

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 3 (2024)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/IYNS2338>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Зарубежные члены редакционной коллегии:
Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

Ж. Шошай¹, *Р. В. Сапинов², М. А. Саденова³

^{1,3}ВКТУ имени Д. Серикбаева, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск

²Торайгыров Университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

*e-mail: ruslan.sapinov@mail.ru

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1861-0539>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9334-5806>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2870-6668>

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МАЙКАИНСКОЙ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ №1

Во всем мире актуальны вопросы рационального использования природных ресурсов, за счет вовлечения в производственный цикл техногенных отходов. В Республике Казахстан к настоящему времени накоплено большое количество техногенных отходов, в частности в Павлодарской области имеются существенные залежи техногенных месторождений золота – хвосты обогащения золотоизвлекательных фабрик, создающих серьезную нагрузку на экологию региона. Запасы техногенного золотосодержащего сырья накопленного за годы работы концерна Казахалтын составляют порядка 25 млн. тонн, а запасы илов в хранилище Майкаинской золотоизвлекательной фабрики №1 составляют более 1 млн. тонн. Разработка таких месторождений имеет ряд преимуществ, поскольку сырье извлечено на поверхность и измельчено. Как правило, золото в хвостах содержится в виде тонких вкраплений в сульфидах, трудно поддающихся цианированию. В данной работе рассматривается кинетика процесса гидрометаллургического извлечения золота из хвостов пиритной руды АО «Майкаин Золото» с предварительным микроволновым обжигом. В результате проведенных лабораторных исследований в продуктивный раствор удалось перевести 94 % золота. Было установлено что Екаж процесса выщелачивания Au после микроволнового (СВЧ) обжига составило 31,3 кДж/моль, что соответствует промежуточному режиму.

Ключевые слова: хвосты, золото, гидрометаллургия, кинетика, пирит, сверхвысокочастотное излучение (СВЧ).

Введение

Решение проблемы переработки хвостов Майкаинской золотоизвлекательной фабрики №1 сократит экологические риски [1,2] Павлодарского региона и принесет прибыль за счет извлечения полезных компонентов. Поскольку ранее проведенные исследования сообщают о среднем содержании золота в хвостах более одного процента [3], то хвосты можно считать пригодными к коммерческой разработке. Однако также сообщается, что большая часть золота в хвостах Майкаинской золотоизвлекательной фабрики № 1, содержится в упорной форме

≈ 84,7% из которых ≈ 40–60 % золото, ассоциированное с сульфидами и только 15,3 % в свободной цианируемой форме [4]. В этом случае возможно применение обжига, что позволяет провести окисление пирита [5,6] и далее извлечь золото в продуктивный раствор выщелачиванием. Недостатки присущие нагреву обычными нагревательными устройствами возможно устранить используя нагрев в микроволновых печах (печи СВЧ) [7]. Сообщается о положительном влиянии микроволнового нагрева на извлечение золота из легкообогатимых руд [8]. Применение микроволнового нагрева позволяет извлечь до 93,1 % золота за 180 мин [9] за счет улушения измельчаемости и раскрытия упорного золота [10]. Таким образом, можно предположить, что микроволновое облучение может существенно повысить эффективность процесса извлечения золота как из минерального, так и из техногенного сырья. А применение тиомочевины в качестве реагента вместо токсичных цианидов [11] позволить процесс более экологичным. Более полно оценить влияние предварительного микроволнового обжига на механизм гидрометаллургического извлечения золота из хвостов пиритной руды АО «Майкаин Золото» позволит изучение кинетических особенностей процесса. Для проверки этой гипотезы хвосты Майкаинской золотоизвлекательной фабрики №1 после предварительного измельчения в шаровой мельнице в течении 30 мин были предварительно подвергнуты наиболее эффективному флотационному обогащению. Далее полученный флотационный концентрат был подвергнут обжигу в печи СВЧ с последующим выщелачиванием в водном растворе тиомочевины и оценкой кинетики процесса выщелачивания.

