

УО'К: 669.3:622.7

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.10

QALMOQIR KONIDAGI OKSIDLANGAN MIS RUDALARINI CHANLARDA TANLAB ERITISH BO'YICHA TADQIQOT NATIJALARI



Xasanov Adham
Amankulovich

Dotsent, Olmaliq davlat texnika instituti, Olmaliq, O'zbekiston
E-mail:
adhamhasanov122@gmail.com



Usenov Rasul
Bovurjonovich

Dotsent, Olmaliq davlat texnika instituti, Olmaliq, O'zbekiston



Geydarov Arif Emrax
o'g'li

Ozgarbayjon Milliy Fanlar Akademiyasi Kataliz va Noorganik Kimyo Institut, laboratoriya mudiri, kimyo fanlari doktori, professor, Ozgarbayjon



Jo'raqulova Sabrina
Baxtiyor qizi

Magistrant, Olmaliq davlat texnika instituti, Olmaliq, O'zbekiston

Annotation. Ushbu maqolada zamonaviy tog'-kon sanoatida dolzarb hisoblangan Qalmoqqir konining oksidlangan mis rudalarini qayta ishlash masalalari tadqiq etilgan. So'nggi yillarda qazib olinayotgan xomashyo tarkibida oksidlangan va aralash rudalarning ulushi ortib borayotgani sababli, ularni an'anaviy flotatsiya usullari bilan boyitish samaradorligi pastligi aniqlangan. Tadqiqot ishida oksidlangan mis minerallarining (malaxit, azurit va boshqalar) mineralogik va kimyoviy xususiyatlari tahlil qilinib, ularning sulfidizatsiya asosidagi flotatsiya jarayonida past tiklanish ko'rsatkichlariga ega ekanligi ko'rsatib berilgan. Shu munosabat bilan sulfat kislota yordamida tanlab eritish jarayonining misni eritmaga o'tkazish samaradorligiga ta'sir etuvchi asosiy texnologik omillar — kislota konsentratsiyasi, rуданing yiriklik darajasi, eritish vaqt, harorat va qattiq-suyuq fazalar nisbati ($Q:S$) o'rGANILGAN. Tajribalar natijasida sulfat kislota konsentratsiyasi 3%, rуданing yiriklik sinfi –1 mm, harorat 40°C , eritish vaqt 30 daqiqa hamda $Q:S = 1:3$ bo'lган sharoitlarda misning eritmaga ajralish darajasi 60–80% gacha yetishi aniqlangan. Olingan natijalar oksidlangan mis rudalarini gidrometallurgik usulda qayta ishlashning yuqori istiqbolligini ko'rsatadi va ushbu texnologiyani sanoat miqyosida qo'llash imkoniyatlarini asoslaysidi.

Kalit so'zlar: oksidlangan mis rudalari, Qalmoqqir koni, tanlab eritish, sulfat kislota, gidrometallurgiya, misni eritmaga ajratib olish, texnologik parametrlar, $Q:S$ nisbati.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СЕЛЕКТИВНОМУ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЮ ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛМАКАР В ЧАНАХ

Хасанов Адхам
Аманкулович

Доцент, Алмалыкский
государственный технический
институт, Алмалык, Узбекистан

Усенов Расул
Бовуржонович

Доцент, Алмалыкский
государственный технический
институт, Алмалык, Узбекистан

Гейдаров Ариф Эмрах
о'глы

Заведующий лабораторией
Института катализа и
неорганической химии
Национальной академии наук
Азербайджана, доктор
химических наук, профессор,
Азербайджан

Журакулова Сабрина
Бахтиёр кизи

Магистрант, Алмалыкский
государственный технический
институт, Алмалык, Узбекистан

Аннотация. В данной статье исследованы актуальные в современной горнодобывающей промышленности вопросы переработки окисленных медных руд месторождения Калмакыр. В

последние годы установлено, что из-за увеличения доли окисленных и смешанных руд в добываемом сырье эффективность их обогащения традиционными методами флотации низкая. В исследовательской работе проанализированы минералогические и химические свойства окисленных минералов меди (малахит, азурит и др.) и показано, что они имеют низкие показатели восстановления в процессе флотации на основе сульфидизации. В связи с этим были изучены основные технологические факторы, влияющие на эффективность растворения меди в процессе сернокислотной выщелачивания - концентрация кислоты, степень крупности руды, время выщелачивания, температура и соотношение твердо-жидких фаз (T:Ж). В результате экспериментов установлено, что при концентрации серной кислоты 3%, классе крупности руды - 1 мм, температуре 40°C, времени плавления 30 минут и T:Ж = 1:3 степень извлечения меди в раствор достигает 60-80%. Полученные результаты показывают высокую перспективность гидрометаллургической переработки окисленных медных руд и обосновывают возможности промышленного применения данной технологии.

