

Oksidli Mis Rudalarini Qayta Ishlashning O'ziga Xos Texnologiyalari va Ularning Tahlili

Masidikov Elyar Mirsodikovich^{1[0009-0003-9335-9361]}, **Abduraxmanov Sayib**

Abduraxmanovich^{2[0009-0003-1999-0366]}, **G'ofurova Sarvinoz Qahramon qizi**^{3[0009-0009-8051-6237]}

¹Olmalik davlat texnika instituti "Metallurgiya" kafedrası dotsenti, texnika fanlari falsafa doktori (PhD)

²Olmalik davlat texnika instituti "Metallurgiya" kafedrası professori texnika fanlari doktori

³Olmalik davlat texnika instituti "Metallurgiya" kafedrası magistranti

Annotatsiya: Ushbu maqolada oksidlangan va aralash rudalarning hosil bo'lishi birlamchi sulfidli minerallarning oksidlanishi natijasida yuzaga kelishi, ularning mineralogik tarkibi esa murakkab va o'zgaruvchan ekanligi ta'kidlangan. Ayniqsa, bunday rudalarda misning bog'langan shakllarda uchrashi ularni boyitishni qiyinlashtiradi. Flotatsiya usuli yordamida misni to'liq ajratib olish imkoniyati cheklanganligi sababli gidrometallurgik va kombinatsiyalashgan usullar, jumladan "ishqorlash–sementatsiya–flotatsiya" sxemasi istiqbolli yo'nalish sifatida ko'rib chiqilgan.

Shuningdek, dunyo amaliyotida AQSH, Qozog'iston, Zambiya va Rossiya kon-metallurgiya korxonalarida oksidlangan rudalarni qayta ishlash bo'yicha ilg'or tajribalar tahlil qilingan. Ushbu texnologiyalar yordamida past tarkibli rudalardan ham yuqori darajada mis ajratib olish mumkinligi ko'rsatib berilgan.

Qalmoqqir koni misolida oksidlangan rudalarning katta zaxiralari mavjudligi, ularning mineral tarkibi va texnologik xususiyatlari o'rganilgan. Tadqiqot natijalari ushbu rudalarni samarali qayta ishlash uchun yangi, iqtisodiy jihatdan foydali va ekologik xavfsiz texnologiyalarni ishlab chiqish zarurligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: Ruda, mis, oksid, sulfid, mineral, flotatsiya, gravitatsiya, seimentatsiya, sulfat kislota, tanlab eritish, ishqor.

Специальные Технологии Переработки Оксидной Медной Руды и Их Анализ

Аннотация: В данной статье подчёркивается, что окисленные и смешанные руды образуются в результате окисления первичных сульфидных минералов, при этом их минералогический состав является сложным и изменчивым. В частности, наличие меди в связанных формах в таких рудах существенно затрудняет процессы их обогащения. Поскольку возможности полного извлечения меди методом флотации ограничены, гидрометаллургические и комбинированные методы, включая схему «выщелачивание–цементация–флотация», рассматриваются как перспективные направления.

Кроме того, проанализирован передовой мировой опыт переработки окисленных руд на горно-металлургических предприятиях США, Казахстана, Замбии и России. Показано, что применение данных технологий позволяет достигать высокой степени извлечения меди даже из бедных руд.

На примере месторождения Калмакыр изучены значительные запасы окисленных руд, их минералогический состав и технологические характеристики. Результаты исследований свидетельствуют о необходимости разработки новых, экономически эффективных и экологически безопасных технологий для их рациональной переработки.

Ключевые слова: руда, медь, оксид, сульфид, минерал, флотация, гравитация, цементация, серная кислота, селективное выщелачивание, щёлочь.

Specific Technologies for Processing Oxide Copper Ore and Their Analysis

Abstract: This article emphasizes that oxidized and mixed ores are formed as a result of the oxidation of primary sulfide minerals, and that their mineralogical composition is complex and variable. In particular, the occurrence of copper in bound forms in such ores makes their beneficiation difficult. Since the possibility of complete copper recovery using the flotation method is limited, hydrometallurgical and combined methods—especially the “leaching–cementation–flotation” scheme—are considered promising approaches.

In addition, advanced practices for processing oxidized ores at mining and metallurgical enterprises in the USA, Kazakhstan, Zambia, and Russia are analyzed based on global experience. It is demonstrated that these technologies enable high levels of copper recovery even from low-grade ores.

Using the Kalmakyr deposit as an example, the presence of large reserves of oxidized ores, as well as their mineral composition and technological characteristics, have been studied. The research results indicate the necessity of developing new, economically efficient, and environmentally safe technologies for the effective processing of these ores.

Keywords: ore, copper, oxide, sulfide, mineral, flotation, gravity separation, cementation, sulfuric acid, selective leaching, alkali.

Kirish: Yer qobig'ida misning umumiy miqdori kam (taxminan 0,01% massa ulushi) bo'lishiga qaramay, u boshqa metallarga nisbatan ko'proq tug'ma holatda uchraydi va ayrim hollarda yirik tabiiy tug'malar hosil qiladi. Mis minerallari asosan sulfidli, oksidli va karbonat shakllarda uchraydi. Ularning eng muhimlari xalkopirit (CuFeS_2), xalkozin (Cu_2S), kuprit (Cu_2O) va malaxit ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) hisoblanadi.