Материалы и методы

Эксперименты проводились в ВКТУ им. Д. Серикбаева (<https://www.ektu.kz>). Объект исследования - хвосты Майкаинской золотоизвлекательной фабрики №1 (200 кг), из которых квартованием была отобрана проба (4кг) для получения флотоконцентрата. Для измельчения хвостов в течении 30 мин (-0,040 мм (97%)) использовалась шаровая мельница СВУ-2 производства ТОО «Вибромаш». Для флотации использована флотационная машина ФМЛ-0,3-12. В качестве собирателя использован ксантогенат калия = 120 г/т – 6 мин и 60 г/т для контрольной флотации – 8 мин, вспениватель аэрофлот натриево-бутиловый = 72 г/т. Т/Ж ≈ 1/4 (27 %).

Масс-спектрометр ICP-MS 7500cx фирмы «Agilent technologies» (США); растровый электронный микроскоп JSM-6390LV производства компании «JEOL Ltd.» (Япония) и дифрактометр X'Pert PRO («PANalitical») использовались изучения химического и фазового состава сырья. Микроскоп ВХ-51 (Olympus, Япония) использован для визуализации процессов.

Для проведения обжига использовали СВЧ печь (1 кВт; 2,45 ГГц) в течении 15 мин. Выщелачивание проводилось с помощью водного раствора тиомочевины концентрацией 20 г/л при температуре 15, 30,45 и 60 °С. Навеска концентрата весом = 50 г. Соотношение Т/Ж = 1/2 (твердого /жидкость). Материал выщелачивается в течение 120 мин с перемешиванием на магнитной мешалке, рН процесса = 1,5. Каждые 30 минут отбирались пробы для изучения кинетики процесса. Для поддержания рН процесса добавлялся $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 1,8 \%$ и $\text{H}_2\text{O}_2 = 20$ мл/л.

Выщелачивание проводилось с перемешиванием на магнитной мешалке. Все опыты повторяли 2 раза. При разнице значений результатов более 1 % эксперимент повторяли. Все реагенты аналитической чистоты.

Величину энергии активации выщелачивания проводились с применением формулы Аррениуса. Эмпирические графики предварительно оптимизировали методом наименьших квадратов в программе Excel. С помощью полученных оптимизированных графиков определены продолжительности процесса выщелачивания, обеспечивающие одинаковое извлечение золота в раствор (15;25;35 %) при различных температурах процесса тиомочевинного выщелачивания после предварительного СВЧ обжига сырья. Для оценки кажущейся энергии активации определяли зависимости логарифма времени, необходимого для достижения одинаковой степени извлечения олова в раствор при разных температурах их выщелачивания, от обратной температуры.

Результаты и обсуждение

Изучен химический и фазовый состав хвостов Майкаинской золотоизвлекательной фабрики №1. Подтвердилось (Рисунок 1) высокое содержание пирита (14,6 %) и кварца (от 17,9 % до 62,6).