Ключевые слова: окисленные медные руды, месторождение Калмакир, избирательное выщелачивание, серная кислота, гидрометаллургия, извлечение меди в раствор, технологические параметры, соотношение T:Ж.

RESEARCH RESULTS ON TANK LEACHING OF OXIDIZED COPPER ORES FROM THE KALMAKYR DEPOSIT

**Khasanov Adham
Amankulovich**

Docent, Almalyk State Technical Institute, Almalyk, Uzbekistan

**Usenov Rasul
Bovurjonovich**

Docent, Almalyk State Technical Institute, Almalyk, Uzbekistan

Geydarov Arif Emrakh oglu

Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Head of the Laboratory, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Azerbaijan

**Jurakulova Sabrina
Bakhtiyor kizi**

Master's student, Almalyk State Technical Institute, Almalyk, Uzbekistan

Abstract. This article examines the issues of processing oxidized copper ores of the Kalmakyr deposit, which is relevant in the modern mining industry. In recent years, due to the increasing share of oxidized and mixed ores in the extracted raw materials, the low efficiency of their enrichment by traditional flotation methods has been established. In the research work, the mineralogical and chemical properties of oxidized copper minerals (malachite, azurite, etc.) were analyzed, and it was shown that they have low recovery rates in the flotation process based on sulfidization. In this regard, the main technological factors influencing the efficiency of copper leaching in the sulfuric acid leaching process - acid concentration, ore size, leaching time, temperature, and solid-liquid phase ratio (L:S) - were studied. As a result of the experiments, it was established that at a sulfuric acid concentration of 3%, ore size class - 1 mm, a temperature of 40°C, a melting time of 30 minutes, and a L:S ratio of 1:3, the degree of copper dissolution reaches 60-80%. The obtained results indicate the high prospects of hydrometallurgical processing of oxidized copper ores and substantiate the possibility of industrial application of this technology.

Keywords: oxidized copper ores, Kalmakir deposit, selective leaching, sulfuric acid, hydrometallurgy, copper recovery into solution, process parameters, solid-to-liquid ratio.

Kirish. Zamonaviy tog‘-kon sanoatida mis rudalarini boyitish jarayonlari tobora murakkablashib bormoqda, chunki qazib olinayotgan xomashyo tarkibida qiyin boyitiladigan oksidlangan va aralash rudalarning ulushi yil sayin ortib bormoqda. Bunday rudalarni samarali qayta ishslash tog‘-kon korxonalarining asosiy muammolaridan

biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, mis oksid minerallari (malaxit, azurit, kuprit va boshqalar) flotatsiya jarayonida past sirt faolligiga ega bo‘lib, ularni an’anaviy flotatsiya usullari bilan boyitish samaradorligi yetarli darajada yuqori emas [1].

Mis rudalari oksidlanish darajasiga qarab

texnologik jihatdan uchta asosiy guruhga bo'linadi: sulfidli rudalar, tarkibida 30% gacha oksidlangan minerallar bo'lgan aralash rudalar (30–70%) hamda oksidlangan rudalar (70% dan ortiq). Yuqori oksidlaniш darajasiga ega rudalar uchun flotatsiya jarayonida misning ajralib chiqish darjasini keskin pasayadi, natijada bunday rudalarning ma'lum qismi umuman boyitilmay qoladi. Bu esa qimmatbaho metallarning yo'qotilishiga va ishlab chiqarish chiqindilarining hajmi ortishiga olib keladi.

Amaliyotda qo'llanilayotgan sulfidli mis rudalarini boyitish texnologiyalari oksidlangan va aralash rudalarni qayta ishlash uchun moslashmagan. Natijada bunday rudalar nokonditsion xomashyo sifatida tashlab yuboriladi yoki boyitish chiqindilarida to'planadi. Shu sababli oksidlangan va aralash mis rudalarini qayta ishlash uchun maxsus texnologik yondashuvlar, xususan sulfidizatsiya asosidagi flotatsiya usullari, kombinatsiyalangan flotatsiya-gidrometallurgik sxemalar hamda zamonaviy reagent tizimlarini ishlab chiqish va joriy etish zarurati vujudga kelmoqda [2].

