



QALMOQIR KONINING OKSIDLANGAN MIS RUDALARINI QAYTA ISHLASH BO'YICHA GIDROMETALLURGIK TADQIQOTLAR NATIJALARI

S.B.Jo'raqulova ¹

R.B.Usenov ²

A.A.Xasanov ²

O.K.Kuralov ³

I.S.Ibragimov ⁴

¹ Olmaliq davlat texnika instituti Konchilik fakulteti
Konchilik ishi kafedrası magistranti

² Olmaliq davlat texnika instituti Konchilik fakulteti
Konchilik ishi kafedrası dotsenti

³ MMG bosh texnologi

⁴ Olmaliq davlat texnika instituti Konchilik fakulteti Konchilik ishi
kafedrası katta o'qituvchisi

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18477422>

Annotatsiya. Mazkur maqolada Qalmoqir konining oksidlangan mis rudalarini qayta ishlashning gidrometallurgik texnologiyasi bo'yicha olib borilgan laboratoriya tadqiqotlari natijalari keltirilgan. Tadqiqotlar doirasida oksidlangan mis rudalarini sulfat kislotada yordamida uyumli tanlab eritish jarayoni o'rganildi hamda metalga to'yingan eritmalardan misni ajratib olish uchun solvent ekstraksiya va elektrolizga asoslangan SX-EW texnologiyasi qo'llanildi. Eritma tarkibi ICP-MS usuli yordamida tahlil qilinib, misning suvli fazadan organik fazaga o'tish darajasi turli ekstragentlar ishtirokida baholandi. Tadqiqotlar natijasida LIX984-N ekstraktanti eng yuqori va barqaror ekstraksiya ko'rsatkichlarini namoyon etgani aniqlandi. Ekstraksiya-rekstraksiya (2E+1S) sxemasi asosida olingan elektrolitning keyingi elektrolizi natijasida 99,96 % sof misga ega bo'lgan, M1k markali katod mis olish imkoniyati tasdiqlandi. Olingan natijalar Qalmoqir konining oksidlangan mis rudalarini sanoat miqyosida samarali qayta ishlash uchun SX-EW texnologiyasining istiqbolli ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: oksidlangan mis rudalari, Qalmoqir koni, gidrometallurgiya, uyumli tanlab eritish, solvent ekstraksiya, SX-EW texnologiyasi, katod mis, elektroliz

Аннотация. В статье представлены результаты гидрометаллургических исследований по переработке окисленных медных руд месторождения Кальмакыр. В рамках работы изучен процесс кучного серноокислотного выщелачивания окисленных медных руд с последующим извлечением меди из продуктивных растворов методом экстракции растворителем и электролиза по технологии SX-EW. Химический состав растворов определен методом ICP-MS, а степень извлечения меди из водной фазы в органическую исследована с применением различных экстрагентов. Установлено, что экстрагент LIX984-N обеспечивает наиболее высокие и стабильные показатели извлечения меди. На основе схемы экстракции-реэкстракции (2E+1S) получен электролит, последующий электролиз которого позволил получить катодную медь чистотой 99,96 %, соответствующую требованиям марки М1к. Полученные результаты подтверждают перспективность применения технологии SX-EW для промышленной переработки окисленных медных руд месторождения Кальмакыр.

Ключевые слова :окисленные медные руды, месторождение Кальмакыр, гидрометаллургия, кучное выщелачивание, экстракция растворителем, технология SX-EW, катодная медь, электролиз

Abstract. This paper presents the results of hydrometallurgical studies on the processing of oxidized copper ores from the Kalmakyr deposit. The research focuses on sulfuric acid heap leaching of oxidized copper ores followed by copper recovery from pregnant leach solutions using solvent extraction and electrowinning (SX-EW) technology. The chemical composition of the solutions was analyzed by ICP-MS, and the copper transfer efficiency from the aqueous to the organic phase was evaluated using various extractants. The results showed that the LIX984-N extractant provided the highest and most stable copper extraction efficiency. Based on a two-stage extraction and one-stage stripping (2E+1S) flowsheet, a copper electrolyte was obtained, which was subsequently processed by electrowinning to produce cathode copper with a purity of 99.96 %, meeting the requirements of M1k grade copper. The obtained results confirm the industrial potential of SX-EW technology for efficient processing of oxidized copper ores from the Kalmakyr deposit.