Hozirgi kunga kelib, yuqori tarkibli mis rudalari zaxiralari deyarli o'zlashtirib bo'lingan. Natijada sanoatda asosan tarkibida 1% dan kam mis bo'lgan past navli rudalarni qayta ishlashga to'g'ri kelmoqda. Bunday rudalarni qayta ishlash texnologiyasi ularning mineralogik va kimyoviy tarkibiga bog'liq holda tanlanadi. Ayniqsa, oksidlangan va aralash rudalarni boyitishda asosiy muammo misning aynan oksidlangan va murakkab birikmalar shaklida yo'qotilishidir. Flotatsiya jarayonida qiyin ajraluvchi ushbu minerallar ulushini kamaytirish boyitish samaradorligini oshirishning muhim omili hisoblanadi.

So'nggi o'n yilliklarda jahon miqyosida mis ishlab chiqarish hajmi barqaror o'sib bormoqda. Bu holat uning elektronika, aloqa, mashinasozlik, qurilish va boshqa yuqori texnologiyali tarmoqlarda keng qo'llanilishi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, past tarkibli va murakkab rudalardan mis ajratib

olish zarurati yangi texnologik yondashuvlarni talab etmoqda. Oksidlangan va aralash rudalar, odatda, birlamchi sulfidli minerallarning oksidlanishi natijasida hosil bo'lgan ikkilamchi birikmalardan iborat bo'lib, ularning mineral tarkibi murakkab va o'zgaruvchan hisoblanadi. Shu sababli bunday rudalarni qayta ishlashda an'anaviy flotatsiya usullari yetarli samara bermaydi. Natijada gidrometallurgik va kombinatsiyalashgan usullar, jumladan ishqorlash, ekstraksiya, sementatsiya va elektroliz jarayonlarini o'z ichiga olgan texnologiyalar keng qo'llanilmoqda.

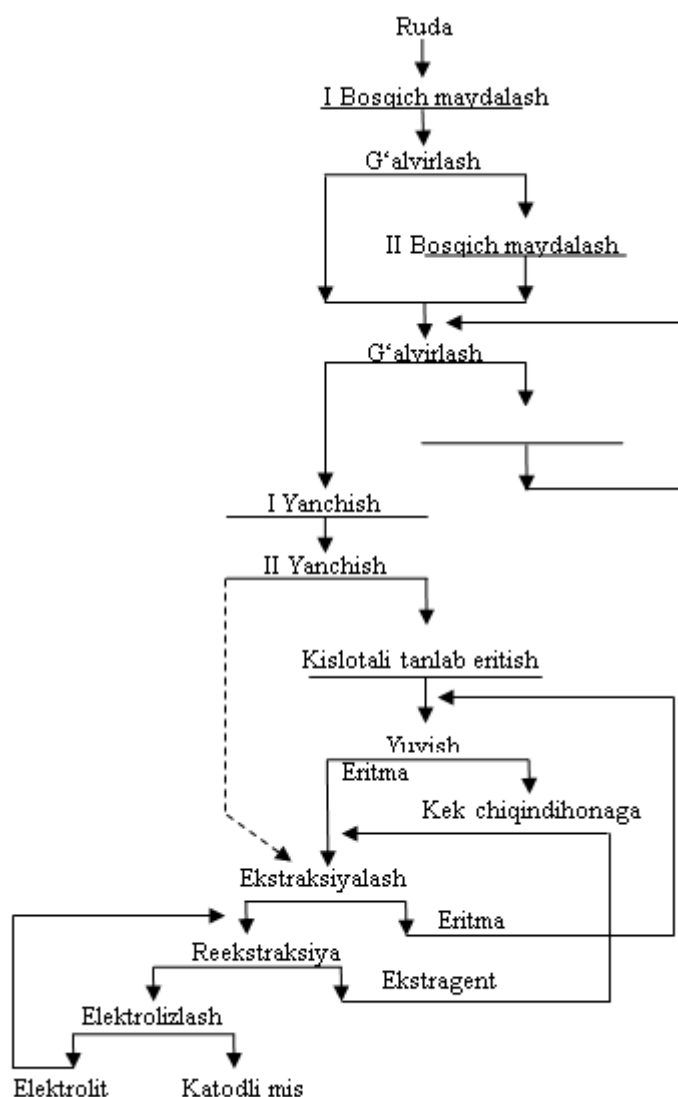
Aralash va oksidlangan mis rudalarining murakkab tarkibi, minerallarning turli fizik-kimyoviy xossalari hamda erituvchilarga nisbatan turlicha eruvchanligi ularni qayta ishlashni sezilarli darajada qiyinlashtiradi. Shu bois, zamonaviy ilmiy tadqiqotlar ushbu turdagi rudalarni samarali qayta ishlash uchun yangi, kombinatsiyalashgan va resurs tejovchi texnologiyalarni ishlab chiqishga qaratilgan bo'lib, bu kon-metallurgiya sanoatining dolzarb yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

Oksidlangan mis rudalarini qayta ishlovchi yirik kombinatlar

“Tvin-Byutts” mis kombinati (AQSH).

“Tvin-Byutts” konidagi oksidlangan mis rudalarini qayta ishlash maqsadida 1975-yilda sutkalik quvvati 10 ming tonna bo'lgan boyitish fabrikasi ishga tushirilgan. Ushbu kon rudalarida oksidlangan misning ulushi taxminan 90% ni tashkil etib, ular asosan xrizokolla, tenorit va kuprit minerallaridan iborat. Ruda tarkibini hosil qiluvchi asosiy jinslar sifatida ohaktosh, kvarsit va kvars qayd etiladi. Tarkibida o'rtacha 0,61% mis bo'lgan dastlabki ruda uch bosqichli maydalashdan o'tkazilib, 13 mm yiriklikkacha keltiriladi. Keyinchalik, qattiq modda ulushi 72% bo'lgan pulpa sterjenli va sharli tegirmonlarda maydalanib, uning 95% qismi –0,3 mm sinfgacha yetkaziladi. Repulpatsiya jarayonidan so'ng qattiq modda miqdori 60% gacha kamaytiriladi va hosil bo'lgan pulpa ikki oqimga ajratiladi: birinchi oqim kislotali ishqorlashga yuboriladi, ikkinchi oqim esa ekstraksiya jarayonidan oldin pH darajasini tartibga solish uchun qo'llaniladi.

