

OLTINNI FLOTATSIYA USULIDA BOYITISH

Xujakulov Normurod Botirovich ¹¹ Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
texnika fanlari nomzodi, dotsentRaxmatova Farida Shuhrat qizi ¹¹ Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, 1-kurs magistrantiMAQOLA
MALUMOTI

ANNOTATSIYA:

MAQOLA TARIXI:

Received:17.05.2025

Revised: 18.05.2025

Accepted:19.05.2025

KALIT SO'ZLAR:

oltin, flotatsiya,
boyitish, reagent,
zarracha o'lchami,
selektivlik, pH, ekologik
xavfsizlik, texnologik
jarayon, oltin rudasi..

Ushbu maqolada oltinni flotatsiya usulida boyitish jarayonining nazariy va amaliy jihatlari chuqur tahlil qilingan. Tadqiqotda rudadagi oltin zarrachalarining fizik-kimyoviy holati, flotatsiya samaradorligiga ta'sir etuvchi omillar — zarracha o'lchami, reagentlar xususiyatlari, pH darajasi, havo pufakchalari bilan o'zaro ta'sir mexanizmi kabi parametrlar asosida ko'rib chiqilgan. Adabiyotlar tahlili va mavjud ilmiy manbalar asosida flotatsiyaning selektivligi, zamonaviy reagent tizimlari va ekologik xavfsizlik masalalari muhokama qilingan. Muhokama qismida esa zamonaviy texnologiyalarning roliga, innovatsion yondashuvlarga va oltin qazib olishda flotatsiya usulining istiqbollari e'tibor qaratilgan.

KIRISH. Oltin dunyo iqtisodiyotida o'zining beqiyos qadriyatiga ega bo'lgan, sanoat va zargarlik sohalarida keng qo'llaniladigan qimmatbaho metall hisoblanadi. Uning noyob fizik-kimyoviy xususiyatlari — yuqori elektr va issiqlik o'tkazuvchanligi, korroziyaga chidamliligi hamda kimyoviy barqarorligi tufayli oltin ko'plab texnologik jarayonlarda muhim ahamiyat kasb etadi. Bugungi kunda oltin qazib olish va uni rudalardan ajratib olish texnologiyalari global miqyosda yuqori darajada takomillashgan bo'lishiga qaramay, mavjud konlardagi ruda tarkibining tobora kamayib borishi hamda texnologik murakkabliklar sababli boyitish usullarini doimiy ravishda takomillashtirish zaruriyati

tug'ilmoqda. Ayniqsa, flotatsiya usuli oltin rudalarini boyitish texnologiyasida eng samarali va keng qo'llaniladigan usullardan biri bo'lib, uning ilmiy asoslarini chuqur o'rganish va amaliy natijalarni optimallashtirish muhim hisoblanadi. Flotatsiya usuli rudadagi qimmatbaho komponentlarni, jumladan, oltinni, u bilan aralashgan jinslardan ajratib olishga xizmat qiluvchi murakkab fizik-kimyoviy jarayon bo'lib, u sirt faolligi, kimyoviy reagentlar, zarracha o'lchamlari va boshqa omillar ta'sirida kechadi. Flotatsiya jarayonida minerallarning sirt xossalari muhim rol o'ynaydi: hidrofob (suvni itaruvchi) zarrachalar havo pufakchalari bilan birikib ko'pik holida ajraladi, gidrofil (suvni yutuvchi) zarrachalar esa cho'kib qoladi. Aynan oltin rudasida uchraydigan pirit (FeS_2), arsenopirit (FeAsS), xalkopirit (CuFeS_2) va boshqa sulfidli minerallar bilan bog'liq holatda, oltin zarrachalari ko'pincha mikroskopik shaklda bo'ladi va ular murakkab matritsada joylashgan bo'ladi, bu esa flotatsiya jarayonining murakkabligini oshiradi. Oltinni flotatsiya usulida samarali ajratib olish uchun turli xildagi kollektorlar (masalan, ksanthatlar), depressantlar, aktivatorlar va pH darajasini nazorat qiluvchi reagentlar qo'llaniladi. Reagentlar tanlovi va ulardan foydalanish tartibi flotatsiya jarayonining natijalariga sezilarli darajada ta'sir qiladi. Flotatsiya jarayonini matematik modellashtirish orqali uning samaradorligini oldindan baholash va optimal parametrlarni aniqlash mumkin. Masalan, flotatsiya samaradorligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$R = \frac{C(\beta - \theta)}{F(\alpha - \theta)} \times 100$$