Keywords: oxidized copper ores, Kalmakyr deposit, hydrometallurgy, heap leaching, solvent extraction, SX-EW technology, cathode copper, electrowinning

So'nggi o'n yilliklarda rangli metallarga, xususan, misga bo'lgan global talabning barqaror ortib borishi sanoatning deyarli barcha asosiy tarmoqlari elektrotexnika va elektronika, energetika, qurilish, mashinasozlik hamda transport sohalarining jadal rivojlanishi bilan chambarchas bog'liqdir. Misning yuqori elektr va issiqlik o'tkazuvchanligi, korroziyaga chidamliligi hamda yaxshi plastik xossalari uni zamonaviy texnologiyalar uchun strategik ahamiyatga ega metall sifatida e'tirof etilishiga sabab bo'lmoqda. Shu bois jahon miqyosida mis ishlab chiqarish hajmlarini oshirish, ayniqsa past navli va murakkab tarkibli rudalarni samarali qayta ishlash dolzarb ilmiy-texnik masalaga aylangan. An'anaviy ravishda misning asosiy qismi yuqori navli sulfidli rudalardan pirometallurgik usullar orqali olinadi. Biroq so'nggi yillarda bunday rudalar zaxirasining kamayib borishi, energiya va ekologik talablarning kuchayishi past navli oksidlangan va aralash mis rudalarini qayta ishlashning muqobil texnologiyalarini rivojlantirishni taqozo etmoqda. Ushbu sharoitda gidrometallurgik usullar, xususan, tanlab eritish, solvent ekstraksiya va elektrolizga asoslangan SX-EW texnologiyasi texnologik va ekologik jihatdan eng istiqbolli yo'nalishlardan biri sifatida qaralmoqda. SX-EW texnologiyasi oksidlangan mis rudalarini qayta ishlashda yuqori samaradorlikka ega bo'lib, nisbatan past energiya sarfi, chiqindi gazlar va zararli moddalarning kam hosil bo'lishi hamda yuqori tozalikka ega katod mis olish imkoniyati bilan ajralib turadi. Mazkur texnologiya ayniqsa yirik ochiq konlar va past navli rudalar ustunlik qiladigan kon sharoitlarida keng qo'llanilmoqda. Xalqaro amaliyot shuni ko'rsatadiki, hozirgi kunda jahon bo'yicha tozalangan mis ishlab chiqarishining sezilarli qismi aynan SX-EW jarayoni hissasiga to'g'ri kelmoqda. O'zbekiston Respublikasida rangli metallurgiya sohasining yetakchi xomashyo bazalaridan biri hisoblangan Qalmoqir konida ham oksidlangan va aralash tarkibli mis rudalarining katta zaxiralari mavjud. Ushbu rudalarni samarali qayta ishlash, mavjud texnologik sxemalarni takomillashtirish va sanoat miqyosida joriy etish bo'yicha ilmiy asoslangan yechimlar ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, uyumli tanlab eritish jarayonlarining optimallashtirilishi hamda ekstraksiya va elektroliz bosqichlarida yuqori texnologik ko'rsatkichlarga erishish konning iqtisodiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Shu munosabat bilan mazkur ishda Qalmoqir konining oksidlangan mis rudalarini gidrometallurgik usulda qayta ishlash bo'yicha laboratoriya tadqiqotlari olib borilib, sulfat kislota yordamida uyumli eritish, solvent ekstraksiya va elektroliz jarayonlarining texnologik ko'rsatkichlari o'rganildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi misni eritmaga o'tkazish darajasini oshirish, ekstraksiya jarayonining selektivligini ta'minlash hamda sanoat talablari darajasida yuqori sifatli katod mis olish imkoniyatlarini ilmiy asoslashdan iboratdir.

Misga bo'lgan global talab so'nggi o'n yilliklarda barqaror o'sib bormoqda va bu holat sanoatning deyarli barcha asosiy tarmoqlari rivoji bilan bevosita bog'liqdir [1].

So'nggi 50 yil ichida tozalangan misning jahon iste'moli asosan elektrotexnika va elektronika sanoati, bino va inshootlar qurilishi, sanoat mashinalari va texnologik uskunalar ishlab chiqarish, transport vositalari (avtomobilsozlik, temir yo'l va aviatsiya), shuningdek, keng iste'mol tovarlari va maishiy texnika mahsulotlari hissasiga to'g'ri kelmoqda [2].

Misning yuqori elektr va issiqlik o'tkazuvchanligi, korroziyaga chidamliligi hamda plastiklik xususiyatlari uni zamonaviy texnologiyalar uchun muhim strategik metallga aylantirgan. Misning asosiy qismi sanoatda sulfidli mis rudalaridan pirometallurgik usullar orqali ajratib olinadi. Biroq so'nggi yillarda yuqori navli sulfidli rudalar zaxirasining kamayib borishi past navli oksidli rudalarni hamda ayrim sulfidli rudalarni qayta ishlashning muqobil usullarini rivojlantirishga turtki bo'ldi [3].

Shu sababli gidrometallurgik usullar, xususan, tanlab eritish (erituvchi bilan ekstraksiyalash) va elektrolizga asoslangan SX-EW (Solvent Extraction – Electrowinning) jarayoni keng qo'llanila boshladi. SX-EW texnologiyasi asosan past navli oksidli mis rudalarini qayta ishlashda samarali bo'lib, jarayon bir necha bosqichdan iborat: rudani eritish (leaching), eritmadan misni organik erituvchi yordamida tanlab ajratib olish (SX) va elektroliz yo'li bilan katod misini cho'ktirish (EW). Ushbu usulning asosiy afzalliklari energiya sarfining nisbatan pastligi, atrof-muhitga kamroq zarar yetkazilishi hamda yuqori tozalikka ega katodli mis olish imkoniyatidir. Natijada olingan mahsulot sifat jihatidan elektrrafinatsiyalash orqali olingan misga deyarli teng bo'ladi [4].

Xalqaro Misni O'rganish Guruhi (ICSG) ma'lumotlariga ko'ra, 2022-yilda SX-EW jarayoni orqali ishlab chiqarilgan tozalangan mis jahon miqyosidagi umumiy mis ishlab chiqarish hajmining qariyb 19,6 foizini tashkil etgan bo'lib, bu gidrometallurgik texnologiyalarning mis sanoatidagi ahamiyati tobora ortib borayotganini yaqqol namoyon etadi.

Tadqiqot materiallari va usullari. Namunalar Qalmoqir konidagi oksidlangan mis rudalaridan olindi. Sulfat kislota yordamida uyumli eritish amalga oshirildi va metalga to'ingan eritma olindi.

Maxsus xususiyatlarga ega metallarga to'yingan eritmalardan qimmatbaho metallarni ajratib olishning optimal texnologik jarayonini ishlab chiqishda birinchi va eng muhim bosqichlardan biri ishlatilayotgan eritmani shartli ravishda standart eritma sifatida qabul qilish mumkinmi yoki yo'qligini aniqlash hamda uni standart rejimda qayta ishlash natijasida qanday texnologik ko'rsatkichlarga erishish mumkinligini baholashdan iborat. Bunday yondashuv keyingi laboratoriya va sanoat tajribalarini rejalashtirish, jarayon parametrlarini solishtirish va optimal sharoitlarni tanlash uchun muhim metodologik asos yaratadi.

Dastlabki eritmaning tarkibini chuqur tahlil qilish talab etiladi. Xususan, eritmada mavjud bo'lgan qimmatbaho va yo'ldosh metallar (Au, Ag, Cu, Pd, Pt va boshqalar), ularning miqdoriy konsentratsiyasi, eritmaning pH qiymati, oksidlanish-qaytarilish potentsiali (Eh),

ammiakning mavjudligi va uning konsentratsiyasi, shuningdek xlorid, nitrat, sulfat kabi anionlarning mavjudligi va miqdori aniqlanishi zarur. Ushbu parametrlar metall ionlarining eritmadagi holati, kompleks birikmalar hosil qilishi va ularning fazalararo taqsimlanish xususiyatlarini belgilab beradi [5].

Masalan, xlorid muhitda oltin va kumushning barqaror komplekslar hosil qilishi, ammiakli eritmalarida esa mis va nikel ionlarining kuchli komplekslanishi ekstraksiya jarayonining selektivligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. pH qiymatining o'zgarishi metallarning cho'kish, gidrolizi yoki organik fazaga o'tish ehtimolini keskin o'zgartirishi mumkin. Shu sababli eritmaning o'ziga xos tarkibini bilish orqali ekstraksiya, cho'ktirish, ion-almashinish yoki sementatsiya kabi texnologiyalar yordamida qaysi metallarni samarali ajratib olish mumkinligini oldindan prognoz qilish imkoniyati yuzaga keladi.

Standart rejimda olib borilgan dastlabki tajribalar natijalari asosida jarayonning asosiy samaradorlik ko'rsatkichlari – metall ajralish darajasi, selektivlik, reagentlar sarfi va chiqindi eritmalar tarkibi baholanadi. Bu esa keyingi bosqichlarda jarayonni chuqur optimallashtirish, maxsus reagentlar yoki modifikatsiyalangan ekstragentlarni tanlash hamda sanoat miqyosida joriy etish uchun ilmiy asoslangan xulosalar chiqarishga xizmat qiladi [6].

Bizning holatimizda, uyum bilan eritilgandan so'ng, eritma 1-jadvalda ko'rsatilgan parametrlarga ega.

Uyumli tanlab eritishdan keyin eritmadagi alohida metallar miqdori (mg/l), ICP-MS ma'lumotlariga ko'ra

1-jadval

Element	Eritma	Element	Eritma	Element	Eritma	Element	Eritma
Ag	0,051	Cd	0,006	Nd	0,763	Sc	0,193
Al.	341,2	Ce	1,361	Ni	0,465	Se	0,144
As	0,35	Co	0,574	P	131,2	Sm	0,239
Au	0,014	Cr	0,444	Pb	0,784	Sn	0,045
Ba	0,0001	Cs	0,0001	Pr	0,188	Sr	2,303
Be	0,023	Cu	1606,5	Rb	1,249.	Ta	0,028
Bi	0,06	Dy	0,2152	S	14.10.	Tb	0,004
Ca	441.	Er	0,037	Sb	0,017		

Ekstraksiya tadqiqotlari bir xil texnologik sharoitlarda, turli xil ekstraktantlar brendlaridan foydalangan holda olib borildi. Bunda organik faza tarkibi ekstraktantning 50% li eritmasidan iborat bo'lib, qolgan 50% qismi erituvchi bilan to'ldirildi. Organik va suvli fazalar hajmiy nisbati 1:1 etib belgilandi. Aralashtirish jarayoni 3 daqiqa davomida amalga oshirildi va tajribalar xona haroratida olib borildi. Erituvchi sifatida ExxonMobil kompaniyasining ESCAID 110 markali mahsuloti tanlandi. Ekstraksiya jarayonidan so'ng organik va suvli fazalarni bir-biridan aniq ajratish maqsadida ajratuvchi voronka qo'llanildi. Olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, qo'llanilgan turli ekstraktantlar yordamida misning suvli fazadan organik fazaga o'tish darajasi 92–94% oralig'ida bo'ldi. Yuqori va barqaror ekstraksiya ko'rsatkichlarini inobatga olgan holda, keyingi laboratoriya tadqiqotlari uchun LIX984-N ekstraktanti tanlab olindi va undan foydalanildi.

Turli ekstragentlarda ekstraksiyalash natijalari

2-jadval

Tajriba raqami	Ekstragent	Suvli fazadagi Cu miqdori, g/l	Cu ni organik fazaga ajratib olish, %
1.	LIX984-N	0,11	93,4
2.	Mextral 5774	0,12	92,8
3.	Mextral 5640H	0,10	94,0
4.	Mextral 984N	0,11	93,4
5.	Mextral 973N	0,09	94,6

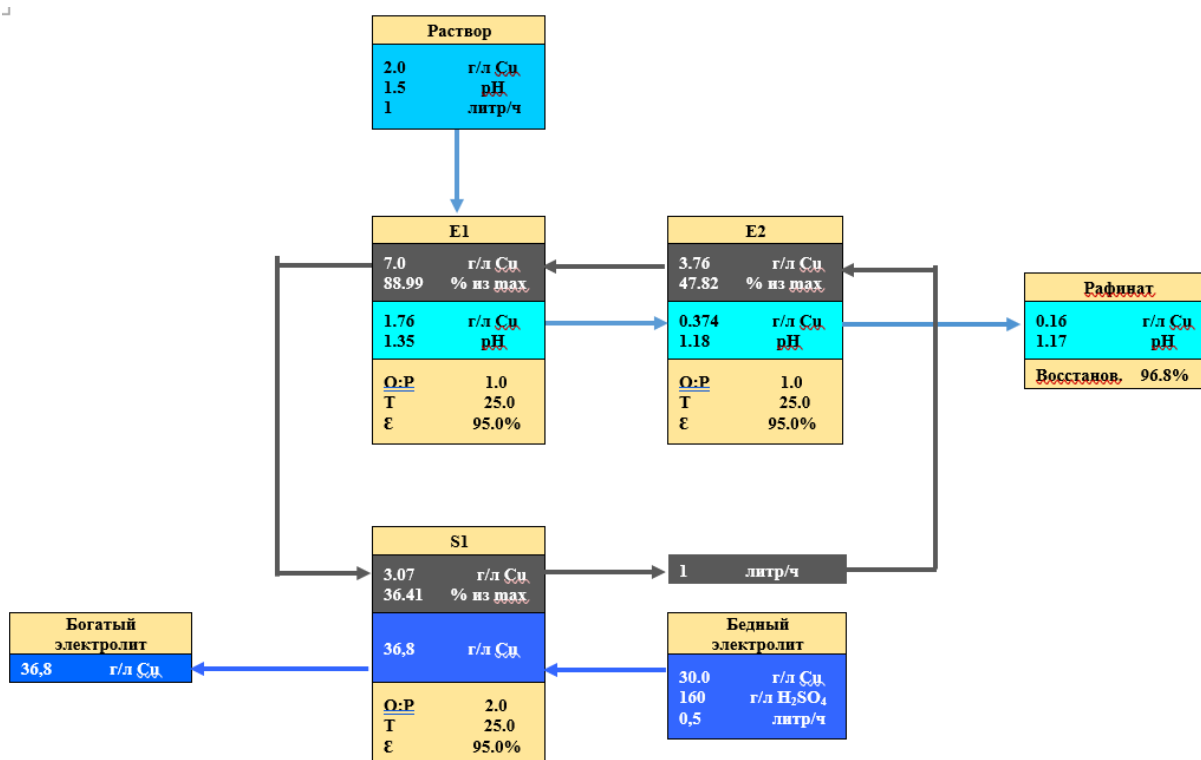
Ekstraktantning optimal hajmini aniqlash maqsadida organik faza tarkibidagi ekstraktant miqdori 10, 20, 30, 40 va 50% bo'lgan organik eritmalar tegishli erituvchida tayyorlandi. Ushbu organik eritmalar keyinchalik to'yingan eritma hamda hisoblangan tarkibga ega ajratish eritmasi bilan bir qator ketma-ket aralashtirish sinovlarida qo'llanildi. Aralashtirish jarayoni mexanik aralashtirgich yordamida taxminan 3 daqiqa davomida amalga oshirildi, bunda organik va suvli fazalar hajmiy nisbati 1:1 etib belgilandi. Aralashtirishdan so'ng fazalar ajratuvchi voronka yordamida bir-biridan ajratildi. Faza ajralishi yakunlangach, suvli faza namunasi olinib, undagi mis miqdori aniqlash uchun tahlil qilindi hamda keyinchalik olib tashlandi. Olingan tajriba natijalari 3-jadvalda keltirilgan.

Kimyoviy tahlilga ko'ra, turli ekstraktant konsentratsiyalarida ekstraksiyadan keyin suvli fazadagi mis miqdori

3-jadval

Tajriba raqami	Organik eritmadagi ekstragent va erituvchi nisbati	Suvli fazadagi Cu miqdori, g/l	Cu ni organik fazaga ajratib olish, %
1.	LIX984-N - 10%. Erituvchi - 90%	0,45	73,1
2.	LIX984-N - 20%. Erituvchi - 80%	0,35	79,0
3.	LIX984-N - 30%. Erituvchi - 70%	0,16	90,4
4.	LIX984-N - 40%. Erituvchi - 60%	0,14	91,6
5.	LIX984-N - 50%. Erituvchi - 50%	0,09	94,6
	Boshlang'ich eritma	1,67	

Olingan tajriba natijalariga asoslanib, laboratoriya miqyosida uzluksiz ishlovchi ko'p bosqichli ekstraksiya qurilmasida tadqiqotlar olib borildi. Tadqiqotlar 2E + 1S texnologik sxema asosida amalga oshirildi, ya'ni ikki bosqichli ekstraksiya va bir bosqichli reekstraksiya (ajratish) jarayonlari qo'llanildi (1-rasm). Ekstraksiya va reekstraksiya jarayonlarining yakuniy mahsuloti sifatida elektrolit olindi, uning kimyoviy tarkibi 4-jadvalda keltirilgan.



1-рasm. Ekstraksiya va reekstraksiya sxemasi (2E + 1S).

Mis elektrolitining kimyoviy tarkibi, mg/l

4-jadval

Cu	Ni	Sn	Pb	As	Mg
36800	4,575	<0,01	0,1	3.675.	1235.
Al.	Bi	Sa	Zn	Sb	Fe
1377,5	0,102;	310,0	63.	0,04	16:30.

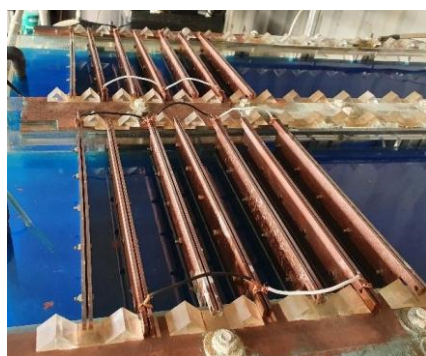
Reekstraksiya jarayonidan olingan elektrolitning keyingi qayta ishlanishi sanoatda keng qo'llaniladigan va samaradorligi yuqori bo'lgan elektroliz usuli yordamida amalga oshirildi. Elektroliz jarayonini olib borish uchun quyidagi optimal texnologik parametrlar tanlab olindi: elektrolit tarkibidagi mis miqdori 36,8 g/l; sulfat kislotaning (H_2SO_4) konsentratsiyasi 150–175 g/l; tok zichligi 270–300 A/m²; elektrolit harorati 35–50 °C; elektroliz davomiyligi 24 soat.

Elektroliz jarayoni yakunlangach, hosil bo'lgan katodli mis yuvildi va kimyoviy tahlil uchun tayyorlandi. Tahlil natijalariga ko'ra, katodli misning kimyoviy tarkibi 5-jadvalda keltirilgan. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, hosil bo'lgan katodli mis nafaqat asosiy komponent – mis miqdori bo'yicha (kamida 99,95%), balki barcha asosiy aralashmalar miqdori jihatidan ham M1k markali katod misiga qo'yiladigan talablarni to'liq qanoatlantiradi (2-rasm).

Katodli misning kimyoviy tarkibi, %

5-jadval

Cu	Bi	Sb	As	P.	Pb
99,96	0,0003	0,0001	0,0003	0,002	0,0006
S	Sn	Ni	Fe	Zn	Ag
0,005	0,0003	<0,00001	<0,000003	0,001	0,0003



2-rasm. Mis katodi

Elektroliz jarayonidan so'ng tarkibidagi mis konsentratsiyasi $30\text{--}35\text{ g/dm}^3$ gacha kamaygan elektrolit qayta ekstraktsiya bosqichiga qaytarildi. Ushbu bosqichda elektrolit mis ionlari bilan $45\text{--}50\text{ g/dm}^3$ gacha boyitildi va keyinchalik mis konsentratsiyasi standart darajaga ($150\text{--}160\text{ g/dm}^3$) yetguniga qadar yana elektroliz jarayoniga yo'naltirildi. Bunday aylanma texnologik sxema elektrolit tarkibidagi erkin sulfat kislotaning ortiqcha konsentratsiyasini kamaytirishga ham xizmat qildi.