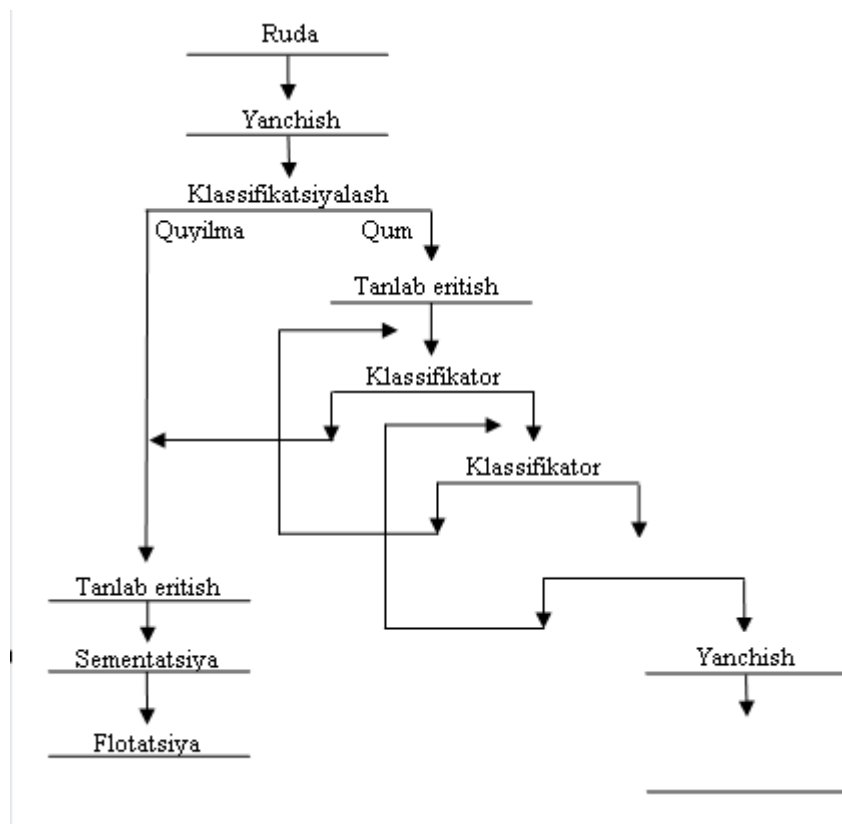
Maydalangan ruda mexanik aralashtirgichli beshta chanda (o'lchamlari 9,1×9,5 m) ishqorlanadi. Jarayonning birinchi bosqichida changa konsentrlangan (93,2%) sulfat kislota berilib, uning sarfi 113 kg/t ruda ni tashkil etadi. Umumiy ishqorlanish davomiyligi taxminan 5 soatni tashkil etadi. Ishqorlanishdan so'ng tarkibida 50% qattiq modda bo'lgan pulpa to'rtta quyultirgichga yuborilib, u yerda ekstraksiya rafinati yordamida yuviladi. Yuvilgan quyultirilgan mahsulot chiqindiga chiqariladi, quyultirgichdan olingan tiniq eritma esa pH qiymati 1,5–2 oralig'iga keltirilib, qattiq zarrachalardan tozalangach ekstraksiya jarayoniga yo'naltiriladi. Ushbu eritmada mis konsentratsiyasi taxminan 2,5 g/l ni, qattiq zarrachalar miqdori esa 4–10 mg/l ni tashkil etadi, eritma harorati esa 20°C atrofida bo'ladi. Ekstraksiya jarayonidan oldin eritmaning optimal pH qiymati (1,5–2,5) tarkibida mis bo'lgan eritmaga maydalangan dastlabki ruda qo'shish orqali barqarorlashtiriladi. Misni ekstraksiya qilish LIX-64N reagenti yordamida amalga oshiriladi. Jarayon yakunida eritmada misning qoldiq konsentratsiyasi 0,08 g/l gacha kamayadi. Organik fazaga o'tgan mis keyinchalik tarkibida 25 g/l mis va 130 g/l sulfat kislota bo'lgan elektrolit yordamida reekstraksiya qilinadi. Reekstraksiya natijasida tarkibida 50 g/l mis va 90 g/l sulfat kislota bo'lgan eritma hosil bo'lib, u elektroliz jarayoniga yuboriladi.



1-rasm. «Tvin-byuts» (AQSH) kombinatida oksidlangan mis rudalarini qayta ishlash sxemasi

“Hayden” zavodi (AQSH, Mayami, Inspiration jarayoni). Ushbu zavodda tarkibida 0,3% oksidlangan va 0,4% sulfidli mis mavjud bo‘lgan aralash rudalar dastlab yuvish jarayonidan o‘tkaziladi. Shundan so‘ng ruda qumli va shlamli fraksiyalarga ajratilib, alohida-alohida qayta ishlanadi (1-rasm). Qumli fraksiya chanli yuvish-eritishga yuborilib, undan keyin hosil bo‘lgan qoldiqlardan sulfidli minerallar flotatsiya yo‘li bilan ajratib olinadi. Shlamli fraksiya esa dastlab sulfidli flotatsiyaga, so‘ngra flotatsiya chiqindilaridan oksidlangan misni yuvib eritishga yo‘naltiriladi.

