



DOI: 10.31643/2020/6445.08

УДК 669.21/.23

МРНТИ 55.37.33

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

Изучение процесса цианидного выщелачивания золота с применением ацетата натрия при различной крупности руды

Есенгараев Е. К., Баимбетов Б. С., Мамяченков С. В., Суримбаев Б. Н., Прозор Н. Г.

Received: 23 January 2020 / Peer reviewed: 27 January 2020 / Accepted: 10 February 2020

Абстракт. Интенсификация добычи металла выщелачиванием – это проведение комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на достижение наиболее быстрого и полного извлечения металла из руды. Мероприятия по интенсификации выщелачивания направлены на полную или частичную нейтрализацию причин, вызывающих снижение скорости выщелачивания. Проведены испытания по цианидному выщелачиванию золота из золотосодержащей руды с добавкой ацетата натрия для интенсификации процесса выщелачивания. Представлены результаты пробирно-гравиметрического, химического, минералогического и гранулометрического анализа окисленной руды. По данным электронно-зондового анализа золото в руде присутствует в виде тонких (микронных) включений в минералах и рудных породах. Проведено исследование по выщелачиванию измельченной руды крупностью 90% класса -0,074 мм и дробленной руды крупностью -12+0 мм. Выщелачивание измельченной руды крупностью 90% класса -0,074 мм показало, что при добавлении ацетата натрия степень извлечения золота увеличивается на 1,13 % по сравнению с выщелачиванием без добавления данного реагента. При выщелачивании дробленной руды крупностью -12+0 мм с добавкой ацетата извлечение золота увеличивается в среднем на 4 %, и улучшается кинетика растворения золота. Данные исследований доказывают, что ацетат натрия можно использовать для интенсификации золота при крупности руды -12+0 мм и в более крупных классах руды для выщелачивания золота.

Ключевые слова: интенсификация процесса выщелачивания, ацетат натрия, выщелачивание, кучное выщелачивание, золото, химический реагент.

Сведения об авторах:

Есенгараев Ерлан Кайратович – докторант, Satbayev University, г. Алматы, Казахстан, 050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22а; научный сотрудник лаборатории благородных металлов, Филиал РГП «НЦ КПМС РК» Государственное научно-производственное объединение промышленной экологии «Казмеханообр», 050036, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Жандосова, 67/Б. Тел: +7-7753694895, ORCID ID: 0000-0001-8487-7464, E-mail: y.yessengarayev@stud.satbayev.university

Баимбетов Болотпай Сагинович – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых», Satbayev University, г. Алматы, Казахстан, 050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22а. ORCID ID: 0000-0003-4442-5038, E-mail: b.baimbetov@satbayev.university

Мамяченков Сергей Владимирович – д.т.н., профессор, Заведующий кафедрой «Металлургия цветных металлов», Заведующий базовой кафедрой «Металлургия», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620075, Свердловская обл., г. Екатеринбург, просп. Ленина, 51. ORCID ID: 0000-0001-6070-8746, E-mail: s.v.mamiachenkov@urfu.ru

Суримбаев Бауыржан Нуржанович – старший научный сотрудник лаборатории благородных металлов. Филиал РГП «НЦ КПМС РК» Государственное научно-производственное объединение промышленной экологии «Казмеханообр», 050036, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Жандосова, 67/Б. ORCID ID: 0000-0002-3988-8444. E-mail: surimbaev@gmail.com

Прозор Николай Геннадьевич – начальник химико-аналитической лабораторией, Zarkuh mining company, Иран, 1556838111, Тегеран, 1st floor, Iran Ertebat Building, No.2, 4th Alley, Shahid Ghandi St., North Sohrevardi Ave.

Введение

Процесс кучного выщелачивания, позволяющий вовлекать в отработку крупные месторождения с бедными рудами, стал главным фактором развития золотодобычи в США, Австралии, Канаде, Мексике, Бразилии, России, Китае и Казахстане и дал возможность за тридцать лет в 2-4 раза увеличить добычу золота [1-6].

Однако, в связи химическими, минералогическими, структурными и физическими характеристиками породы и гранулометрическим составом руд извлечение ценных металлов методом кучного выщелачивания редко достигает 70-80 %, а процессы и способы его интенсификации весьма перспективны и актуальны [1-3, 7-10].

Интенсификация добычи металла выщелачиванием – это проведение комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на достижение наиболее быстрого и полного извлечения металла из руды. Мероприятия по интенсификации выщелачивания направлены на полную или частичную нейтрализацию причин, вызывающих снижение скорости выщелачивания [3, 8, 10].

Известны следующие способы интенсификации процесса выщелачивания [11, 12]:

- механические, предусматривающие изменение напряженно-деформируемого состояния и дисперсного состава гетерогенной среды на основе нарушения равновесия действующих в массиве сил сцепления;

- физические способы, предусматривающие изменение состояния гетерогенной среды, в том числе агрегатного (твердого, жидкого, газообразного);

- химические, связанные с изменением состава веществ, составляющих гетерогенную среду, но без изменения ее состояния;

- биологические, основанные на каталитической роли микроорганизмов при растворении минералов и породы;

- комбинированные способы, при которых имеет место совместное действие физических, химических и механических факторов интенсификации выщелачивания металлов.

В настоящее время из литературных источников и опыта работы золотодобывающих фабрик широко известно использование для интенсификации процессов цианирования различных химических добавок, таких как кислород [13-16], пероксид водорода [16, 17], перманганат калия [18-20], персульфатов аммония и калия [3, 21], гипохлорита натрия [3, 22] и т.д.

В работах [23-29] для интенсификации процесса выщелачивания богатых золотосодержащих гравитационных концентратов использовался уксусная кислота. Но в данных работах еще не использовался ацетат натрия, который может также интенсифицировать процесс выщелачивания золота. В настоящей работе, с целью интенсификации процесса, изучены показатели цианидного выщелачивания золота из руды с низким его содержанием, при добавлении ацетата натрия.

Экспериментальная часть

Для исследований использована золотосодержащая руда месторождения Сари-Гунай (Иран). По результатам пробирного анализа среднее содержание золота в руде составляет 2,90 г/т, в пределах от 2,80 г/т до 3,10 г/т. Химический состав представлен в таблице 1.

Таблица 1 Химический состав золотосодержащей руды месторождения Сари-Гунай

Компоненты	Содержание, %	Компоненты	Содержание, %
Cu	0,009	SiO ₂	61,4
Zn	0,0082	Al ₂ O ₃	19,7
Ni	0,0003	TiO ₂	0,49
Pb	0,108	MgO	0,80
Mn	0,0005	CaO	0,31
Co	0,0003	P ₂ O ₅	0,21
Cr	0,0013	Fe _{общ.}	2,67
Mo	0,0001	Fe _{ок.}	0,44
Hg	0,0025	Fe _{с.}	2,23
As	0,11	S _{общ.}	1,48
Sb	0,0563	S _{сульфидная}	0,73
K ₂ O	7,30	S _{сульфатная}	0,75
Na ₂ O	1,34	Степень окисления серы	50,7

- [18] Patent № 2275436 (RU) The method of extraction of gold from ores / Samsonov A.S., Kurochkina I.A., Polyakov M.L. - publ.27.04.2006. (In Rus.).
- [19] Chryssoulis S.L., McMullen J. Mineralogical Investigation of Gold Ores, Editor(s): Mike D. Adams // Gold Ore Processing (Second Edition), Elsevier. – 2016. – P. 57-93. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63658-4.00005-0> (In Eng.).
- [20] Evdokimov A.V. Poisk novykh reagentov-uskoritelei intensivitsiruiushchikh protsess tsianirovaniia (Search for new reagent-accelerators intensifying the process of cyanidation) // Bulletin of the Irkutsk State Technical University. – 2010. – № 4(44). – P. 139-143. (In Rus.).
- [21] Sorokin I.P. Izuchenie usloviy rastvoreniya zolota i serebra v cianistyh rastvorah pri nizkih temperaturah (Studying the conditions for the dissolution of gold and silver in cyanide solutions at low temperatures) // Transactions of VNIИ-1. - Magadan, 1958. – № 33 – P. 13-79. (In Rus.).
- [22] Patent № 2093672 (RU) The composition and method for leaching gold / Blokhin N.N., Fetodov G.P., Khmelevskaya G.A., Zabelsky V.K., Avargin V.A. - publ.20.10.1997. (In Rus.).
- [23] Surimbayev B., Bolotova L., Baikonurova A., Mishra B. Intensive cyanidation of gold using an organic reagent-activator // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2019. – Vol. 54. – Iss. 2. – P. 387-390. (In Eng.).
- [24] Patent № 4536 (KZ) Method of processing gold-containing gravity concentrate / Surimbayev B.N., Bolotova L.S., Shalgymbayev S.T., Baikonurova A.O. – Bulletin № 50, publ.13.12.2019. (In Rus.).
- [25] Surimbayev B.N. Development of technology for the extraction of gold from sulphide ores using reagent-activator with intensive cyanidation // PhD Dissertation: 6D070900 – Metallurgy. - Almaty, 2018. – № 0618PK00527. (In Rus.).
- [26] Abubakriev A. T., Koizhanova A. K., Magomedov D. R., Erdenova M. B., Abdyldaev N. N. Gold Recovery from Concentrates Using Oxidizing Agent // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a [Complex use of mineral raw materials]. – 2019. – №.3. (310). – P. 10-15. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.23> (in Eng.).
- [27] Kenzhaliyev B. K. Innovative technologies providing enhancement of nonferrous, precious, rare and rare earth metals extraction // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a [Complex Use of Mineral Resources]. – 2019. – №3 (310). -Page: 64-75. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.30> (in Eng.).
- [28] Surimbayev B., Bolotova L., Baikonurova A., Shalgymbayev S. Application of acetic acid as a reagent-activator in intensive cyanidation of gravity concentrates // Kompleksnoe ispol'zovaniemineral'nogosyr'a [Complex Use of Mineral Resources]. – 2019. – № 1. – P. 83-88. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.10> (In Eng.).
- [29] Surimbayev B., Bolotova L., Mishra B., Baikonurova A. Intensive cyanidation of gold from gravity concentrates in a drum-type apparatus // News of the National academy of science of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. – 2018. – Vol. 5, N. 431. – P. 32-37. (In Eng.).