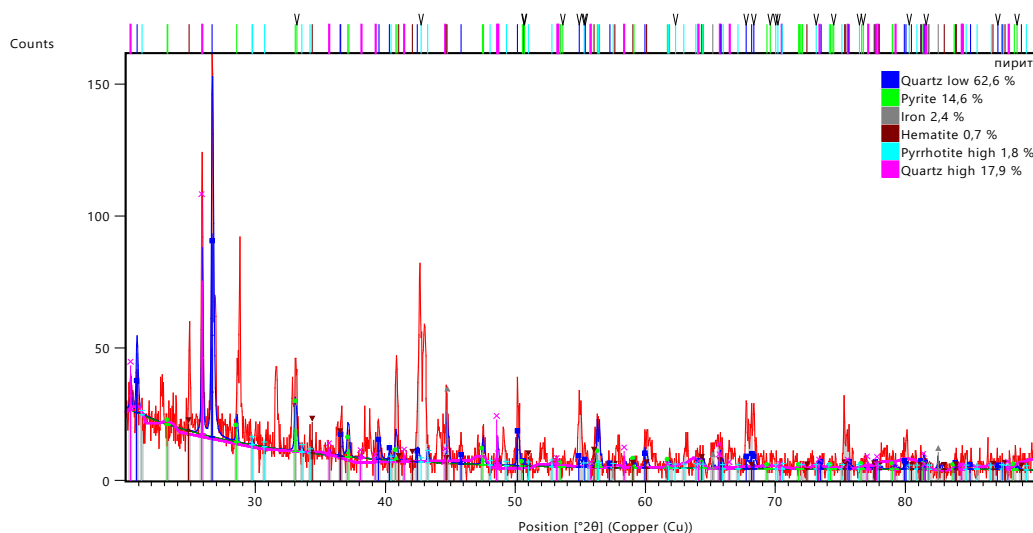


Рисунок 1 – РФА анализ пробы хвостов Майкаинской золотоизвлекательной фабрики № 1

Содержание золота в исследуемой пробе ≈ 1,12 г/т. Проведенный рациональный анализ пробы показал, что наибольшее количество золота ассоциировано с сульфидами ≈ 41 %, покрытое различными пленками ≈ 28,6 %. Тонко вкрапленное в минералах золото ≈ 10,2 % и остальное свободное. Таким образом, будет целесообразно провести флотационное обогащение. Снимки, сделанные с целью изучения морфологии образцов, также показали наличие

минералов морфологией схожих с кристаллами пирита. На снимке они обведены красным (Рисунок 2)



Рисунок 2 – Морфология образца пробы хвостов Майкаинской золотоизвлекательной фабрики № 1

Наличие серы и железа в образце пробы хвостов Майкаинской золотоизвлекательной фабрики №1 показанной на рисунке 3 также косвенно подтверждают наличие сульфидов.

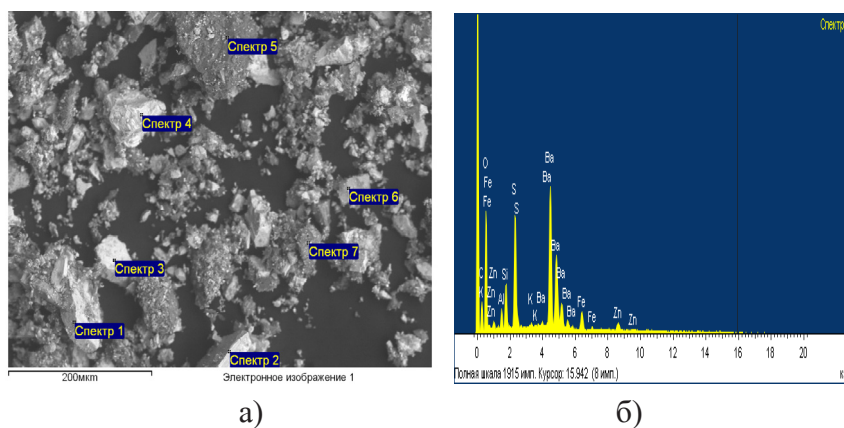


Рисунок 3 – Морфология (а), и количественный элементный микроанализ в точечной области Спектра 1(б) образца пробы хвостов Майкаинской золотоизвлекательной фабрики № 1.

После проведения флотационного обогащения (Рисунок 4) был получен флотационный концентрат, выход, которого составил $\approx 14,1\%$ (6,496 г/т) извлечено 82 % золота.



Рисунок 4 – Процесс флотации

Далее после того как полученный концентрат был просушен и помещен в микроволновую печь для обжига в течение 15 мин, полученный спеченный материал был повторно измельчен.

Затем согласно методике эксперимента было проведено выщелачивание полученного сырья с помощью водного раствора тиомочевины в течение 120 мин при 4х различных температурах. На рисунке 5 представлен график описывающий кинетику извлечения золота при различных температурах.