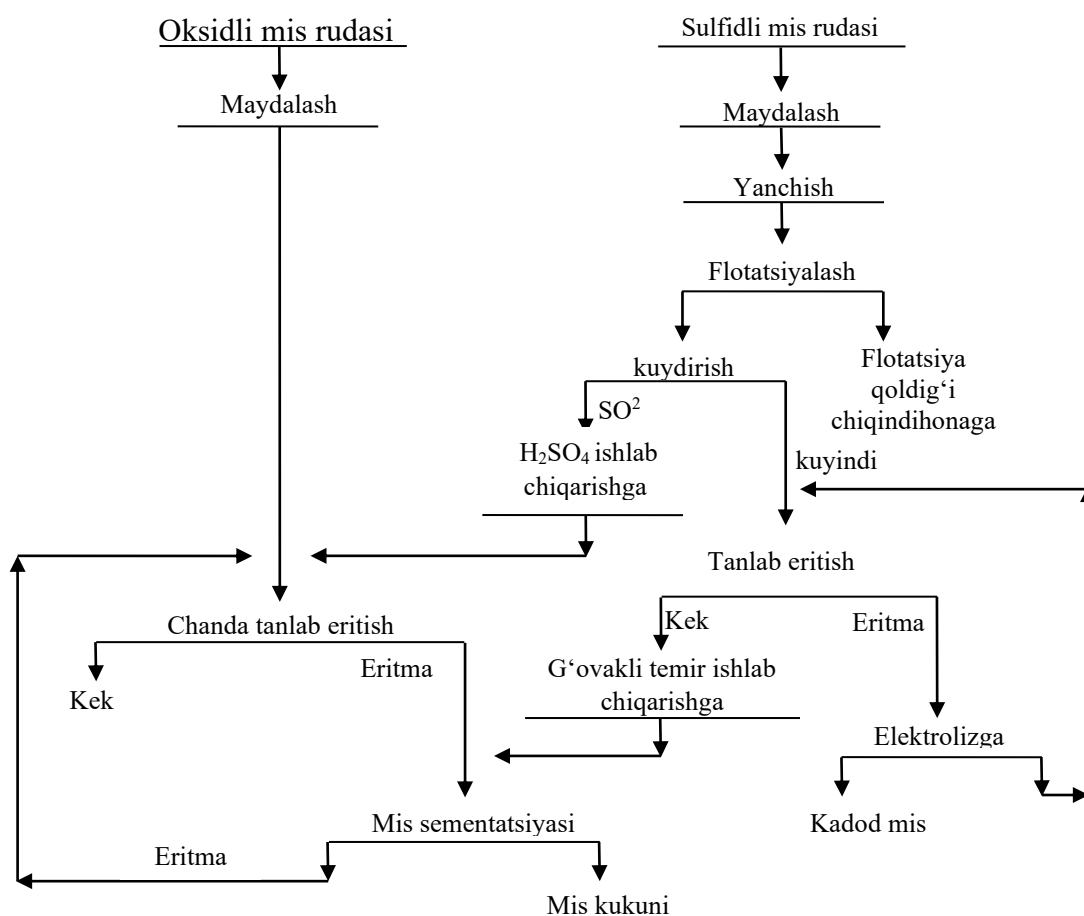
Mazkur texnologik yondashuv natijasida tarkibida 0,4–1,6% mis bo‘lgan rudalardan texnologik navlarga ajratib qayta ishlash orqali 80–92% gacha mis ajratib olishga erishiladi.



2-rasm. «Hayden» (AQSH) kombinatida oksidlangan mis rudalarini qayta ishlash sxemasi

“Leachshore” (AQSH) kombinatida tarkibida 1,6% mis, shundan 1,2% i oksidlangan minerallar shaklida bo‘lgan oksidli rudalar 100% –15,8 mm yiriklikkacha maydalangandan so‘ng 6,5 sutka davom etadigan chanli ishqorlash jarayoniga yuboriladi (2-rasm). Ushbu jarayon uchun zarur bo‘lgan sulfat kislota esa kombinatning o‘zida sulfidli rudalarni kuydirish orqali olinadi.

Zambiyadagi “Chingola” koni sulfidli ruda boyitish chiqindilaridan (tarkibida 0,64% mis) oyiga 600 ming tonna va tarkibida 2,15% mis bo‘lgan otval jinslardan oyiga 100 ming tonna qayta ishlash uchun dunyodagi eng yirik chanli ishqorlash qurilmasi ishlamoqda. Sulfat kislotali ishqorlash pulpada qattiq modda miqdori 40–43% bo‘lganida ikki bosqichda amalga oshiriladi. Jarayon uchun pnevmatik aralashtirgichli chanlar (diametri 10,6 m, balandligi 18 m) o‘rnatilgan. Ishqorlashning birinchi bosqichidan so‘ng pulpa quyultirgichga (diametri 70 m) uzatiladi, u yerda suyuq faza filtrlashga yuboriladi, quyultirilgan mahsulot esa ishqorlashning ikkinchi bosqichiga yo‘naltiriladi.



3-rasm. «Leykshor» (AQSH) kombinatida oksidlangan mis rudalarini qayta ishlash sxemasi

Ishqorlashdan keyingi qoldiq ekstraksiyadan so'ng I bosqichga qaytariladigan kislotali eritmalar bilan yuviladi, qattiq qoldiq esa ohak bilan neytrallashtirilib otvalga jo'natiladi. Ishqorlash jarayonida hosil bo'lgan misli eritmalar tarkibida 2,5 g/l mis va 2 g/l sulfat kislotasi mavjud bo'lib, ular LIX-64N reagenti yordamida kerosindagi 20% eritma shaklida ekstraksiya qilish uchun yuboriladi.

Bingham koni (AQSH) otvallari har kuni tarkibida 0,3–0,5% mis bo'lgan 200 ming tonna qoplamali ruda bilan to'ldiriladi. Ushbu otvallarda ishqorlanadigan rudaning umumiy massasi 220 mln tonnaga yetadi. Otval yuzasiga polivinilxlorid, shisha tolasi yoki zanglamaydigan po'latdan yasalgan quvurlar orqali tarkibida FeSO₄, Fe₂(SO₄)₃ va H₂SO₄ bo'lgan ishqorlovchi eritmalar uzatiladi, pH ko'rsatkichi esa 1,9–2,4 ga teng. Beshta nasos stansiyasi orqali uzatiladigan eritmaning umumiy hajmi 200 m³/daqiqa ni tashkil qiladi va ayni vaqtda 1500 m² maydon yuviladi.

Ishqorlashdan so'ng tarkibida 1,8 g/l mis bo'lgan eritmalar kecha-kunduzda 38 ming m³ gacha eritmani qayta ishlashga qodir konussimon cho'ktirgichlarga yetkaziladi. Olingan sementli mis tarkibida 70–90% mis mavjud bo'ladi. Tarkibida 0,12 g/l gacha mis bo'lgan eritmalar sementatsiyadan so'ng regeneratsiya havzalariga yuboriladi, u yerda ikki valentli temir bakteriyalar yordamida uch valentligacha oksidlanadi va so'ngra 24 ta nasos orqali uyumni sug'orishga uzatiladi. Ushbu usul yordamida konda har yili 32 ming tonnagacha mis qazib olinadi, bu an'anaviy usullar bilan olinadigan mis tannarxidan 2–5 baravar pastdir.

Oqto'g'ay kon-boyitish majmuasi (Qozog'iston). Tarkibida o'rtacha 0,35–0,40% mis bo'lgan ma'dan uyumlab ishqorlash texnologiyasi asosida qayta ishlanadi. Loyihaga ko'ra, jami 6 ta "qavat" (yarus) nazarda tutilgan. Birinchi qatlam (asos) uzunligi 770 m, eni 110 m bo'lib, birinchi yarus balandligi 11 m ni tashkil etadi. Ikkinchi yarusning uzunligi esa 710 m ga teng.

Uyumni 10% li sulfat kislota eritmasi bilan sug'orish 21 kun davom etadi. Shundan so'ng ma'dan tarkibida 3% kislota bo'lgan oddiy rafinat bilan qayta sug'oriladi. Natijada mis ma'dan tarkibidan yuvilib, eritmada CuSO_4 ko'rinishiga o'tadi. Hozirgi kunda majmua ikkinchi yarusda ishlamoqda.

Maydonchani loyihalashda eritmaning nazoratsiz tarqalib ketmasligi va maxsus yig'uvchi kollektor hududida to'planishini ta'minlash maqsadida 2–3° nishablik berilgan. Ekstragent sifatida Amerikaning "Saitek Solvay Group" kompaniyasiga tegishli Akorga reagenti qo'llaniladi. Ushbu reagent yuqori qovushqoqlik va zichlikka ega bo'lib, uning narxi 1 kg uchun 10 AQSH dollaridan yuqori. Majmuada misni ajratib olish jarayonida 3 bosqichli ekstraksiya va 1 bosqichli reekstraksiya sxemasi qo'llaniladi.

Udokan (Rossiya) koni. Ushbu kon bazasida tajriba-sanoat majmuasi qurilib, dastlabki texnologik tadqiqotlar o'tkazilgan. Rudalarning o'rtacha oksidlanganlik darajasi taxminan 50% ni tashkil etadi, ya'ni sulfidli va oksidlangan rudalar miqdori deyarli teng.

Sulfidli rudalarni oksidlangan rudalar bilan birgalikda qayta ishlash odatda maqsadga muvofiq emas, chunki bu misni ajratib olish ko'rsatkichining pasayishiga olib keladi. Biroq Udokan sharoitida boshqa texnologik yechim mavjud bo'lmagani sababli, dastlab umumiy konsentrat olish, so'ngra uni sulfat kislota bilan ishqorlash va yuvilgan qoldiqni flotatsiyaga yuborishga asoslangan kombinatsiyalashgan sxema tanlangan.

Umumiy flotatsiya bosqichida konsentrat tarkibidagi mis miqdori 5–7% bo'lganda, ajratib olish darajasi 88–90% ni tashkil etadi. Keyingi bosqichda sulfat kislota bilan ishqorlash reaktorlarda olib boriladi. Tadqiqotlar natijasida ishqorlash uchun optimal pH qiymati 1,5–2 oralig'ida ekanligi aniqlangan, chunki ushbu chegaradan og'ish ajratib olish samaradorligini pasaytiradi hamda kislota sarfini oshiradi.

Qattiq modda ulushi 25–50% diapazonda bo'lganda, suyuqlik va qattiq modda nisbatining texnologik jarayonga sezilarli ta'siri kuzatilmagan. Oksidlangan misning eritmaga o'tish darajasi umumiy konsentratdagi oksidli mis miqdoriga nisbatan 96,3–98,4% ni tashkil etadi. Dekantatsiyadan so'ng olingan eritma ikki bosqichli ekstraksiya va ikki bosqichli reekstraksiya jarayonlariga yuboriladi. Ishqorlash eritmasidan elektrolitga mis ajratib olish darajasi 86,9–96,2% ni tashkil etadi. Natijada katod misning umumiy ajralib chiqishi 43,68% ga, katod tarkibidagi mis miqdori esa 99,9% ga yetadi.

Neytrallashtirilgan ishqorlash qoldiqlari sulfidli flotatsiyaga yo'naltiriladi. Sutkalik namunalar tahliliga ko'ra, chiqindilardagi mis miqdori 0,19–0,53% oralig'ida bo'lgan. Ayrim sinov bosqichlarida sulfidli konsentrat tarkibidagi mis miqdori 57,8% gacha yetgan bo'lsa-da, o'rtacha ko'rsatkich 44,5% ni tashkil etadi. Mis konsentratini umumiy ajratib olish darajasi esa 40,32% ga teng.

Qalmoqqir konining rivojlanish tarixi haqida qisqacha ma'lumot

1961-yil oktabr oyida "Olmaliq KMK" AJ mis boyitish fabrikasida oksidlangan mis rudalarini kombinatsiyalashgan usulda qayta ishlash seksiyasining birinchi navbati ishga tushirildi. Ushbu

seksiya ishga tushirilishi bilan professor V.Ya. Mostovich tomonidan taklif etilgan o'ziga xos boyitish sxemasini yirik sanoat miqyosida qo'llashga asos solindi. Mazkur sxemaga ko'ra, butun texnologik jarayon mis saqlovchi eritmalarni qattiq fazadan ajratish kabi oraliq operatsiyalarsiz yagona va uzluksiz oqimda amalga oshiriladi.

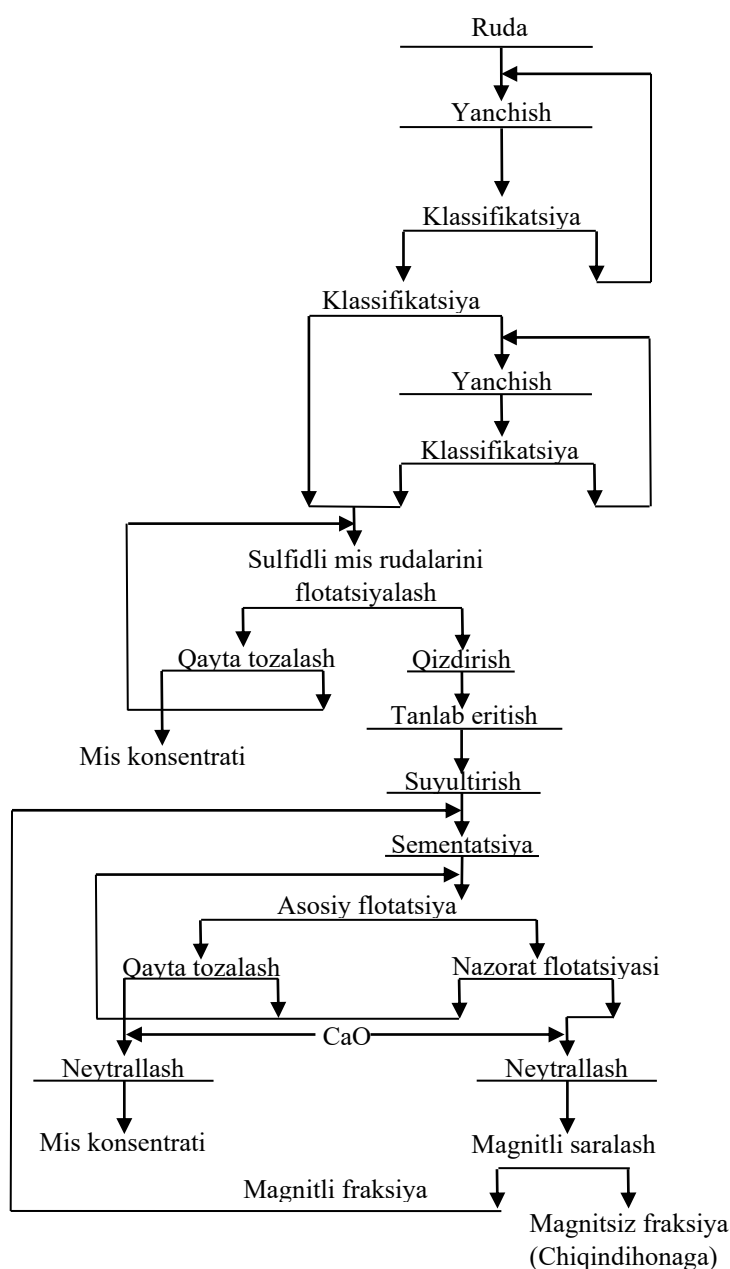
Ilgari qo'llanilgan sof flotatsiya usuli sulfidli va oksidli mis ma'danlarini boyitishda keng qo'llangan bo'lsa-da, unda metallni ajratib olish darajasi past bo'lib, "qiyin boyitiladigan oksidli ma'danlar"ni sanoat miqyosida o'zlashtirish imkoniyatini cheklab qo'ygan edi. Qalmoqqir koni ma'danlarining sezilarli qismi aynan shu toifaga kiradi. Dastlabki tadqiqotlar va sanoat sinovlari ushbu konning qiyin boyitiladigan oksidli ma'danlarini samarali qayta ishlashning yagona maqbul yo'li kombinatsiyalashgan usul ekanligini ko'rsatdi.

Texnologik jarayonda ishqorlash kontakt chanlarida olib borilib, pulpa oldindan 60°C gacha qizdiriladi va pH 3,5–4,0 qiymatga yetguncha sulfat kislotaga qo'shiladi. Ishqorlash davomiyligi taxminan 1 soatni tashkil etadi. Keyingi bosqichda pulpadagi mis cho'yan qirindisi yordamida sementatsiya qilinadi (15 daqiqa). Shundan so'ng, qattiq modda miqdori 32–38% bo'lgan pulpa mis flotatsiyasiga yuboriladi. Reaksiyaga kirishmagan cho'yan qirindilari nazorat flotatsiyasi chiqindilaridan magnitli separatsiya usuli orqali ajratib olinadi.

Boyitish texnologiyasi uch asosiy bosqichni o'z ichiga oladi:

- misni kislotali muhitda ishqorlash;
- eritmadan misni temir kukuni yordamida sementlash;
- sementlangan misni flotatsiya qilish orqali mis konsentratini olish.

Jarayonni joriy etish davrida amaliy tajriba yetarli emas edi, shuningdek, texnologiyaning ko'plab nozik jihatlari hali to'liq o'rganilmagan edi. Barcha bosqichlarning kislotali, agressiv muhitda amalga oshirilishi uskunalar va kommunikatsiyalarni kimyoviy himoya qilish bilan bog'liq muammolarni yuzaga keltirdi. Loyihada yetarlicha mukammal yechim topilmagan ayrim texnologik elementlar uchun qo'shimcha himoya choralarini ishlab chiqish va joriy etish zarurati tug'ildi.



4-rasm. Qalmoqqir konini oksidli mis rudalarini qayta ishlash sxemasi

Fabrikada Mostovich sxemasidan 1968-yilgacha foydalanildi. Bu davrga kelib sulfidli rudalarni qayta ishlash hajmi sezilarli darajada ortdi, shu bilan birga oksidlangan rudalar ham kelib tushishda davom etdi. Ularning maydalash bosqichida aralashib ketishi chiqindilarda metall yo'qotilishining ortishiga olib keldi. Shu sababli oksidlangan rudalarni qayta ishlash to'xtatilib, 1-seksiya to'liq sulfidli rudalarni qayta ishlashga o'tkazildi.

Hozirgi vaqtda "Olmaliq KMK" AJ tarkibidagi mis boyitish fabrikalari asosan sulfidli rudalarni qayta ishlashga ixtisoslashgan.

Hulosa

Oksidlangan va aralash mis rudalarini qayta ishlash muammolari zamonaviy metallurgiya sanoatining eng dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yuqori sifatli va

boy mis rudalarining kamayib borishi sharoitida past navli, oksidlangan hamda aralash rudalarni samarali qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Oksidlangan rudalarning murakkab mineralogik tarkibi, ayniqsa misning “bog‘langan” shakllarda uchrashi, ularni an‘anaviy flotatsiya usuli bilan boyitishni sezilarli darajada qiyinlashtiradi. Shu sababli, ishqorlash, ekstraksiya va elektroliz kabi gidrometallurgik usullar, shuningdek, ularni flotatsiya jarayonlari bilan birlashtirgan kombinatsiyalashgan texnologiyalar eng istiqbolli yo‘nalishlar sifatida namoyon bo‘lmoqda.

Jahon amaliyoti tahlili shuni ko‘rsatadiki, AQSH, Zambiya, Qozog‘iston va Rossiyadagi yirik konlarda oksidlangan mis rudalarini qayta ishlashda turli kombinatsiyalashgan sxemalar muvaffaqiyatli qo‘llanilmoqda. Bunda ayniqsa “ishqorlash – ekstraksiya – elektroliz” (SX–EW) hamda “ishqorlash – sementatsiya – flotatsiya” texnologik zanjirlari keng tarqalgan bo‘lib, ular past navli rudalardan ham yuqori darajada mis ajratib olish imkonini beradi.

Qalmoqqir koni misolida olib borilgan tahlillar esa ushbu hududda katta hajmda oksidlangan rudalar zaxiralari mavjudligini ko‘rsatdi. Ularning asosiy qismi balansdan tashqari toifaga kirsada, tarkibidagi mis, oltin va kumush miqdori ularni sanoat miqyosida qayta ishlashni iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq ekanligini tasdiqlaydi. Ayniqsa, uyumli ishqorlash va kombinatsiyalashgan texnologiyalarni qo‘llash orqali ushbu resurslardan samarali foydalanish imkoniyati mavjud.

Shu bilan birga, mavjud texnologiyalarning kamchiliklari — yuqori kislota sarfi, reagentlar qiymatining qimmatligi, uskunalarining korroziyaga chidamliligi bilan bog‘liq muammolar — hali ham dolzarbligicha qolmoqda. Kelgusida ilmiy tadqiqotlar aynan reagent rejimlarini optimallashtirish, ekologik xavfsiz va iqtisodiy samarador texnologiyalarni ishlab chiqish hamda “qiyin boyitiladigan” rudalarni qayta ishlash usullarini takomillashtirishga yo‘naltirilishi lozim.

Umuman olganda, oksidlangan mis rudalarini kompleks va samarali qayta ishlash nafaqat metallurgiya sanoatining barqaror rivojlanishini ta‘minlaydi, balki mavjud mineral-xomashyo resurslaridan to‘liq va oqilona foydalanish imkonini ham yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Rosina Nkuna, Grace N. Ijoma, Tonderayi S. Matambo, Ngonidzashe Chimwani. Accessing Metals from Low-Grade Ores and the Environmental Impact Considerations: A Review of the Perspectives of Conventional versus Bioleaching Strategies. https://www.mdpi.com/2075-163X/12/5/506?utm_source=chatgpt.com

2. Smirnov V., et al. “Environmental and economic aspects of processing offbalance ores” // Environmental Mining Review, No. 3, 2020, pp. 75–81.

<https://www.researchgate.net/publication/318490576> environmental and economic aspects_of_resource_saving_in_mining

3. O‘zbekiston Respublikasi Davlat qo‘mitasi ma‘lumotlari va hisobotlari:

Balansdan tashqari konlarni qayta ishlash bo‘yicha tavsiyalar (respublika ilmiy-texnik yig‘ma materiallari). Toshkent, 2021. 34 b. <https://raqobat.gov.uz/uz/qomitahisobotlari/#1695295089414-d1970a71-dfcf>

4. Абдурахмонов Сойиб Абдурахмонович, Масидиков Эльяр Мирсодикович, & Ахтамов Фозил Эркинович (2022). ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА. *Universum: технические науки*, (11-2 (104)), 40-43.
5. Масидиков Эльяр Мирсодикович (2025). ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНЫХ ЗАВОДОВ С ЦЕЛЮ МИНИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТЕРЬ. *Universum: технические науки*, 8 (11 (140)), 4-9.
6. Масидиков Эльяр Мирсодикович, Абдурахмонов Сойиб Абдурахмонович, & A Kenjayeva S. A., Toshkodiroya R. E. Issledovanie pererabotki rastvorov, obrazuyushchikhsya pri biologicheskoy oksilenii upornykh zolotosoderzhashchikh rud // *Development of Science*. – 2025. – Т. 2. – № 6. – URL:<https://devos.uz/files/999.pdf>
7. 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
8. Abduraxmonov S.A. , Masidikov E.M. , & Axtamov F.E. (2024). MIS BOYITISH FABRIKALARI TEXNOGEN CHIQINDILARINI KOMPLEKS QAYTA ISHLASH IMKONIYATLARI. *International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences*, 5 (2), 44-49.
9. Самадов Алишер Усманович, Абдурахмонов Саиб Абдурахмонович, Тошкодиroya Рано Эркинжоновна, & Масидиков Эльяр Мирсодикович (2023). ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ГЛИНОЗЕМА ИЗ АНГРЕНСКОГО КАОЛИНА. *Universum: технические науки*, (5-3 (110)), 5-10.
10. [19.03.2026 11:00] Холбой иш: Kholikulov D., Khojiev Sh., Khaydaraliyev Kh., Boltayev O., Khujayev T., Abdiev O., Yusupov A. APPLICATION OF OZONE FOR THE TREATMENT OF PROCESS SOLUTIONS AND WASTEWATER IN COPPER PRODUCTION // *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*.–2025.– Т. 1.– № 19. – P. 193-197.
11. [19.03.2026 11:00] Холбой иш: Холикулов Д.Б., Болтаев О.Н., Хайдаралиев Х.Р. MIS ISHLAB CHIQARISH TEXNOLOGIK ERITMALARIDAN METALLARNI CHO'KTIRUVCHI REAGENTLAR YORDAMIDA AJRATISH // *International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences*. – 2020. – Т. 1, №2. – С. 36–45.
12. [19.03.2026 11:03] Холбой иш: Хайдаралиев Х.Р., Hojiyev S.T., Xolikulov D.B. RUX, MIS, KADMIY VA TEMIRNING CHIQINDI-KEKLARDAN ERITMAGA O'TISH JARAYONIDA KISLOTA KONSENTRASIYASINING ROLI // *Development of Science*. — 2025. — 11(1). — P. 120–128.
13. 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.

14. Axmedova Nigora Erkin qizi. (2025). ANALYSIS OF TECHNOGENIC WASTE FROM IRON-CONTAINING METALLURGICAL PRODUCTION PROCESSES. Innovation science and technology, 1(9), 45–50. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17448081>

15. Askarova N. M., Boltayev O. N., Hojiyev S. T. & Axmedova N. E. (2025). GIDROLIZLASHDAN OLINGAN TEMIR (II)-GIDROKSIDI CHO'KMASIDAN GEMATIT OLIH JARAYONINING TERMODINAMIKASI VA KINETIKASI. Development Of Science, 9(2), pp. 61-68. <https://doi.org/0>

16. Karshiboyev Sherzod Bekmaxamatovich, Mamaraximov Safarali Kamolidinovich, Shamatov Sirojiddin Abdijalilo'G'Li, & Raxmanov Ilxom Uralbayo'G'Li (2024). MIS ISHLAB CHIQRISH SANOATI VA UNDA HOSIL BO'LUVCHI TEXNOGEN CHIQINDI MANBALAR VA ULARNING TARKIBIDAN METALLAR AJRATIB OLIH IMKONIYATLARI. Sanoatda raqamli texnologiyalar / Цифровые технологии в промышленности, 2 (1), 20-25. doi: 10.5281/zenodo.10707877

17. Sunnatov, J. B., & Yakubov, M. M. (2024). OLTIN TARKIBLI MURAKKAB VA TEXNOGEN XOMASHYOLARNI QAYTA ISHLASHNING PIROMETALLURGIK USULI. Journal of Advances in Engineering Technology, (4), 63-67.

18. Kenjayeve S. A., Toshkodiroya R. E. Issledovanie pererabotki rastvorov, obrazuyushchikhsya pri biologicheskoy oksidatsii upornykh zolotosoderzhashchikh rud // Development of Science. – 2025. – T. 2. – № 6. – URL:<https://devos.uz/files/999.pdf>

19. Asqarova N.M, Axmedova N.E. Texnogen chiqindilar tarkibidan temir oksidli pigment ajratib olish. «O'zbekistonda kon-metallurgiya xomashyolarini qayta ishlash texnologiyalarining dolzarb muammolari va yechimlari»