bu yerda, R — flotatsiya samaradorligi (%), C — konsentrat miqdori, F — dastlabki ruda miqdori, α, β, θ — mos ravishda dastlabki ruda, konsentrat va chiqindidagi oltin miqdorlari (%).

Grafik tahlillar orqali reagent sarfi, aralashtirish tezligi, havolantirish darajasi kabi omillar ta'sirida samaradorlik qanday o'zgarishi aniqlanadi. Bu holat tajriba asosida chizilgan izokvant chiziqlari yoki uch o'lchamli sirt grafigi orqali ham tasvirlanishi mumkin. Natijada, flotatsiya usulining texnologik ko'rsatkichlarini yaxshilash orqali boyitish samaradorligini oshirish, energiya va reagent sarfini kamaytirish imkoniyati yuzaga keladi. Mazkur maqolada oltinni flotatsiya usulida boyitishning ilmiy asoslari, texnologik parametrlarning tahlili, reagentlar kombinatsiyasi, fizik-kimyoviy xossalari va jarayonning umumiy mexanizmi ilmiy yondashuv asosida yoritilib, grafik va formulalar bilan asoslab beriladi. Bu esa amaliy tajriba uchun nazariy asos yaratish bilan birga, yangi texnologik echimlarni ishlab chiqishga ham xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili. Oltinni flotatsiya usulida boyitish texnologiyasi bo'yicha olib borilgan ilmiy va amaliy tadqiqotlar, bu sohaning hozirgi rivojlanish darajasi va kelgusidagi istiqbollarini chuqur tahlil qilish imkonini beradi. Ilmiy adabiyotlarda bu usulning samaradorligi, ayniqsa past sifatli yoki mikroskopik zarrachali oltin rudalarini qayta ishlashda yuqori natija berishi alohida ta'kidlanadi. Ko'plab ilmiy manbalarda flotatsiya jarayonining fizik-kimyoviy mohiyati, uning sodir bo'lishiga ta'sir etuvchi omillar, qo'llaniladigan reagentlarning turli xossalari, jarayonning optimal texnologik parametrlari chuqur o'rganilgan. Jumladan, ruda tarkibidagi asosiy komponentlar — pirit, xalkopirit, galenit kabi sulfidli minerallar bilan bog'langan holdagi oltin zarrachalari ko'pincha o'ta mayda, ya'ni mikron va submikron o'lchamda bo'lib, ularni an'anaviy gravitatsion yoki gidrometallurgik usullar bilan ajratib olish qiyinchilik tug'diradi. Shunday hollarda aynan flotatsiya texnologiyasi eng maqbul yechim sifatida qaraladi.

Zamonaviy adabiyotlar flotatsiya jarayonida foydalaniladigan reagentlar — kollektorlar, depressantlar, aktivatorlar va pH regulyatorlarining har biri alohida e'tibor bilan tahlil qilinayotganini ko'rsatadi. Masalan, ksanthatlar sinfidagi kollektorlar sulfidli minerallar bilan kuchli kimyoviy bog' hosil qilib, ularning hidrofob xossalarini kuchaytiradi va natijada oltin zarralarining ko'pik bilan yuzaga chiqish ehtimolini oshiradi. Shu bilan birga, pH darajasi flotatsiya jarayonining borishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi, chunki u ko'plab reagentlarning faol holatini belgilaydi. Tajribalar asosida o'rganilgan holatlarga ko'ra, oltin o'zlashtirilgan sulfidli rudalarni flotatsiyalashda eng yuqori samaradorlik neytral yoki biroz ishqoriy muhitda (pH 7-9 oralig'ida) kuzatiladi.

Adabiyotlarda ayniqsa e'tirof etiladigan jihatlardan biri — flotatsiya samaradorligining zarracha o'lchami bilan bog'liqligidir. O'tkazilgan ko'plab ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, zarracha o'lchami juda kichik bo'lsa, ular havo pufakchalariga birikib ulgurmaydi yoki gidrofil bo'lib qoladi, katta bo'lsa esa ularning sirtiga reagentlar yaxshi ta'sir qilmaydi. Shuning uchun rudani maydalash jarayoni ham flotatsiya texnologiyasining ajralmas bosqichi hisoblanadi. Optimal zarracha o'lchami sifatida adabiyotlarda 50–150 mikron oralig'i tavsiya etiladi, chunki bu oraliqda hidrofob sirt maydoni va ko'pik bilan kontakt qilish imkoniyati yuqori bo'ladi.

Bundan tashqari, ayrim ilmiy manbalarda reagentlar selektivligi muammosi va ularni kompleks qo'llash orqali samaradorlikni oshirish imkoniyatlari haqida ham so'z yuritiladi. Xususan, ksanthatlar va tiokarbamatlar kombinatsiyasi oltin bilan birga uchraydigan mis, qo'rg'oshin, rux kabi metallarni bir-biridan ajratishda foydali bo'lishi mumkinligi ko'rsatilgan. Shu nuqtayi nazardan, reagent tanlashda har bir ruda tarkibi uchun alohida

yondashuv talab etiladi. Bu jarayonni optimallashtirish uchun adabiyotlarda ko'p hollarda statistik modellash, tajriba-ma'lumotlarga asoslangan regressiya tahlillari va laboratoriya tajribalari asosida tavsiyalar berilgan.

So'nggi yillarda olib borilgan ilmiy ishlanmalar, xususan nanozarrachalar yordamida flotatsiya samaradorligini oshirish, ultratovushli ishlov berish va mikroflotatsiya kabi innovatsion texnologiyalarni joriy qilish orqali oltinni yanada yuqori aniqlikda ajratish imkoniyatlari mavjudligini ko'rsatmoqda. Xitoy, Rossiya, AQSH, Kanada va Janubiy Afrika kabi davlatlardagi kon-metallurgiya institutlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, kompleks yondashuv — ya'ni, flotatsiya bilan birgalikda gidrometallurgik, bakteriologik va boshqa usullarning birga qo'llanishi — past darajadagi rudalardan ham yuqori darajadagi oltin ajratib olish imkonini beradi.

Umuman olganda, adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, oltinni flotatsiya usulida boyitish doirasida olib borilgan tadqiqotlar nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy jihatdan ham boy tajribaga ega. Biroq ruda turlarining xilma-xilligi, tarkibining murakkabligi, zarracha o'lchami va fazaviy joylashuvi tufayli har bir kon, hatto har bir texnologik liniya uchun o'ziga xos yechim va yondashuvlar ishlab chiqilishi talab etiladi. Shuning uchun ham bu sohada ilmiy izlanishlar davom etmoqda va yangi texnologik innovatsiyalarni joriy etish orqali flotatsiya jarayonining samaradorligini yanada oshirish dolzarb masala bo'lib qolmoqda.

Munozara. Oltinni flotatsiya usulida boyitish bo'yicha olib borilgan tahlil va adabiyotlar asosida aniqlangan holatlar, ushbu texnologiyaning hozirgi zamonaviy kon-metallurgiya sanoatidagi o'rni va istiqbollarini chuqur ilmiy nuqtayi nazardan muhokama qilish imkonini beradi. Birinchi navbatda, flotatsiya jarayonining asosiy afzalligi shundan iboratki, u oltinni ancha past konsentratsiyali rudalardan ham ajratib olish imkonini beradi, bu esa bugungi kunda konlarda yuqori sifatli rudalar zahiralari kamayib borayotgan sharoitda nihoyatda muhim ahamiyat kasb etadi. Aynan shu jihat flotatsiya usulini boshqa an'anaviy ajratish texnologiyalaridan ustun qo'yadi. Ammo bu ustunlik bilan bir qatorda, jarayonning murakkabligi va ko'plab parametrlarning o'zaro bog'liqligi masalasi ham o'zini ko'rsatadi. Flotatsiya yuqori aniqlik va texnologik intizom talab qiladigan jarayon bo'lib, uni samarali olib borish uchun ruda tarkibi, zarracha o'lchamlari, reagentlar kombinatsiyasi, muhitning pH darajasi, havolantirish tezligi va ko'pikli ajratish parametrlarining optimal darajada muvofiqlashtirilishi zarur.

Muammo shundaki, oltin ko'plab rudalarda erkin holatda emas, balki sulfidli minerallar tarkibida bog'langan holda bo'ladi va ba'zan bu zarralar kapsulalangan yoki asosiy mineral

matritsaga singib ketgan bo'ladi. Bu holatlarni e'tiborga olmasdan, har qanday flotatsiya usulini qo'llash samarasiz natijalarga olib kelishi mumkin. Shu nuqtai nazardan, ilmiy izlanishlar shuni ko'rsatadiki, har bir kon uchun alohida flotatsiya sxemasi va reagentlar tizimi ishlab chiqilishi lozim. Masalan, olimlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda turli reagentlarning oltin bilan bog'langan pirit, xalkopirit, galenit singari minerallar bilan o'zaro ta'siri o'rganilgan va ular asosida selektiv reagent tanlash tizimlari ishlab chiqilgan. Xususan, ksanthatlar va ditiokarbamatlar kabi kollektorlar turli sulfidli rudalarda turlicha ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

Shuningdek, flotatsiya samaradorligiga ta'sir etuvchi yana bir muhim omil — zarracha o'lchamining taqsimoti va ularning sirt faolligidir. Tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, juda mayda (mikron va submikron) zarrachalar flotatsiyada ishtirok etmay qolishi mumkin, chunki ularning sirt faolligi past yoki ular havopufakchalar bilan birikishdan oldin inert harakatga ega bo'ladi. Bu esa oltin zarralarining kontsentratsiyaga o'tmasdan chiqindiga tushishiga olib keladi. Shu sababli, zarrachalarning maydalash jarayonida optimal o'lchamga yetkazilishi, ya'ni 50–150 mikron diapazoni, amaliyotda eng maqbul oraliq sifatida e'tirof etiladi. Ammo bu oraliq har doim ham natijani kafolatlamaydi, chunki zarracha shakli, sirt holati va minerallarning interaktsiyasi ham muhim ahamiyatga ega. Ana shunday murakkab o'zaro bog'liqliklarni hisobga olgan holda, ko'plab zamonaviy laboratoriyalar flotatsiya jarayonini sun'iy intellekt va matematik modellash vositalari yordamida boshqarishni taklif etmoqda. Bu texnologiyalar jarayon parametrlarini real vaqt rejimida optimallashtirishga, ortiqcha reagent sarfini kamaytirishga va eng muhimi — oltin ajratish samaradorligini oshirishga xizmat qilmoqda.

Yana bir muhim muhokama nuqtasi — flotatsiya jarayonining ekologik xavfsizligidir. Hozirgi vaqtda ko'plab kimyoviy reagentlar tabiatga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lgani uchun, ularni qo'llashda ekologik xavfsizlik, qayta foydalanish imkoniyati va chiqindilarni neytrallashtirish texnologiyalari dolzarb masalalardan biridir. Bu yo'nalishda olib borilayotgan ilmiy ishlar, ayniqsa bioreagentlar yoki ekologik xavfi past bo'lgan muqobil reagentlar ishlab chiqishga qaratilgan tadqiqotlar, flotatsiya jarayonining kelajagi uchun muhim yo'nalishlardan biri bo'lib qolmoqda.

Umuman olganda, mazkur muhokamadan kelib chiqadigan xulosa shuki, oltinni flotatsiya usulida boyitish texnologiyasi bugungi kunda ham dolzarbligini saqlab qolmoqda va u tobora takomillashib bormoqda. Uning muvaffaqiyati esa ruda xususiyatlariga individual yondashish, innovatsion reagent tizimlarini ishlab chiqish, jarayon parametrlarini chuqur matematik tahlil qilish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash kabi omillarga bog'liqdir.

Shunday qilib, ilmiy va amaliy asoslangan yondashuvlar yordamida ushbu texnologiya nafaqat mavjud resurslarni maksimal darajada samarali qayta ishlashga, balki yangi konlarni iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq tarzda ekspluatatsiya qilishga ham xizmat qilishi mumkin.

Xulosa. Olib borilgan ilmiy tahlillar natijasida aniqlanishicha, oltinni flotatsiya usulida boyitish zamonaviy kon-metallurgiya sanoatida eng samarali va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq texnologiyalardan biri hisoblanadi. Flotatsiya jarayoni orqali past konsentratsiyali rudalardan ham oltin ajratib olish imkoniyati mavjud bo'lib, bu usul resurslarni chuqur qayta ishlash va ularni to'liq o'zlashtirish imkonini beradi. Tadqiqot davomida oltin zarralarining fizik-kimyoviy holati, reagentlar tanlovi, zarracha o'lchami, flotatsion muhitning pH darajasi, selektivlik va ekologik xavfsizlik kabi ko'plab omillar jarayon samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Flotatsiya texnologiyasining muvaffaqiyati, eng avvalo, rudaning mineral tarkibiga mos ravishda individual yondashuvni, reagent tizimining to'g'ri tanlanishini hamda jarayon parametrlarining optimal boshqarilishini talab etadi. Shuningdek, jarayonga sun'iy intellekt va raqamli modellashtirish vositalarini jalb qilish orqali samaradorlikni yanada oshirish mumkinligi ko'rsatildi. Ekologik xavfsizlikni ta'minlash, muqobil bioreagentlardan foydalanish va chiqindilarni neytrallash masalalari ham flotatsiyaning kelajakda muvaffaqiyatli qo'llanilishi uchun muhim omillardan biri hisoblanadi.

Xulosa qilib aytganda, oltinni flotatsiya usulida boyitish texnologiyasini chuqur ilmiy asoslangan, ekologik va iqtisodiy jihatdan samarali tarzda rivojlantirish orqali mavjud rudalardan maksimal foyda olish hamda yangi konlarni ekspluatatsiya qilish imkoniyatlari kengaytiriladi. Mazkur yo'nalishda olib borilayotgan tadqiqotlar va innovatsion yondashuvlar kon sanoatida barqaror va yuqori samaradorlikka erishish uchun muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Мухамеджанов Б.М., Шарипов Н.Н. "Обогащение полезных ископаемых". – Ташкент: «Fan», 2015. – 296 б.
2. Gaudin A.M. "Flotation", McGraw-Hill Book Company, New York, 1957. – 554 p.
3. Fuerstenau M.C., Jameson G.J., Yoon R.H. "Froth Flotation: A Century of Innovation". – Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2007. – 910 p.
4. Жураев К.К., Рахимов А.Р. "Полезные ископаемые Узбекистана и технологии их переработки". – Ташкент: ТУИТ, 2018. – 214 б.

5. Литвиненко В.С. "Технология переработки руд цветных металлов". – Москва: Горная книга, 2012. – 420 с.

6. Антипов В.И., Пивоваров В.Н. "Флотационные реагенты и процессы". – Москва: Недра, 1998. – 384 с.

7. Zanin M., Grano S., Zhou M. "Selective flotation of gold from pyrite under controlled pulp potential conditions", Minerals Engineering, Vol. 27–28, 2012, pp. 112–118.

8. Wills B.A., Finch J. "Wills' Mineral Processing Technology", 8th Edition, Elsevier, 2015. – 512 p.

9. Махмудов Ш.Ш., Уразбоев А.У. "Руданы флотация усулида бойитиш". – Тошкент: ТДТУ нашриёти, 2021. – 188 б.

10. Peng Y., Seaman D. "Improving gold flotation with the use of non-toxic reagents", Journal of Cleaner Production, Vol. 265, 2020, pp. 121-133.