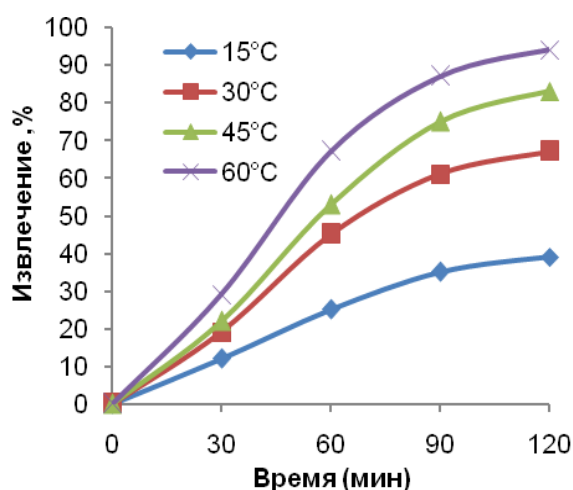


Рисунок 5 – График описывающий кинетику извлечения золота при различных температурах

Далее с помощью методики описанной выше были получены значения продолжительности выщелачивания золота обеспечивающие заданное извлечение в раствор при различных температурах процесса.

Таблица 1 – Продолжительность выщелачивания золота обеспечивающие заданное извлечение в раствор при различных температурах процесса

Т		1000/Т, К ⁻¹	τ, ч	τ, мин	lg τ
°С	К				
Извлечение в раствор 15 %					
15	288	0,003472	0,302609	18,15655	1,259033
30	303	0,0033	0,100656	6,039368	0,780991
45	318	0,003145	0,066788	4,007282	0,60285
60	333	0,003003	0,049727	2,983645	0,474747
Извлечение в раствор 25 %					
15	288	0,003472	0,840581	50,43486	1,702731
30	303	0,0033	0,2796	16,77602	1,224689
45	318	0,003145	0,185522	11,13134	1,046547
60	333	0,003003	0,138132	8,287903	0,918445
Извлечение в раствор 35 %					
15	288	0,003472	1,647539	98,85233	1,994987
30	303	0,0033	0,548017	32,881	1,516945
45	318	0,003145	0,363624	21,81743	1,338804
60	333	0,003003	0,270738	16,24429	1,210701

Для оценки кажущейся энергии активации определяли зависимости логарифма времени, необходимого для достижения одинаковой степени извлечения олова в раствор при разных температурах его солянокислого выщелачивания в обычных условиях, от обратной температуры в соответствии с рисунком 6.

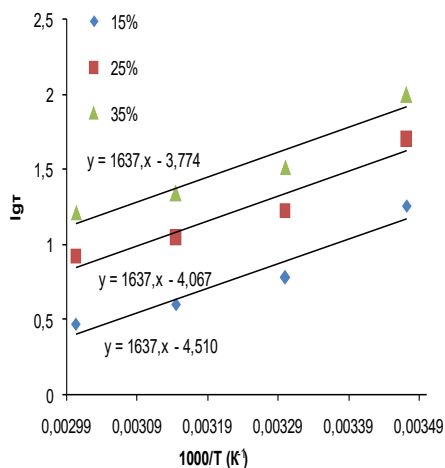


Рисунок 6 – Зависимость lgτ от обратной температуры К⁻¹ выщелачивания Au из флотационного концентрата полученного хвостов Майкаинской золотоизвлекательной фабрики №1 в водном растворе тиомочевина после микроволнового обжига

Было установлено что Екаж процесса выщелачивания Au из хвостов Майкаинской золотоизвлекательной фабрики №1 в водном растворе тиоомчевинны после микроволнового обжига = 31,3 кДж/моль, что соответствует промежуточному режиму [12, с. 94-104].

Выводы

В результате проведенных исследований было установлено что хвосты Майкаинской золотоизвлекательной фабрики №1 целесообразно подвергать флотационному обогащению с последующим СВЧ обжигом концентрата, поскольку эти действия позволяют извлечь золото ассоциированное с сульфидами и в последующем перевести до 94 % золота в продуктивный раствор при помощи тиоомчевинного выщелачивания. Процесс выщелачивания проходит в промежуточном режиме, следовательно присутствуют как кинетический так и диффузионный режимы реакции.

