engineering. – 2003. – V. 16. – P. 411-419. Doi: 10.1016/S0892-6875(03)00054-2.

6 Campbell J., Watson B., Gravity Leaching with the ConSep Acacia – Results from AngloGold Union Reefs, Eighth Mill Operators Conference, Townsville, Australia. – 2003. – P. 167-175.

7 Karimi P., Abdollahi H., Amini A., Noaparast M., Shafaei S.Z., Habashi F. Cyanidation of gold ores containing copper, silver, lead, arsenic and antimony.

Inter. J. Miner. Process. – 2010. – V. 95. – P. 68–77. Doi: 10.1016/j.minpro.2010.03.002.

8 Меретуков М.А. Золото: химия, минералогия, металлургия. – М.: Руда и Металлы, 2008. – 520 с.

9 Deschenes G. Cyanidation of a copper-gold ore // Energy Mines and Resources Canada, Canada Ctr. for Mineral and Energy Technology, Ottawa. – 1997. – P. 127-141. Doi: 10.1016/S0301-7516(97)00008-2.

10 Ghobadi B., Noaparast M., Shafaei S. Z., Unesi M. Optimization of cyanidation parameters to increase the capacity of Aghdarre gold mill. // JME. – 2014. – V. 5. – P. 121-128.

11 Sandenbergh R.F., Miller J.D. Catalysis of the leaching of gold in cyanide solutions by lead, bismuth and thallium. // Mineralogy. Eng. – 2001. – V. 14. – P. 1379-1386. Doi: 10.1016/S0892-6875(01)00152-2.

12 Bayat O., Vapur H., Akyol F., Poole C. Effects of oxidizing agents on dissolution of Gumuskoy silver ore in cyanide solution. // Mineralogy. Eng. – 2003. – V. 16. – P. 395-398. Doi: 10.1016/S0892-6875(03)00050-5.

13 Сурымбаев Б.Н., Болотова Л.С., Байконурова А.О., Есенгараев Е.К. Применение химических добавок при выщелачивании золота // Интенсификация гидрометаллургических процессов переработки природного и техногенного сырья. Технологии и оборудование: материалы Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, Россия, 2018. – С. 294-296.

14 LeachWELL. http://www.mineralprocesscontrol.com.au/Product_Detail.php?Product=6. (дата обращения 3.05.2018).

15 Заявка Республики Казахстан на изобретение с № 2018/0134.1 от 28.02.2018 г. «Способ переработки золотосодержащих гравитационных концентратов» / Сурымбаев Б.Н., Болотова Л.С., Байконурова А.О., Шалгымбаев С.Т.

16 Сурымбаев Б.Н., Болотова Л.С., Байконурова А.О., Мишра Б. Исследования по интенсивному цианированию золота из гравитационных концентратов // Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья (Плаксинские чтения – 2017): материалы Международной научной конференции. – Красноярск, Россия. 2017. – С. 273-275.

REFERENCES

1 Zaharov B.A., Meretukov M.A. *Zoloto: upornye rudy* (Gold: resistant ores). Moscow, Ore & Metals. **2008**. 296-300. (In Russ).

2 Bocharov V.A., Ignatkina V.A., Abrjutin D.V. *Tehnologija pererabotki zolotosoderzhashhego syr'ya* (Technology of processing of gold-bearing raw materials). Moscow, Ore & Metals. **2007**. 405. (In Eng).

3 Laplante A., Staunton W. Pros. 5th Int. Symp.: Hydrometallurgy 2003. Vancouver, Canada, August 24-27. **2003**. 1. 65-74. (In Eng).

4 Surimbayev B.N., Baikonurova A.O., Bolotova L.S. Prospects for the development of the process of intensive

cyanidation of gold-containing products in the Republic of Kazakhstan. News Natl. Acad. Sci. Repub. Kaz., Ser. Geol. Tech. Sci., **2017**. 4, 424. 133-141. (In Eng).

