

Biooksidlashdan Keyingi Eritmalardan Og'ir Metall Ionlarini Ajratib Olishda Ekstraksiya Jarayonining Parametrlarini Optimallashtirish

Toshqodirova Ra'no Erkinjonovna

Olmalik davlat texnika instituti "Metallurgiya" kafedrası dotsenti, PhD.

Kenjayeva Sevara Absamatovna,

Olmalik davlat texnika instituti "Metallurgiya" kafedrası "Metallurgiya" kafedrası doktoranti.

Uchqunov Abbas Tolipjon o'g'li

Olmalik davlat texnika instituti "Metallurgiya" kafedrası 2-bosqich talabasi

Annotatsiya. Mazkur tadqiqotda biooksidlash jarayonidan keyin hosil bo'ladigan texnogen eritmalardan og'ir metall ionlarini, xususan Cu^{2+} va Fe^{3+} ionlarini ajratib olishda ekstraksiya jarayonining asosiy parametrlarini optimallashtirish masalasi o'rganilgan. Ekstragent sifatida natriy dietilditiokarbamat ($\text{NaS}_2\text{CN}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$) qo'llanilib, jarayonning harorat, aralashtirish davomiyligi va ekstragent sarfiga bog'liqligi tajriba yo'li bilan tahlil qilingan. Tadqiqotlar natijasida optimal sharoitlarda mis ionlarining yuqori darajada (99,97%) ajralishi aniqlangan. Shu bilan birga, temir ionlarining ham deyarli to'liq ekstraksiyalanishi kuzatilib, qo'llanilgan ekstragentning selektivligi past ekanligi aniqlangan. Olingan natijalar asosida jarayon samaradorligini oshirish uchun qo'shimcha bosqichlar yoki selektiv ekstragentlardan foydalanish zarurligi asoslab berilgan.

Tayanch iboralar: og'ir metallar; ekstraksiya; mis ionlari; temir ionlari; dietilditiokarbomat natriy; fotoelektrik tahlil; oqova suvlar.

Optimization of Extraction Process Parameters for the Separation of Heavy Metal Ions from Solutions Following Biooxidation

Abstract. This study investigated the optimization of the main parameters of the extraction process for the extraction of heavy metal ions, in particular Cu^{2+} and Fe^{3+} ions, from technogenic solutions formed after the biooxidation process. Sodium diethyldithiocarbamate ($\text{NaS}_2\text{CN}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$) was used as the extractant, and the dependence of the process on temperature, mixing duration, and extractant consumption was experimentally analyzed. The results of the studies revealed a high degree of separation of copper ions (99.97%) under optimal conditions. At the same time, almost complete extraction of iron ions was also observed, and the selectivity of the used extractant was found to be low. Based on the results obtained, the need for additional stages or the use of selective extractants to increase the efficiency of the process was justified.

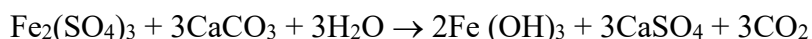
Key words: heavy metals; extraction; copper ions; iron ions; sodium diethyldithiocarbamate; photoelectric analysis; wastewater.

KIRISH:

Sanoatda keng miqyosda qo'llaniladigan, yuqori zaharlilik va sezilarli biologik faollikka ega bo'lgan og'ir metallar, jumladan Ni(II), Cr(III, VI), Zn(II), Cu(II), Cd(II) va boshqalar atrof-muhit uchun jiddiy ekologik xavf manbai hisoblanadi. Shu bois oqova suvlarni tozalash jarayonida ushbu ionlarni samarali ajratib olishga qaratilgan zamonaviy fizik-kimyoviy texnologiyalarni qo'llash dolzarb ahamiyat kasb etadi [1]. Biogidrometallurgik qayta ishlash jarayonlarida ikki bosqichli texnologik sxema samarali natijalar berishi aniqlangan. Mazkur yondashuvning birinchi bosqichi 50 °C haroratda mikstotrof *S. thermosulfidooxidans* ishtirokida olib boriladi. Ikkinchi bosqich esa 37°C haroratda *Sulfobacillus* va *Leptospirillum* jinslariga mansub mikroorganizmlar konsorsiumi yordamida amalga oshiriladi. Ushbu texnologiya qiyin eriydigan oltin saqlovchi rudalardan temirni tezlashtirilgan va yuqori samaradorlikda biologik ajratib olish imkonini ta'minlaydi [2]. Bundan tashqari, tarkibida 6,22% Cu va 7,30% Zn bo'lgan murakkab tarkibli sulfidli konsentratni biologik oksidlash jarayoni 40°C haroratda atsifofil mikroorganizmlar aralash kulturasida ishtirokida o'tkazildi. Tadqiq etilgan konsentratning mineralogik tarkibi asosan pirit, xalkopirit, sfalerit hamda arsenopiritli tennantit minerallaridan iborat ekanligi aniqlandi. Past haroratli uyumda tanlab eritish jarayonlari kolonna tipidagi bioreaktorlarda laboratoriya sharoitida modellashirildi. Genetik tahlillar natijasida tadqiq etilayotgan mikrobiologik muhit tarkibida psixrotolerant *Acidithiobacillus ferrooxidans* (SS3 shtammiga yaqin) hamda mezofil *Leptospirillum ferrooxidans* shtammlarining mavjudligi aniqlandi. O'tkazilgan qiyosiy tajribalar SS3 shtammining pirit, arsenopirit va xalkopirit minerallarini samarali oksidlash xususiyatiga ega ekanligini ko'rsatdi. Biroq 5 °C haroratda temirning to'liq oksidlanishi kuzatilgan bo'lsa-da, sulfid minerallarining kimyoviy erish jarayoni cheklanganligi sababli tanlab eritish tezligining pasayishi qayd etildi. Shuningdek, kolonna tipidagi reaktorlarda past haroratning salbiy ta'siri aralashtiruvchi tizimlarga nisbatan kamroq darajada namoyon bo'lishi aniqlandi. 7 °C haroratda oksidlanish jarayoni temirning eritmada barqaror saqlanishi hisobiga nisbatan faolroq kechgan bo'lsa, 21 °C da esa temirning cho'kish kuzatildi. Natijada, temir oksidlanish jarayoni uchun ikki xil harorat optimumi mavjudligi asoslandi hamda mikroorganizmlar kulturasida 5 °C harorat sharoitida ham faoliyat ko'rsatish qobiliyatiga ega ekanligi tasdiqlandi. Metallurgiya va kimyo sanoatida hosil bo'luvchi texnogen chiqindilar tarkibida temirning yuqori ulushi mavjud bo'lib, bu ularni temir oksidlarini olish uchun muhim ikkilamchi xomashyo manbasi sifatida baholash imkonini beradi. Bunday chiqindilarni qayta ishlashning samarali texnologiyalarini ishlab chiqish atrof-muhitga tushadigan yukni kamaytirish bilan birga, qimmatli komponentlardan qayta foydalanish imkonini ham yaratadi [4]. Quyidagi [5] tadqiqotda temir (III), xrom(III) va sirkoniy(IV) gidrogellari tezkor ishqoriy gidroliz usuli orqali sintez qilingan va keyinchalik uch bosqichda suv bilan yuvilgan. O'rganishlar davomida ferro- va sirkonogellar uchun pH 4–13, xromogellar uchun esa 6–12 oralig'ida tajribalar olib borilgan, bunda sorbent miqdori 4 g/l ni tashkil etgan. Sorbat sifatida fosfat (Na_2HPO_4) $1\text{--}60\cdot 10^{-3}$ mol/l, arsenat (Na_2HASO_4) $1\text{--}100\cdot 10^{-3}$ mol/l hamda ferrotsianid ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) $1\text{--}10\cdot 10^{-3}$ mol/l konsentratsiyalarda qo'llanilgan. Ion muvozanatini saqlash maqsadida eritmaga mos elektrolitlar qo'shilgan. Tajribalar 20 ± 2 °C haroratda, magnit aralashtirgich yordamida statik sharoitda amalga oshirilgan. Sorbatlarning boshlang'ich va yakuniy konsentratsiyalari spektrofotometrik usulda (LOMO SF-26 yoki "Akvilon" SF-101 qurilmalari yordamida) aniqlangan. [6] manbada esa margimush va

temir saqllovchi eritmalarni neytrallash jarayonida hosil bo'ladigan cho'kmalarning xususiyatlari o'rganilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, ohaktoshni 90 °C da qo'llash yirik zarrachali va yuqori filtrlanish qobiliyatiga ega cho'kmalar hosil bo'lishiga olib keladi. Qattiq faza massasiga nisbatan 5-7% miqdorda aylanma cho'kma kiritilishi qo'shimcha ravishda zarrachalar o'lchamini 20-25 foizga oshiradi.

Tadqiqotning obyekti sifatida qaysar oltin tarkibli rudalarni biooksidlashdan keyingi BIOX eritmasi olingan. Sulfidli minerallar bakterial oksidlangandan so'ng, oksidlangan qattiq fazani sianlashdan oldin mishyakdan, erigan temirdan yuvish kerak. Yuvish jarayonida hosil bo'lgan nordon oqovalar tarkibida yuqori konsentratsiyali sulfat kislotasi, uch valentli temir va mishyak mavjud bo'lib, atrof-muhitni muhofaza qilish maqsadida uni oqizishdan oldin zararsizlantirish kerak. Barqaror va ekologik xavfsiz modda - temir arsenat hosil qilish uchun oqova suvlar ohaktosh bo'tqasi yordamida neytrallanadi. Neytrallanish reaksiyalari:



Navoiy kon-metallurgiya kombinatining 3-gidrometallurgiya zavodida hosil bo'lgan texnogen eritmadan kerakli komponentlarni bosqichma-bosqich ajratib olish maqsadida misni eritmadan faqat ekstraksiya yo'li bilan ajratib olish bo'yicha tadqiqotlar olib borildi. Shunga ko'ra, eritmaga ekstragent sifatida natriy dietilditiokarbomat $\text{NaS}_2\text{CN} (\text{C}_2\text{H}_5)_2$ kation almashinuvchi ekstragenti qo'llanildi. Ushbu ekstragentning 1-jadvalda keltirilgan eritmada mis ionlarini ekstraksiyalash qobiliyatini tekshirish va misni selektiv ajratib olishning maqbul sharoitlarini aniqlash uchun turli sharoitlarda bir qator tajribalar o'tkazildi. Tajribalar aralashtirish davomiyligi 5, 10 va 15 minut bo'lgan magnitli aralashtirgichda 25 °C, 35 °C, 45 °C haroratlarda va ekstragent sarfi 5, 10, 15 gramm bo'lganda o'tkazildi. Ekstraksiya jarayonida eritma muhiti kislotali, pH=4. Ekstragent eritmasini tayyorlashda qattiq va suyuq moddalar nisbati Q:S=1:2 (ya'ni 33,3% eritma) ni tashkil etdi. Har bir tajribada olingan mahsulot filtrlandi va eritmada qolgan mis va temir ionlarini aniqlash uchun PerkinElmer LambdaXLS fotoelektrik kalorimetri yordamida tahlil qilindi. Tahlil natijalari 1-jadvalda keltirilgan. Mis va temir ionlarini fotoelektrik kalorimetrik tahlil qilishning maqsadi ekstragentning ushbu eritmadagi mis ionlariga eksperimental nisbatini aniqlashdan iborat.

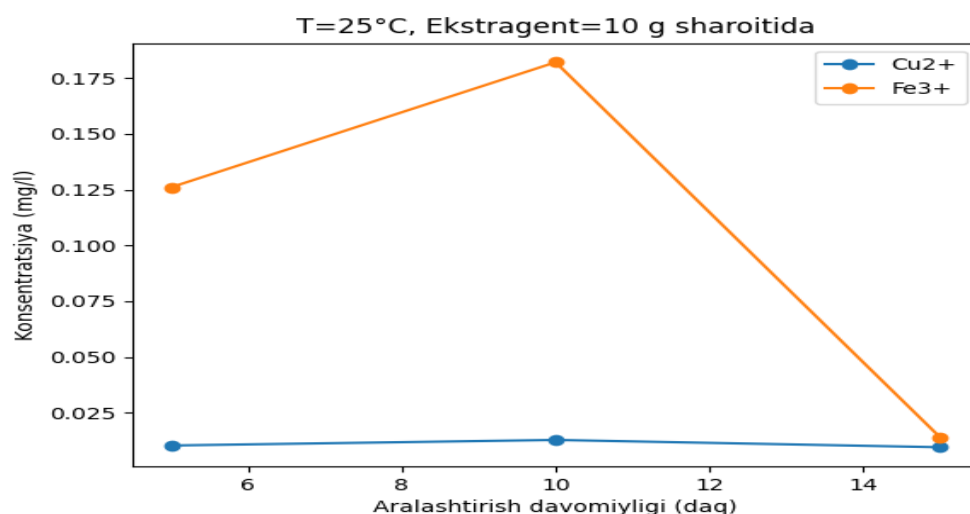
1-jadval.

Ekstraksiyadan keyin qolgan eritmadagi metall ionlarining fotoelektrik kalorimetrik tahlil natijalari

	Aralashtirish davomiyligi, daq	Harorat, °C	Ekstragent, g	Ekstraksiyadan keyin qolgan eritmadagi metall ionlarining miqdori, mg/l	
				Cu^{2+}	Fe^{3+}
	5	25	5	0,01051	0,154
	5	25	10	0,01043	0,126
	5	25	15	0,00728	0,145
	5	35	5	0,01379	0,141

	5	35	10	0,01036	0,133
	5	35	15	0,0121	0,113
	5	45	5	0,0137	0,136
	5	45	10	0,00954	0,131
	5	45	15	0,00954	0,129
0	10	25	5	0,01226	0,447
1	10	25	10	0,01292	0,182
2	10	25	15	0,00785	0,177
3	10	35	5	0,01356	0,120
4	10	35	10	0,01155	0,169
5	10	35	15	0,01708	0,155
6	10	45	5	0,01122	2,132
7	10	45	10	0,01081	2,461
8	10	45	15	0,01084	1,059
9	15	25	5	0,01098	0,050
0	15	25	10	0,00965	0,014
1	15	25	15	0,00867	0,080
2	15	35	5	0,01171	0,545
3	15	35	10	0,01103	1,455
4	15	35	15	0,01275	0,026
5	15	45	5	0,01044	0,035
6	15	45	10	0,00921	0,094
7	15	45	15	0,0092	0,054

Olingan natijalarning qiyosiy tahlilini soddalashtirish maqsadida 1-jadvalda grafik ko'rinishda tasvirlandi (1-rasm).



Xulosa qilib aytganda natriy dietilditiokarbamat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{CN}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$) murakkab tarkibli oltin tarkibli rudalarning qattiq fazasini yuvishda hosil bo'lgan biooksidlangan texnogen eritmalardan mis ionlarini samarali ekstraksiya qiladi. Optimal sharoitda (tajriba № 3: 5 daqiqa, 25 °C, 15 g ekstragent) misning yuqori ajralish darajasiga erishildi - 99,97%. Biroq, bir vaqtning o'zida temir ionlarining intensiv ajralishi kuzatiladi (99,99% dan ortiq), bu ushbu sharoitda ekstragentning past selektivligini ko'rsatadi. Grafik tahlil shuni tasdiqlaydiki, misni ajratib olishning yuqori samaradorligiga qaramay, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{CN}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ kislotali muhitda ($\text{pH} = 4$) mis va temir ionlarini deyarli farq qilmaydi, bu esa uni misni selektiv ajratib olish uchun qo'llashni cheklaydi. Olingan natijalar jarayonning selektivligini va usulning amaliy ahamiyatini oshirish maqsadida ekstraksiya sharoitlarini o'zgartirish yoki temirni dastlabki ajratib olishning qo'shimcha bosqichlarini joriy etish zarurligini ko'rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Alekseev E.V. Fiziko-kimyoviy tozalash oqova suvlar. – M.: Assotsiatsiya qurilish oliy o'quv yurtlari, 2007. – 248 b.
2. Vardanyan N.S., Vardanyan A.K. Biooxidation of refractory gold-bearing ores by moderately thermophilic chemolithotrophic bacteria and their association // Proceedings of the 19th International Biohydrometallurgy Symposium “Biohydrometallurgy: Biotech Key to Unlock Mineral Resources Value” (IBS 2011), Changsha (China), 18–21 September 2011. – Vol. 2. – P. 597–600.
3. Dopson M., Halinen A.-K., Rahunen N., Ozkaya B., Sahinkaya E., Kaksonen A.H., Lindström E.B., Puhakka J.A. Mineral and iron oxidation at low temperatures by pure and mixed cultures of acidophilic microorganisms // Biotechnology and Bioengineering. – 2007. – Vol. 97, No. 5. – P. 1205–1215.
4. Frolova L.A., Smotraev R.V., Oleynikov V.G. Issledovanie protsessa izvlecheniya medi i tsinka iz otrabotannogo katalizatora NTK-4 // Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii. – 2007. – No. 6. – P. 99–101.

5. Fokina S.B. Izuchenie kharakteristik zhelezo- i myshyak-soderzhashchikh osadkov neytralizatsii // Naukovedenie. – 2015. – Vol. 7, No. 2. – P. 1–8.
6. Semushina Yu.P.; nauch. ruk. Pechenyuk S.I. – Apatity: Institut khimii i tekhnologii redkikh elementov i mineralnogo syr'ya im. I.V. Tananaeva KNTs RAN, 2009. – 14 p.
7. Kenjayeva S. A., Toshkodiroya R. E. Issledovanie pererabotki rastvorov, obrazuyushchikhsya pri biologicheskom okislenii upornykh zolotosoderzhashchikh rud // Development of Science. – 2025. – T. 2. – № 6. – URL:<https://devos.uz/files/999.pdf>
8. Кенжаева, С.А., & Тошкодиroya, Р.Э. (2022). ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ КЛИНКЕРА ЦИНКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 2 (5), 616-622.
9. Эрнazarов Мухаммад-Тохир, & Кенжаева Севара Абсаматовна (2024). ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВ АНГРЕНСКОЙ ТЭС. *Sanoatda raqamli texnologiyalar / Цифровые технологии в промышленности*, 2 (2), 25-30. doi: 10.5281/zenodo.10972106
10. Масидиков Эльяр Мирсодикович, Абдурахмонов Сойиб Абдурахмонович, & Ахтамов Фозил Эркинович (2024). ВОЗМОЖНОСТИ ПРИВЛЕЧЕНИЯ К ПЕРЕРАБОТКЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕДНООБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК. *Universum: технические науки*, 3 (12 (129)), 15-19. doi: 10.32743/UniTech.2024.129.12.18917
11. Mutalibkhonov S.S., Kholikulov D.B., Khudoymuratov Sh.J., Khushbakov D.T., & Riskulov D.D. (2025). Copper slag softening, fayalite destruction and magnetite reduction through coal-based and hydrogen-based processes. *International Journal of Advanced Engineering Research (IJAER)*, 9(12), 64–71.
12. . Masidikov Elyar Mirsodikovich, Abduraxmonov Soib Abduraxmonovich, & Axtamov Fozil Erkinovich (2024). MIS BOYITISH FABRIKASI TEXNOGEN CHIQINDILARIDAN METALLARNI AJRATIB OLIISH BO'YICHA TADQIQOTLAR. *Sanoatda raqamli texnologiyalar / Цифровые технологии в промышленности*, 2 (4-1), 53-56. doi: 10.70769/3030-3214.SRT.2.4-1.2024.30
13. Askarova N. M. & Axmedova N. E. (2025). Temir oksidli pigment olishning zamonaviy usullarini o'rganish va tahlil qilish.. *Development Of Science*, 6(2), pp. 65-72. <https://doi.org/0>
14. Mamarahimov, S. K., Rahimov, S. D., & Xolikulov, D. B. (2021). Kamyob metallar ishlab chiqarishda ajralib chiqayotgan chiqindi suvlar tarkibidan metallarni ajratib olish imkoniyatlarini o'rganish. *Science and Education*, 2(6), 278-283.
15. Суннатов, Ж. Б., & Якубов, М. М. (2024). РАЗРАБОТКА ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО МЕТОДА ПЕРЕРАБОТКИ УПОРНЫХ ЗОЛОТО-СОДЕРЖАЩИХ РУД И ОТХОДОВ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК. *Universum: технические науки*, 3(11 (128)), 51-54.