Финансирование

Данное исследование финансировалось министерством науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках проекта ГФ молодых ученых по проекту «Жас ғалым» грант № АР 22683511 «Исследование микроволнового воздействия на гидрометаллургическое извлечение ценных компонентов из техногенного сырья

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Donato, D. B., Nichols, O., Possingham, H., Moore, M., Ricci, P. F., & Noller, B. N.** (2007). A critical review of the effects of gold cyanide-bearing tailings solutions on wildlife. *Environment international*. – 33(7). – P. 974–984. – <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.04.007>

2 See Environmental and Health Effects of Cyanide, INT'L CYANIDE MGMT. CODE, [Electronic resource]. – https://www.cyanidecode.org/cyanide_environmental.php (last visited Mar. 12, 2013).

3 **Шошай, Ж., Сапинов, Р. В., Саденова, М. А., Баева, А. Б., Корабаев, Б. С.** Изучение влияния микроволновой активации на гидрометаллургический процесс извлечения золота из техногенных отходов. *НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА*. ISSN 2788-8770. – № 3. – 2023. – С. 184–196. – <https://doi.org/10.48081/ENPE6713>

4 **Абдылдаев, Н. Н., Койжанова, А. К., Камалов, Э. М., Жанабай, Ж. Д., Акчулакова С. Т.** Доизвлечение золота в концентрат из лежалых хвостов методом флотации. Комплексное использование минерального сырья. – 2018. – № 4. – С 11–16. – <https://doi.org/10.31643/2018/6445.25>

5 **Emilia, N, Eniko, K, Zamfira, D, Anamaria, I. T.** Cerasel Varaticeanu and Erika Andrea Levei. Hydrometallurgical Recovery of Gold from Mining Wastes. Strategies of Sustainable Solid Waste Management. *Intech Open*. – 2021. – <https://doi.org/10.5772/intechopen.94597>.

6 **Aylmore, M. G. Muir, D. M.** Thermodynamic analysis of gold leaching by ammoniacal thiosulfate using Eh/pH and speciation diagrams. *Miner. Metall. Process.* 2001. – 18. – P. 221–227.

7 **Choi N-C, Kim B-J, Cho K, Lee S, Park C-Y.** Microwave Pretreatment for Thiourea Leaching for Gold Concentrate. *Metals.* 2017. – 7(10):404. – <https://doi.org/10.3390/met7100404>

8 **Amankwah, R. Khan, A. Pickles, C. Yen, W.** Improved grindability and gold liberation by microwave pretreatment of a free-milling gold ore. *Miner. Process. Extr. Metall.* – 2005. – 114. – P. 30–36.

9 **Jiménez, T. G., Torres, G. R., Parra, P. M., Córdoba, A. O., Sosa D., & Ortíz C.** Microwave treatment for gold minerals used in small-scale mining. *Journal of Applied Research and Technology.* – 2022. – 20(4). – P. 399–407. – <https://doi.org/10.22201/icat.24486736e.2022.20.4.1771>

10 **Amankwah, R. Ofori-Sarpong, G.** Microwave heating of gold ores for enhanced grindability and cyanide amenability. *Miner. Eng.* – 2011. – 24. – P. 541–544.

11 **Eisler, R., Wiemeyer, S. N.** Cyanide Hazards to Plants and Animals from Gold Mining and Related Water Issues. In: Ware, G.W. (eds) *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, vol 183. Springer, New York, NY. – 2004. – https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9100-3_2

12 **Вольдман, Г. М., Зеликман, А. Н.** Теория гидрометаллургических процессов. Учебное пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Интермет Инжиниринг. – 2003. – 464 с.: ил. – ISBN 5-89594-088-9.