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, oksidlangan mis rudalarini boyitishda flotatsiya jarayonini optimallashtirish, reagent sarfini kamaytirish va jarayon parametrlarini aniqlashtirish orqali texnologik ko'rsatkichlarni sezilarli darajada yaxshilash mumkin. Shu bilan birga, mavjud texnologiyalarni takomillashtirish va yangi, resurs tejamkor boyitish sxemalarini ishlab chiqish nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki tog'-kon sanoatining ekologik barqarorligini ta'minlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi [1, 2].

1-jadval

Qalmoqir konining oksidlangan mis rudasi kimyoviy tahlil natijalari

Elementlar	Tarkibi,%	Elementlar	Tarkibi,%
SiO ₂	61,06	K ₂ O	4,61
Fe ₂ O ₃	9,66	P ₂ O ₅	0,37
TiO ₂	0,54	S _{um}	<0,5
MnO	0,065	PPP	4,57
Al ₂ O ₃	14,0	Umumiy miqdor	99,28
CaO	0,59	CO ₂	0,22
MgO	2,08	H ₂ O	1,47
Na ₂ O	0,74		

Bugungi kunda Qalmoqir koni oksidlangan mis rudalarining to'plangan hajmi 130 mln.t. ga etgan.

Shu bilan birga, yuqori gorizontlari oksidlangan va aralash ma'danlardan tashkil topgan Yoshlik-I konining ma'danlarini qayta ishslash boshlandi.

Qalmoqir konining dastlabki oksidlangan mis rudasining (39-ag'darma) kimyoviy tahlili 1-2-jadvallarda keltirilgan.

Tadqiqot usuli. Malaxit va azurit shaffof shliflarda rudasiz minerallar sifatida yaxshi namoyon bo'lib, misning karbonatli analoglari hisoblanadi va ularning hosil bo'lishi tarkibida mis mavjud bo'lgan birlamchi mineralarning oksidlaniш mahsulotlari bilan bog'liq. Tadqiqot qilingan namunalarda porođahosil qiluvchi minerallar sifatida kvarts, dala shpatlari, xloritlar va seritsitar aniqlangan. Otval namunalarda kvartsning uch xil turi — porođahosil qiluvchi, metasomatik va tomirli kvarts uchraydi, bunda metasomatik kvarts asosan xlorit va seritsit, kamroq hollarda esa aktinolit bilan yaqin assotsiatsiyada kuzatiladi. Seritsit rudasiz minerallar orasida eng keng tarqalgan bo'lib, uning o'rtacha namunalardagi miqdori 22–22,5% ni tashkil etadi va u magmatik jinslardagi dala shpatlarining gidrotermal o'zgarishi natijasida hosil bo'lib, jinslarning qatlamlanishi bo'y lab mayda tangachasimon to'planmalarini tashkil etadi. Xloritlarning miqdori otval namunalarda 4,0–5,0% oralig'ida bo'lib, ular ham mayda tangachasimon ajralmalar shaklida uchraydi. Aksessor minerallar apatit, tsirkon, magnetit, rutil, sfen, epidot va tsoizit bilan ifodalanadi. Apatit eng ko'p tarqalgan aksessor mineral bo'lib, uning miqdori 0,4–0,8% ni tashkil etadi va 0,005–0,3 mm o'lchamdagagi cho'zilgan hamda oval donachalar shaklida uchraydi. Rutil esa ko'pincha mayda prizmatik kristallar ko'rinishida bo'lib, uning miqdori 0,4–0,7% atrofida bo'lib, barcha jins turlarida apatit, epidot va magnetit bilan assotsiatsiyada kuzatiladi.

Bugungi kunda ko'plab tadqiqotchilar fikriga ko'ra, oksidlali mis rudalarining ko'pikli flotatsiyasi murakkab jarayon bo'lib, uni samarali amalga oshirish uchun avval minerallar yuzasini sulfidizatsiya bosqichi orqali aktivlashtirish talab etiladi — bunda ko'pincha natriy sulfidi (Na₂S) kabi sulfidizatsiya reagentlari ishlatiladi. Na₂S qo'shilishiga qaramay, oksidlangan mis minerallarining flotatsiya jarayoni sulfidlar (masalan, CuS) hosil bo'lishi tezligidan sezilarli darajada orqada qoladi, chunki sulfid qatlami juda barqaror bo'lmaydi va

judat tez pasayadi yoki qayta oksidlanadi. Natijada sulfidlangan yuzalar etsada, ular kollektor molekulalarini yetarli darajada tortib olmaydi, bu esa misni yetarlicha funktsional ajratib olishni kamaytiradi va natijada past sifatli mis konsentratlari hosil bo‘ladi.