5 Longley R., McCallum A., Katsikaris N. Intensive cyanidation: onsite application of the InLine Leach Reactor to gravity gold concentrates. Minerals Engineering. **2003**. 16. 411-419. Doi: 10.1016/S0892-6875(03)00054-2. (In Eng).

6 Campbell J., Watson B., Gravity Leaching with the ConSep Acacia – Results from AngloGold Union Reefs, Eighth Mill Operators Conference, Townsville, Australia. **2003**. 167-175. (In Eng).

7 Karimi P., Abdollahi H., Amini A., Noaparast M., Shafaei S.Z., Habashi F. Cyanidation of gold ores containing copper, silver, lead, arsenic and antimony. Inter. J. Miner. Process. **2010**. 95. 68–77. Doi: 10.1016/j.minpro.2010.03.002. (In Eng).

8 Meretukov M.A. *Zoloto: khimiya, mineralogija, metallurgija* (Gold: chemistry, mineralogy, metallurgy). Moscow, Ore & Metals, **2008**. 520. (In Russ).

9 Deschenes G. Cyanidation of a copper-gold ore. Energy Mines and Resources Canada, Canada Ctr. for Mineral and Energy Technology, Ottawa. **1997**. 127-141. Doi: 10.1016/S0301-7516(97)00008-2. (In Eng).

10 Ghobadi B., Noaparast M., Shafaei S. Z., Unesi M. Optimization of cyanidation parameters to increase the capacity of Aghdarre gold mill. JME. **2014**. 5. 121-128. (In Eng).

11 Sandenbergh R.F., Miller J.D. Catalysis of the leaching of gold in cyanide solutions by lead, bismuth and thallium. Miner. Eng. **2001**. 14. 1379-1386. Doi: 10.1016/S0892-6875(01)00152-2. (In Eng).

12 Bayat O., Vapur H., Akyol F., Poole C. Effects of oxidizing agents on dissolution of Gumuskoy silver ore in cyanide solution. Miner. Eng. **2003**. 16. 395-398. Doi: 10.1016/S0892-6875(03)00050-5. (In Eng).

13 Surimbayev B., Bolotova L., Baikonurova A., Yesengarayev Ye. *Primenenie khimicheskikh dobavok pri vyshhelachivanii zolota* (Application of chemical additives on leaching gold). *Intensifikacija gidrometallurgicheskikh processov pererabotki prirodnogo i tehnogennogo syr'ja. Tehnologii i oborudovanie: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* (Intensification of hydrometallurgical processes of recycling of natural and technogenic raw materials. Technologies and equipment: Materials of the International Scientific and Practical Conference), St. Petersburg, Russia. **2018**. 294-296. (In Russ).

14 LeachWELL. http://www.mineralprocesscontrol.com.au/Product_Detail.php?Product=6. (Date of access 3.05.2018).

15 Patent application of the Republic of Kazakhstan for invention was file from N.2018/0134.1 dated February 28, **2018**. *Sposob pererabotki zolotosoderzhashhikh gravitatsionnykh konsentratov* (Method for processing gold-containing gravity concentrates). Surimbayev B., Bolotova L., Baikonurova A., Shalgymbayev S.

16 Surimbayev B., Bolotova L., Baikonurova A., Mishra B. *Issledovaniya po intensivnomu tsianirovaniyu zolota iz gravitatsionnykh kontsentratorov* (Study on intensive cyanidation of gold from gravity concentrates). *Sovremennye problemy kompleksnoj pererabotki trudnootogatimyykh rud i tekhnogenogo syr'ya*

(*Plaksinskie chteniya – 2017*): *materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii*. (Modern problems of complex processing complex ores and technogenic raw materials, Plaksin Readings – 2017: Materials of the International Scientific Conference), Krasnoyarsk, Russia. **2017**. 273-275. (In Russ).

Б. СУРИМБАЕВ^{1,2*}, Ә. БАЙҚОҢЫРОВА¹, Л. БОЛОТОВА², Б. МИШРА.³

¹Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: surimbaev@gmail.com

²«ҚР МШКҚӨҰО» РМК Мемлекеттік өнеркәсіптік экология ғылыми-өндірістік бірлестігі филиалы «Қазмеханопр», Алматы, Қазақстан

³Вустер политехникалық институты, Вустер, АҚШ

ЦИАНИД НАТРИЙІНІҢ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ ТӨМЕН ЖАҒДАЙЫНДА АЛТЫНДЫ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ КОНЦЕНТРАТТАРДАН ҚАРҚЫНДЫ ШАЙМАЛАУ

Түйіндеме. Бұл жұмыста құрамында алтыны бар гравитациялық концентраттың конусты және барабан типтес құрылғыларында реагент-активаторы қосылған цианид натрийінің концентрациясы төмен жағдайында зерттеу жұмыстары келтірілген. Реагент-активатор ретінде органикалық негіздегі қышқыл 1,5 және 3,0 кг/т мөлшерінде пайдаланылды. Екі типтес құрылғылардың параметрлері көрсетілген. Зерттеулер, белгілі алтынды қарқынды шаймалау әдістермен аталған құрылғыларда цианид натрийінің жоғары мөлшерін қолдану арқылы салыстырыма түрде жүргізілді. Алайда бұл жағдайда қымбат реагент цианид натрийінің тұтынуы айтарлықтай көбейеді. Жақсы нәтижеге келе отырып цианид натрийінің концентрациясының аз мөлшерін қолданып, реагент-активаторды қосу арқылы қол жеткізуге болатыны көрсетілген. Алифаттық қышқылдар негізіндегі реагент-активаторды қолдану алтынды шаймалау үрдісін қарқындататынын және цианид натрийінің тұтынуын бірнеше рет азайтуға болатынын көрсетілді. Алифаттық негіздегі реагент-активаторды алтынды қарқынды цианирлеу үрдісінде қолдану кезінде аталған реагентті қолданбаумен салыстырғанда қалдықтардағы алтынның мөлшері азаятыны көрсетілді. Зерттеулердің нәтижесі бойынша алтынның еру жылдамдығы барабан типтес құралығыда жоғары екені көрсетілді, алайда гравитациялық концентраттарды қарқынды цианирлеуде екі типтес барабан және конусты құрылғыларды қолдану мүмкіндігі бар.

Түйін сөздер: қарқынды шаймалау, гравитациялық концентрат, реагент-активатор, шаймалау, алтын.

B. SURIMBAYEV^{1,2*}, A. BAIKONUROVA¹, L. BOLOTOVA², B. MISHRA³

¹Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan *e-mail: surimbaev@gmail.com

²The Branch of the RSE «NC CPMS RK» State Scientific-Industrial Association of Industrial Ecology "Kazmexhanobr", Almaty, Republic of Kazakhstan

³Worcester Polytechnic Institute, Worcester, USA

INTENSIVE LEACHING OF GOLD FROM GRAVITY CONCENTRATE AT LOW CONCENTRATION OF SODIUM CYANIDE

Abstract. Studies on the intensive leaching of gold gravity concentrate in the drum and conical types at low concentration of sodium cyanide laced with reagent-activator. As a reagent-used organic acid activator with 1.5 and 3.0 kg/t. List the parameters of both devices intensive cyanidation. Tests conducted in comparison with well-known methods of intensive leaching of gold in similar devices with a high concentration of sodium cyanide, in which gold extraction reaches high results. However, there is significant consumption of sodium cyanide, which is an expensive reagent. Similar results can be achieved with a low concentration of sodium cyanide using a reagent-activator, with significant reduction in the consumption of sodium cyanide. It is shown that the use of reagent-activator on the basis of an aliphatic acid significantly intensifies the leaching process. Found that the gold content in the tails of the intensive cyanidation by using reagent-activator on the basis of an aliphatic acids in both vehicles lower than without the use of this reagent. As a result of study of dissolution rate of gold in rolling the unit higher than that of the conical, but for intensive cyanidation gravity concentrates may use both types of machines, drum and conical.

Key words: intensive leaching, gravity concentration, reagent-activator, leaching, gold.

Поступила 17.06.2018