REFERENCES

1 **Donato, D. B., Nichols, O., Possingham, H., Moore, M., Ricci, P. F., & Noller, B. N. A.** critical review of the effects of gold cyanide-bearing tailings solutions on wildlife. *Environment international*, 33(7), 974–984. – <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.04.007>

2 See Environmental and Health Effects of Cyanide, INT’L CYANIDE MGMT. CODE. – https://www.cyanidecode.org/cyanide_environmental.php (last visited Mar. 12, 2013).

3 **Shoshai, Zh., Sapinov, R. V., Sadenova, M. A., Baeva, A. B., Korabaev, B. S.** Izucheniye vliianiia mikrovolnovoi aktivatsii na gidrometallurgicheskii protsess izvlecheniia zolota iz tekhnogennykh otkhodov [Study of the effect of microwave activation on the hydrometallurgical process of gold extraction from technogenic waste] *Science and technology of Kazakhstan. ISSN 2788-8770.* – 2023. – № 3. – P 184–196. <https://doi.org/10.48081/ENPE6713>

4 **Abdyldaev, N. N., Koizhanova, A. K., Kamalov, E. M., Zhanabai, Zh. D., Akchulakova, S. T.** Doizvlecheniye zolota v kontsentrat iz lezhalykh khvostov metodom flotatsii [Additional gold extraction into concentrate from aged tailings by

flotation] Integrated use of mineral raw materials, 2018. – № 4. – P. 11–16. – <https://doi.org/10.31643/2018/6445.25>

5 Emilia N, Eniko K, Zamfira D, Anamaria I. T. Cerasel Varaticeanu and Erika Andrea Levei. Hydrometallurgical Recovery of Gold from Mining Wastes. Strategies of Sustainable Solid Waste Management. Intech Open, 2021. – <https://doi.org/10.5772/intechopen.94597>.

6 Aylmore, M. G. Muir, D. M. Thermodynamic analysis of gold leaching by ammoniacal thiosulfate using Eh/pH and speciation diagrams. Miner. Metall. Process. 2001. – 18. – P. 221–227.

7 Choi N-C, Kim B-J, Cho K, Lee S, Park C-Y. Microwave Pretreatment for Thiourea Leaching for Gold Concentrate. Metals. 2017; 7(10):404. – <https://doi.org/10.3390/met7100404>

8 Amankwah, R. Khan, A. Pickles, C.; Yen, W. Improved grindability and gold liberation by microwave pretreatment of a free-milling gold ore. Miner. Process. Extr. Metall. 2005, – P. 114. – P. 30–36.

9 Jiménez T. G., Torres G. R., Parra P. M., Córdoba A. O., Sosa D., & Ortíz C. Microwave treatment for gold minerals used in small-scale mining. Journal of Applied Research and Technology, 20(4), 2022. – P. 399–407. – <https://doi.org/10.22201/icat.24486736e.2022.20.4.1771>

10 Amankwah, R. Ofori-Sarpong, G. Microwave heating of gold ores for enhanced grindability and cyanide amenability. Miner. Eng. 2011. – 24. – P. 541–544.

11 Eisler, R., Wiemeyer, S. N. Cyanide Hazards to Plants and Animals from Gold Mining and Related Water Issues. In: Ware, G.W. (eds) Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, vol 183. Springer, New York, NY. 2004. – https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9100-3_2

12 Voldman G. M., Zelikman A. N. Teoriia gidrometallurgicheskikh protsessov. Uchebnoe posobie dlia vuzov. – 4-e izd., pererab. i dop. [Theory of hydrometallurgical processes. Textbook for universities. – 4th ed., revised and enlarged] – M. : Internet Inzhiniring, 2003. – 464 s. : il. – ISBN 5-89594-088-9.

Поступило в редакцию 20.08.24.

Поступило с исправлениями 22.08.24.

Принято в печать 29.08.2024.

¹Ж. Шошай, *²Р. В. Сапинов², М. А. Саденова³

^{1,3}Д. Серікбаев атындағы ШЫҒЫС Қазақстан

техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.

²Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

20.08.24 ж. баспаға түсті.

22.08.24 ж. түзетулерімен түсті.