Xulosa. Uyumli tanlab eritish jarayonida misning eritmaga o'tish darajasi 65,9% gacha yetishi aniqlangan bo'lib, dastlabki namunalarning optimal zarracha o'lchamlari 1–3 mm diapazonda ekanligi belgilandi. Zarracha o'lchamining ushbu diapazondan kichiklashishi yoki kattalashishi misning eritmaga o'tish darajasining pasayishiga olib keladi. Xususan, mayda zarracha o'lchamlarida rudaning loy fraksiyasi kislotaga eritmasining o'tkazuvchanligiga to'sqinlik qilishi jarayon samaradorligini cheklaydi. Oksidlangan va aralash mis rudalari uchun optimal ekstraktsiya va reekstraksiya parametrlari aniqlanib, jarayonning texnologik jihatdan samarali rejimlari belgilandi. To'yingan mis elektrolitining elektrolizi natijasida 99,96 % mis miqdoriga ega bo'lgan, M1k markasi talablariga to'liq javob beradigan yuqori sifatli katod mis olinishi ushbu texnologik sxemaning sanoat miqyosida qo'llash uchun istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi.

Adabiyotlar:

1. International Copper Study Group (ICSG). World Copper Factbook 2023. Lisbon, 2023.
2. Davenport, W. G., King, M., Schlesinger, M., Biswas, A. K. Extractive Metallurgy of Copper. Elsevier, 2011.
3. Habashi, F. Handbook of Extractive Metallurgy. Wiley-VCH, 1997.
4. Sole, K. C., Hiskey, J. B. Solvent Extraction in the Copper Industry. SME Publications, 2002.
5. Marsden J., House I. The Chemistry of Gold Extraction. SME, 2006.
6. Sole K.C., Cole P.M. "Solvent extraction in the hydrometallurgical processing and purification of metals." Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2002.
7. УСЕНОВ, Р., АЛМАТОВ, И., & НУРМУХАМЕДОВ, И. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛЬМАКЫР (УЗБЕКИСТАН).
8. Усенов, Р. Б., Алматов, И. М., & Сагдиева, М. Г. (2019). Определение пригодности чанового сернокислотного выщелачивания отвальных окисленных медных руд месторождения

кальмакыр. In Современные тенденции в области теории и практики добычи и переработки минерального и техногенного сырья (pp. 423-426).

9.Юсупходжаев, А. М., Алимов, Р. С., Усенов, Р. Б., & Алматов, И. М. КОНЦЕПЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ АНГРЕНСКОЙ И НОВОАНГРЕНСКОЙ ТЭС. Главный редактор, 172.

10.Almatov, I. V., Usenov, R. B., & Makhmarezhabov, D. B. Comprehensive processing methods for oil shale from the Aktau deposit (Uzbekistan). 2023 Obogashchenie Rud 2023 (6). DOI, 10, 28-32.

11.Khakimova D. Fe₃O₄-ZnO Incorporated in Chitosan-Carbon Nanotubes (Fe₃O₄-ZnO-CHIT-CNT) as a Hybrid Organic Inorganic Biodegradable Nano-composites for Application in Bone Tissue Engineering. J Nanostruct 15(3): 1380-1393, Summer 2025

12.МуталоваМ. А., ХасановаА. А., Ибрагимов И. С., & С., Х. (2023). Исследование Современных Технологий Переработки Лежалых Хвостов Обогачительных Фабрик. Центральноазиатский журнал теоретической и прикладной науки , 4 (1), 138-142.

13.Муталова, М. А., & Ибрагимов, И. С. (2023). Технологии переработки окисленных и смешанных медных руд.