Buning sabablari sifatida oksidlangan mis minerallarining yuzasining yuqori gidrofiligi, kuchli polar xususiyatlari va Na_2S bilan sulfidizatsiya qilingan paytda hosil bo‘lgan sulfid qatlami etarlik darajada barqaror bo‘lmashligi ta’kidlanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, sodda sulfidizatsiya reagentining qo‘llanilishi oksidlangan minerallar yuzasini faqat vaqtincha sulfidlashtiradi, ammo hosil bo‘lgan sulfid qatlami tezda erosiyalanadi yoki qayta oksidlanadi, bu esa ko‘pikli flotatsiyaning samaradorligini sezilarli darajada pasaytiradi. Shu sababli Na_2S orqali sulfidizatsiya qilingan oksidlangan mis rudalarini flotatsiya qilish natijalari ko‘pincha past miqdorda mis tiklanishi bilan tugaydi, natijada mis konsentratlari past sifatli bo‘lib qoladi — aynan shu murakkab jarayon materiyasiga e’tibor qaratilishi kerakligi aytildi [3].

Olmaliq kon-metallurgiya kombinati oksidlangan mis rudalarini qayta ishlash bo‘yicha tadqiqotlar olib bordi, ammo klassik usullar (flotatsiya, gravitatsiya) bilan boyitishning barcha urinislari iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas edi.

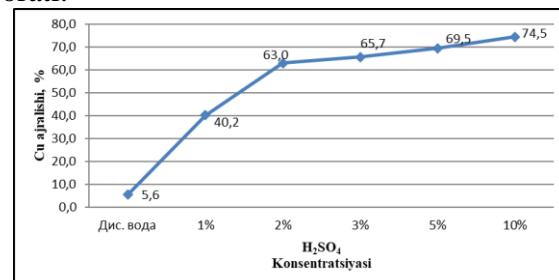
Jahon amaliyotida oksidlangan mis minerallarini boyitishda kimyoviy va bakterial tanlab eritish kabi gidrometallurgik jarayonlar tobora keng qo‘llanilmoqda. Ushbu jarayonlar texnologik jihatdan soddaligi, solishtirma kapital xarajatlarning kamligi hamda yuqori mehnat unumdarligi bilan ajralib turadi, shu bilan birga past navli va qiyin boyitiladigan oksidlangan mis rudalarini qayta ishlashda yuqori samaradorlikni ta’minlaydi [4].

Ushbu ishning maqsadi Qalmoqqir konining oksidlangan mis rudalaridan misni sulfat kislota bilan tanlab eritmaga o‘tkazish orqali ajratib olishning maqbul parametrlarini aniqlashdan iborat.

Sulfat kislotosi bilan tanlab eritishda misni eritmaga ajratib olish darajasini optimallashtirish uchun quyidagilarning ta’siri aniqlandi: sulfat kislotosining konsentratsiya darjasasi, rуданинг yirikligi, vaqt, harorat va Q:S (qattiq: suyuq) nisbati. Olingan mahsulotlarning tahlillari rentgeno-fluorescent analizatorida o‘tkazildi.

Sulfat kislota konsentratsiyasi darjasasi.

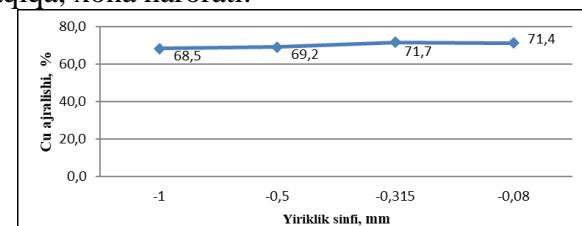
Tanlab eritish jarayonida sulfat kislota konsentratsiyasining Cu ni eritmaga ajratib olish darajasiga ta’sirini aniqlash uchun sulfat kislotosining quyidagi konsentratsiyalaridan foydalanildi: 1, 2, 3, 5 va 10%. Ishqorlash shartlari: Q:S=1:3, tanlab eritish vaqt - 30 daqiqa, yiriklik sinfi - 1 mm, xona harorati.



1-rasm. Turli konsentratsiyalarda Cu ni eritmaga ajratib olish.

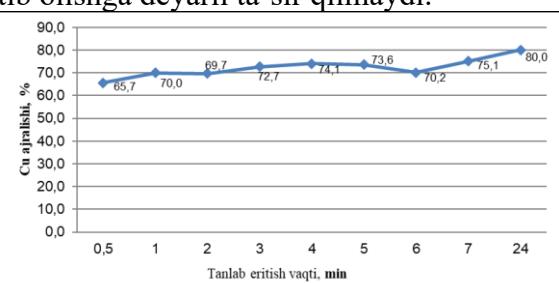
Misning asosiy miqdori (60% dan ortiq) 2% li sulfat kislota eritmasida ajralib chiqsa boshlaydi, konsentratsiyaning oshishi bilan ajralishning o‘sishi eksponensialdan chiziqliga o‘tadi va ajralishning mos ravishda oshishi kuzatiladi.

Ma’danning yiriklik sinfi. Quyidagi yiriklik sinflari o‘rganildi: -1; -0,05; -0,315 va -0,08, Q:S=1:3, H_2SO_4 - 3%, tanlab eritish vaqt - 30 daqiqa, xona harorati.



2-rasm. Turli yiriklik sinflarida Cu ni eritmaga ajratib olish.

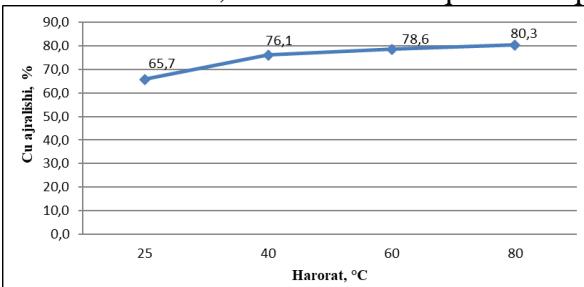
Natijalar shuni ko‘rsatdiki, o‘rganilayotgan sinflarda rуданинг maydalik darjasasi misni eritmaga ajratib olishga deyarli ta’sir qilmaydi.



3-rasm. Cu ni eritmaga ajratib olish turli tanlab eritish vaqtlarida.

Vaqt. Tanlab eritish vaqtı 0,5 dan 24 soatgacha oraliqda Q:S=1:3, H₂SO₄ - 3%, yiriklik sinfi - 1 mm, xona harorati sharoitida saqlandi.

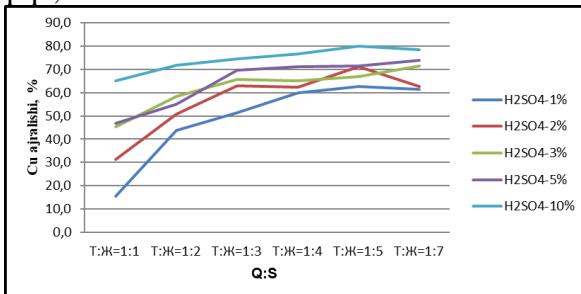
Harorat. Tadqiqotlar 40, 60 va 80°C haroratlarda o'tkazildi. Q:S=1:3, H₂SO₄ - 3%, yiriklik sinfi - 1 mm, tanlab eritish vaqtı - 30 daqiqa.



4-rasm. Cu ni eritmaga ajratib olish turli tanlab eritish haroratlarda.

Xona harorati 25°C bo'lganda misning eritmaga ajralishi 65,7% ni tashkil etadi, harorat 40 gacha ko'tarilganda; 60 va 80°C da mis ajratib olish 76,1; 78,6 va 80,3% ni tashkil etdi.

Q:S nisbati (qattiq: suyuq). Metallarni eritmaga ajratib olish darajasiga Q:S ning ta'sirini aniqlash uchun tanlab eritish turli Q:S va sulfat kislota konsentratsiyalarida o'tkazildi. Tanlab eritish shartlari: yiriklik sinfi - 1 mm, vaqt - 30 daqiqa, xona harorati.



5-rasm. Cu ni eritmaga ajratib olish.