29.08.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

**МАЙҚАЙЫҢ АЛТЫН ӨНДІРУ № 1 ФАБРИКАСЫНЫҢ БАЙЫТУ
ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АЛТЫНДЫ ЕРІНДІЛЕУ
ПРОЦЕСІНІҢ КИНЕТИКАСЫН ЗЕРТТЕУ**

Бүкіл әлемде, соның ішінде Қазақстанда да өндірістік циклге техногендік қалдықтарды тарту есебінен табиғи ресурстарды ұтымды пайдаланудың мәселелері өзекті. Қазақстан Республикасында осы уақытқа дейін техногендік қалдықтардың көп мөлшері жинақталған, атап айтқанда Павлодар облысында алтын кен орындарының елеулі мөлшердегі шоғырланған техногендік кендері – алтын өндіру фабрикаларының байыту қалдықтары өңір экологиясына үлкен әсерін тигізуде. Бүгінгі таңда Қазақалтын концернінің жұмыс істеген жылдары жинақталған құрамында алтыны бар техногендік шикізат қоры шамамен 25 млн. тоннаны, ал Майқайың алтын өндіру №1 фабрикасының қоймасындағы қалдық қоры 1 млн. тоннадан асады. Мұндай кен орындарын игерудің бірқатар артықшылықтары бар, өйткені шикізат жер бетіне шығарылған және ұсақталған. Әдетте, қалдықтардағы алтын цианидтеуге қиын сульфидтерде жұқа септе түрінде болады. Бұл жұмыста алдын ала микротолқынды күйдірумен «Майкаин Золото» АҚ пиритті кен қалдықтарынан алтынды гидрометаллургиялық алу процесінің кинетикасы қарастырылады. Зертханалық зерттеулер нәтижесінде алтынның 94% өнімдік ерітіндіге ерітуге мүмкін болды. Микротолқынды пештен (аса жоғары жиілікті сәулелену) кейін Аи ерітінділеу процесінің Екаж = 31,3 кДж/моль болғаны анықталды. Бұл аралық режимге сәйкес келеді.

Кілтті сөздер: қалдықтары, алтын, гидрометаллургия, кинетика, пирит, аса жоғары жиілікті сәулелену (ЖЖС)

Zh. Shoshay¹, *R. V. Sapinov², M. A. Sadenova³

^{1,3}D. Serikbayev East Kazakhstan technical university,
Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk

²Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Received 20.08.24.

Received in revised form 22.08.24.

Accepted for publication 29.08.24.

**STUDY OF THE KINETICS OF GOLD LEACHING FROM
THE TAILINGS OF THE MAIKAIN GOLD EXTRACTION PLANT № 1**

The issues of rational use of natural resources, due to the involvement of man-made waste in the production cycle, are relevant all over the world. In the Republic of Kazakhstan, a large amount of man-made waste has been accumulated to date, in particular, in the Pavlodar region there are significant deposits of man-made gold deposits - tailings of gold extraction plants, which create a serious burden on the ecology of the region. To date, the reserves of man-made gold-bearing raw materials accumulated over the years of operation of the Kazakhaltyn concern amount to about 25 million tons, and the reserves of sludge in the storage facility of the Maikain

Gold Extraction Plant №1 amount to more than 1 million tons. The development of such deposits has a number of advantages, since the raw material is extracted to the surface and crushed. As a rule, gold in the tailings is contained in the form of fine inclusions in sulfides, which are difficult to cyanide. This paper examines the kinetics of the hydrometallurgical extraction of gold from the pyrite ore tailings of JSC Maykain Zoloto with preliminary microwave roasting. As a result of laboratory studies, 94% of gold was converted into a productive solution. It was found that E_{ca} of the Au leaching process after microwave (MW) roasting was 31.3 kJ / mol. This corresponds to the intermediate mode.

Keywords: tailings, gold, hydrometallurgy, kinetics, pyrite, microwave radiation (MW)

Теруге 13.09.24 ж. жіберілді. Басуға 30.09.24 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 1,09 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Тапсырыс № 4279

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz