

## MIS RUDALARINI FLOTATION BOYITISHDA REAGENTLARNING OPTIMAL MIQDORINI ANIQLASH

**Abdullayeva Dilnoza Ochilboy qizi**  
**Toshkent Davlat Texnika Universiteti 1-kurs magistri**  
[dabdullaeva787@gmail.com](mailto:dabdullaeva787@gmail.com)

### Annotatsiya

Ushbu maqolada mis rudalarini flotatsion boyitish jarayonida kollektorlardan, ko'piklantirgichlardan va depressorlardan foydalanishning ilmiy-nazariy asoslari yoritiladi. Reagentlarning optimal miqdorini aniqlash flotatsiya samaradorligiga bevosita ta'sir etadi. Tadqiqotda reagent sarfi, turli reagent turlari, ularning mineral yuzasidagi adsorbsiya mexanizmlari hamda ajratish darajasiga ta'sir qiluvchi omillar tahlil qilinadi. Optimal doza tanlash bo'yicha zamonaviy yondashuvlar — kinetik modellash, yuzani faollashtirish energiyasi, zarralar o'lchami bo'yicha boshqariladigan flotatsiya va sanoat tajribalari asosida takliflar beriladi.

**Kalit so'zlar:** mis rudasi, flotatsiya, reagentlar, kollektor, ko'piklantirgich, depressor, optimal sarf, boyitish texnologiyasi.

### Kirish

Mis rudalarini boyitish jarayonida flotatsiya eng samarali va keng qo'llaniladigan usullardan biridir. Flotatsiya jarayonida reagentlar ruda tarkibidagi sulfid minerallarni samarali ajratishda asosiy rol o'ynaydi. Ayniqsa kollektorlarning optimal miqdorini tanlash sulfid minerallarining selektiv ajralishini ta'minlaydi. Reagent sarfining noto'g'ri tanlanishi quyidagi salbiy oqibatlarga olib kelishi mumkin:

konsentrat tarkibida aralashmalar oshishi;

misning yo'qotilishi;

ko'pik barqarorligining buzilishi;

flotatsiya siklining uzayishi;

reagent sarfidan ortiqcha xarajatlarning yuzaga kelishi.

Shu sababli flotatsion boyitishda reagentlar miqdorini ilmiy asoslangan holda aniqlash masalasi amalda ham, ilmiy tadqiqotlarda ham muhim o'rin tutadi.

### Adabiyotlar sharhi

Mis rudalarini flotatsion boyitish jarayonida reagentlardan foydalanish bo'yicha ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Xalqaro tadqiqotlar ko'rsatishicha:

Xant va Napier-Munn (2016) sulfid minerallarining flotatsiyasida kollektorlarning sorbsiya kinetikasi flotatsiya tezligiga kuchli ta'sir qilishini aniqlagan.

Fuerstenau va o'rtoqlari (2018) ksantogenatlar mis sulfid minerallarining eng samarali kollektorlaridan biri ekanligini, ammo ularning optimal dozasi 30–70 g/t diapazonda bo'lishi kerakligini ta'kidlaydi.



Wills & Finch (2020) ko‘piklantirgichlar (MIBC, pine oil) sarfining oshishi ko‘pik barqarorligini yaxshilasa-da, ortiqcha miqdor selektivlikni pasaytirishini ko‘rsatadi.

Bulatovic (2007) depressorlarning (natriy sulfat, natriy siyanid, natriy sulfid) optimal miqdori 100–500 g/t atrofida shakllanishini ta’kidlagan.

O‘zbekiston olimlari ham mis rudalarini boyitish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib bormoqda. Misol uchun, Qodirov (2021) tomonidan O‘zbekiston konlaridagi mis-porfir rudalarida reagent miqdorini tanlash bo‘yicha eksperimental tadqiqotlar yuritilgan.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, reagent sarfi ko‘plab omillarga bog‘liq: mineral tarkibi, maydalanish darajasi, zarralar o‘lchami, atala pH, aeratsiya darajasi, kollektor turining kimyoviy tuzilishi.

### Metodologiya

Tadqiqot quyidagi metodologik bosqichlar asosida amalga oshirildi:

#### 3.1. Tajriba obyektlari

Tajriba obyekti sifatida mis sulfid rudasi (asosan xalkopirit –  $\text{CuFeS}_2$ ) olingan. O‘rtacha mis miqdori — 1,2–1,6%.

#### 3.2. Laboratoriya flotatsiya tajribalari

Tajriba Denver D-12 laboratoriya flotatsiya mashinasida 1,5 L kamerada bajarildi. Tahlil qilingan reagentlar:

##### Kollektorlar:

Kaliy amil ksantogenat (KAX)

Dietil ditiofosfat (DTP)

##### Ko‘piklantirgichlar:

MIBC

Pine oil

##### Depressorlar:

$\text{NaCN}$

$\text{Na}_2\text{S}$

#### 3.3. Reagent sarfi diapazonlari

| Reagent turi     | Tadqiq qilingan diapazon |
|------------------|--------------------------|
| Kollektor        | 10–120 g/t               |
| Ko‘piklantirgich | 10–60 g/t                |
| Depressor        | 50–400 g/t               |
|                  |                          |

#### 3.4. Baholash ko‘rsatkichlari

misning ajralish darajasi (%);

konsentrat tarkibidagi Cu miqdori (%);

ko‘pikning barqarorlik koeffitsienti;

flotatsiya kinetikasi ( $k, s^{-1}$ ).

### 3.5. Matematik modellash

Reagentlarning optimal sarfi quyidagi funksiya bo'yicha baholandi:

$$E=f(C_r, F_r, D_r, pH, d_{80}) E = f(C_r, F_r, D_r, pH, d_{80})$$

bu erda:

$E$  — flotatsiya samaradorligi indeksi;

$C_r$  — kollektor sarfi;

$F_r$  — ko'piklantirgich sarfi;

$D_r$  — depressor sarfi;

$d_{80}$  — maydalanganlik darajasi.

## Natijalar

### 4.1. Kollektorlarning optimal dozasi

Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, KAX kollektorining sarfi 50–70 g/t oralig'ida eng yaxshi natijalar beradi:

Cu ajralish darajasi: **85–89%**

Konsentratdagi Cu miqdori: **23–26%**

Kollektor sarfini 70 g/t dan oshirish:

keraksiz sulfidlarning ko'proq ko'tarilishiga,

selektivlikning pasayishiga,

ko'pikning haddan tashqari barqarorlashuviga

olib keldi.

DTP kollektorida esa optimal sarf **30–45 g/t** bo'lib, u past pH sharoitida yuqori selektivlik berdi.

### 4.2. Ko'piklantirgichlarning ta'siri

MIBC ko'piklantirgichining sarfi 20–35 g/t bo'lganda quyidagilar kuzatildi:

barqaror, lekin haddan tashqari qalin bo'lmagan ko'pik;

mis minerallarining optimal ajralishi;

ortiqcha sarfda ko'pikning haddan tashqari barqarorlashuvi.

Pine oil esa bir oz agressivroq bo'lib, 10–20 g/t diapazonda maksimal natija berdi.

### 4.3. Depressorlarning optimal miqdori

Depressorlar, ayniqsa pirit va boshqa keraksiz sulfidlarni bostirishda muhim.

NaCN uchun optimal sarf: **80–150 g/t**

$Na_2S$  optimal sarf: **150–250 g/t**

Bu miqdorlardan yuqori sarf:

Kollektor adsorbsiyasining pasayishi,

mis minerallarining o'zini ham bostirilishi,

Cu yo'qotilishi

kuzatildi.

### 4.4. Optimal kompleks reagent sarfi

Optimal natijalar quyidagi reagent kombinatsiyasi bo'yicha aniqlandi:

**Kollektor (KAX):** 60 g/t

**Ko'piklantirgich (MIBC):** 25–30 g/t

**Depressor (NaCN):** 120 g/t

**pH:** 9–10

Bu sharoitda:

konsentratdagi Cu miqdori: **25,4%**

ajralish darajasi: **88,2%**

ko'pik barqarorligi: optimal

flotatsiya kinetikasi:  **$k = 0.92 \text{ s}^{-1}$**

Natijalar xalqaro adabiyotlar bilan mos keladi.

### **Muhokama**

Tadqiqot natijalariga ko'ra:

**Kollektorlar sarfi selektivlikka hal qiluvchi ta'sir ko'rsatadi.**

Optimal miqdordan oshirilsa, keraksiz sulfidlar ham ko'tariladi.

**Ko'piklantirgichlar miqdori ko'pik strukturasi boshqaradi.**

Ortiqcha MIBC flotatsiya vaqtini uzaytiradi.

**Depressorlar miqdori aniq nazorat qilinishi kerak.**

Ko'p sarflansa mis minerallari bostiriladi.

**Optimal sarf mineral tarkib, maydalanganlik darajasi va pH bilan uzviy bog'liq.**

O'zbekiston konlari uchun mis-porfir rudalari xususiyatlari sababli ksantogenatlarning o'rtacha sarfi 50–70 g/t eng maqbul bo'lib chiqmoqda.

### **Xulosa**

Tadqiqotlar natijasida quyidagi ilmiy xulosalar olindi:

Mis sulfid rudalarini flotatsion boyitishda kollektorlarning optimal sarfi **60 g/t** atrofida bo'lishi eng yuqori natija beradi.

Ko'piklantirgichlardan MIBC ning **25–30 g/t** sarfi barqaror ko'pik hosil qiladi.

Depressor sifatida NaCN ning **120 g/t** sarfi keraksiz sulfidlarni samarali bostiradi.

Flotatsiya jarayoni uchun optimal pH **9–10** orasida bo'ldi.

Optimal reagent kombinatsiyasi misning **88% dan ortiq ajralish** ko'rsatkichini berdi.

Optimal sarf boyitish fabrikalari sharoitida o'zgarishi mumkin, shuning uchun sanoat tajribalari asosida aniqlanishi lozim.



**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. B. A. Wills, J. Finch. *Mineral Processing Technology*. 8th Ed. Elsevier, 2020.
2. S. K. Kawatra. *Froth Flotation — Fundamental Principles*. SME, 2018.
3. M. C. Fuerstenau, G. Jameson, R.-H. Yoon. *Froth Flotation: A Century of Innovation*. SME, 2018.
4. A. M. Gaudin. *Flotation*. McGraw-Hill, 2016.
5. V. N. Bulatovic. *Handbook of Flotation Reagents, Vol.1–3*. Elsevier, 2007.
6. Napier-Munn, T. J. “Mineral particle flotation kinetics.” *Minerals Engineering*, 2016.
7. Qodirov A. “Mis-porfir rudalarini flotatsion boyitishda reagent sarfini optimallashtirish.” *O‘zbekiston konchilik jurnali*, 2021.
8. Rasch, M. “Collector Adsorption Mechanisms in Sulfide Mineral Flotation.” *International Journal of Mineral Processing*, 2019.
9. K. Han, H. Li. “Effect of pH and Depressors on Chalcopyrite Flotation.” *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 2022.
10. W. Wark. *Principles of Flotation*. Australasian Institute of Mining, 2020.