Suyuq fazaning qattiq fazaga o'tishi ortishi bilan misning eritmaga ajralishi ortadi. Shuni ta'kidlash kerakki, asosan mis ajratib olishning o'sishi Q:S=1:3 gacha (60% dan ortiq) sodir bo'ladi, suyuq fazaning keyingi o'sishi mis ajratib olishga sezilarsiz ta'sir ko'rsatadi.

O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, Kalmakir konining oksidlangan mis rudalarini sulfat kislota eritmasi bilan tanlab eritishda eritmaga 60-80% gacha mis ajratib olinadi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, laboratoriya sharoitida Qalmoqqir konining oksidlangan mis

rudalarini sulfat kislota eritmasi bilan tanlab eritishning maqbul parametrlari aniqlandi, ular quyidagilarni tashkil etdi: sulfat kislota konsentratsiyasi - 3%, rudaning yiriklik sinfi -1mm, vaqt - 30 daqiqa, harorat – 40°C va Q:S (qattiq: suyuq) nisbati = 1:3.

Xulosa. O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, Qalmoqqir konining oksidlangan mis rudalari mineralogik tarkibi va fizik-kimyoviy xususiyatlari sababli an'anaviy flotatsiya usullari bilan samarali qayta ishlanishi qiyin bo'lgan xomashyo hisoblanadi. Malaxit, azurit kabi oksidlangan mis minerallari hamda seritsit va xlorit singari kuchli gidrofil rudasiz minerallarning yuqori ulushi sulfidizatsiyadan keyin ham flotatsiya jaryonining past samaradorligini izohlaydi. Bu esa bunday rudalarni qayta ishlashda muqobil, ya'ni gidrometallurgik yondashuvlarni qo'llash zaruratinis asoslaydi. Tadqiqot natijalari sulfat kislota yordamida chanlarda tanlab eritish jarayoni oksidlangan mis minerallaridan misni eritmaga o'tkazishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini tasdiqladi. Jarayonga ta'sir etuvchi asosiy texnologik omillar — kislota konsentratsiyasi, harorat, tanlab eritish vaqtı, rudaning yiriklik darajasi hamda Q:S (qattiq:suyuq) nisbati — tizimli ravishda o'rganildi. Aniqlanishicha, misning eritmaga ajralib chiqish darajasiga asosan kislota konsentratsiyasi, harorat va Q:S nisbati sezilarli ta'sir ko'rsatadi, rudaning maydalik darajasi esa o'rganilgan diapazonda deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Bu holat texnologik jihatdan muhim bo'lib, ortiqcha maydalash xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi. Laboratoriya tajribalari asosida tanlab eritishning maqbul parametrlari quyidagicha belgilandi: sulfat kislota konsentratsiyasi — 3 %, rudaning yiriklik sinfi — 1 mm, harorat — 40 °C, eritish vaqtı — 30 daqiqa va Q:S = 1:3. Ushbu sharoitlarda misning eritmaga ajralib chiqish darajasi 60–80 % ga yetishi aniqlandi, bu esa jarayonning yuqori tezkorligi va samaradorligini ko'rsatadi. Olingan natijalar Qalmoqqir konining oksidlangan mis rudalarini sanoat miqyosida gidrometallurgik usulda qayta ishlash imkoniyatini ilmiy asoslab beradi. Taklif etilayotgan yondashuv past navli va ilgari qayta ishlashga yaroqsiz deb hisoblangan oksidlangan rudalarni ishlab chiqarish jarayoniga jalb qilish, chiqindilarda to'planib qolayotgan metall yo'qotishlarini kamaytirish hamda konchilik korxo-

nalarining iqtisodiy va ekologik samaradorligini | oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Feng, Q., Yang, W., Han, G., et al. (2022). Flotation of copper oxide minerals: A review. International Journal of Mining Science and Technology, 32(6), 1351–1364.
- [2] Maleki, H., Noparast, M., Chehreghani, S., Mirmohammadi, M. S., & Rezaei, A. (2023). Optimization of flotation of the Qaleh Zari mine oxidized copper ore sample by the sequential sulfidation approach using the response surface method technique. Rudarsko-geološko-Naftni Zbornik, 38(1), 59–68.
- [3] Wei, X., Sun, Y., Wei, X., & Gao, P. (2025). Sulfidation reconstruction methods for improving the floatability of copper oxide minerals: A review. Minerals Engineering, 235, 109843.
- [4] Watling, H. R. (2006). The bioleaching of sulphide minerals with emphasis on copper sulphides — A review. Hydrometallurgy, 84(1–2), 81–108.
- [5] 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).