

O'ZBEKISTON METALLURGIYA SANOATIDA BIOTEXNOLOGIK JARAYONLARNING O'RNI

Xudoyberdiyev F.I.

Toshkent kimto-texnologiya institute

Annotatsiya. *Mazkur maqolada O'zbekiston metallurgiya tarmog'ida biotexnologik jarayonlarning ahamiyati, rivojlanish istiqbollari hamda mavjud ilmiy-amaliy tadqiqotlar tahlil qilinadi. Bakterial lixivatsiya (bioleaching), biooksidatsiya va bioremediatsiya texnologiyalarining O'zbekiston kon-metallurgiya sanoatida qo'llanilishi o'rganilgan. Navoiy, Olmaliq kon-metallurgiya kombinati misolida flotatsiya chiqindilarini biotexnologik usulda qayta ishlash natijalari tahlil qilinadi.*

Kalit so'zlar: *biotexnologiya, metallurgiya, bioleaching, chiqindilarni qayta ishlash, Navoiy, Olmaliq KMK, mikroorganizmlar, bacterial, BIOX, chiqindil, sifatli rudalar*

Metallurgiya tarmog'i O'zbekiston iqtisodiyotining strategik sohalaridan biridir. Bu sohada ishlab chiqarish jarayonlarining ko'payishi natijasida katta miqdorda texnogen chiqindilar-flotatsiya qum-shlamlari, konvertor changlari, eritma qoldiqlari paydo bo'lmoqda. Ularning tarkibida mis, rux, nikel, kobalt, oltin va boshqa qimmatli metallar mavjud.

An'anaviy gidrometallurgik usullar ko'p energiya va reagent talab qiladi, ekologik jihatdan esa xavflidir. Shu sababli biotexnologik jarayonlar - ya'ni mikroorganizmlar yordamida metallarni ajratib olish texnologiyalari so'nggi yillarda keng o'rganilmoqda. Mustaqil O'zbekistonda sanoatni barcha tarmoqlarining juda yuqori suratlarda rivojlanib kelishi, turli ko'rinishdagi foydali qazilmalarni qazib olishini oshirishga olib kelmoqda. Xususan rangli va noyob metallar iste'moli oshib kelmoqda, shu bilan bir qatorda esa bu metallarning zaxiralari yildan yilga kamayib bormoqda. Tarkibida qimmatbaho metallarning miqdori kam bo'lgan (kambag'al) rudalarni qayta ishlash, ko'p miqdorda ruda xomashyosini boyitishini talab etadi, bu esa olinadigan metallning tannarxining oshishiga sabab bo'ladi. Shu sababdan kambag'al rudalarni qayta ishlash uchun arzon, samarali, metallarni yuqori miqdorda ajratib olish imkoniyatini beruvchi texnologik jarayonlarni ishlab chiqarishga joriy etish kerak. Bu texnologik jarayonlarga gidrometallurgik, ayniqsa bakterial-kimyoviy usul kiradi.

Biotexnologik metall ajratish-bu tabiiy yoki sun'iy tanlangan mikroorganizmlar yordamida rudadan yoki chiqindilardan metallarni ajratib olish jarayonidir. Eng ko'p qo'llaniladigan mikroorganizmlar: *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans*, *Thiobacillus thiooxidans* kabilardir.

Bu bakteriyalar sulfidli minerallarni oksidlab, metallarni eruvchan shaklga o'tkazadi. Jarayon ekologik toza, kam energiya sarflaydi va chiqindilarni kamaytiradi.



O'zbekistonda biotexnologik metall ajratish sohasida birinchi ilmiy izlanishlar Olmaliq kon-metallurgiya kombinati (OKMK) bazasida olib borilgan. M.G. Sagdieva va boshq. (2007) tomonidan OKMK flotatsiya chiqindilarini bakterial lixivatsiya yordamida qayta ishlash texnologiyasi ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijasida misning 56 % gacha, xalskopiritdan esa 62–70 % gacha ajratib olinganligi qayd etilgan [1].

D.B. Xolikulov va M.M. Yo'qubov (2022) esa ishlab chiqarish eritmalaridan metallarni ion-floatsiya va bioreagent usullari yordamida ajratish texnologiyasini taklif qilganlar [2]. B.R. Vohidov (2025) past sifatli texnogen chiqindilardan nodir metallarni ajratish jarayonida bioleachingni qo'llash imkoniyatlarini ko'rsatgan [3].

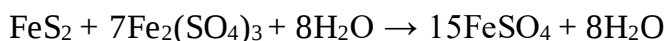
Bu tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, biotexnologik jarayonlar nafaqat ekologik afzalliklarga ega, balki iqtisodiy jihatdan ham foydali.

Biotexnologiyaning metallurgiyada afzalliklari:

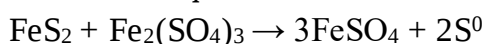
- Ekologik tozaligi: zararli gaz chiqindilari minimal.
- Energiya tejamliligi: yuqori harorat yoki bosim talab qilinmaydi.
- Xomashyo bazasini kengaytiradi: past sifatli rudalarni ham ishlatish mumkin.
- Metall ajratish darajasi yuqori: bakterial muhitda kimyoviy reaksiyalar tabiiy tezlashadi.

Metallarni bakterial tanlab eritish – bu temir va oltingugurtning oksidlovchi bir qator atsidofil mikroorganizmlarning sulfidlar va elementar oltingugurtning suvda eruvchan metall sulfatlarga aylantirish qobiliyatidir. Tabiiy rudalardan mis, rux, nikel, uran va boshqa metallarni olish uchun ishlatiladi. Tanlab eritish aerob bakteriyalar *Thiobacillus* (*Acidithiobacillus*) *thiooxidans* va *Thiobacillus ferrooxidans*, shuningdek, *Sulfolobus* jinsining archaea vakili tomonidan amalga oshiriladi. *Thiobacillus ferrooxidans* (*Th. ferrooxidans*), sulfidli minerallar va temirni oksidlanishga qodir (temir bakteriyalari deb ataladi) va *Thiobacillus thiooxidans* (oltingugurt bakteriyalari) esa oltingugurtning oksidlash qobiliyatiga egadir. Tionli bakteriyalar kimyoavtotroflardir, ya'ni ularning hayotiy faoliyati uchun yagona energiya manbai temir, turli metallar sulfidlari va elementar oltingugurtning oksidlanishidir. Bu energiya atmosferadan yoki rudadan chiqarilgan karbonat angidridni assimilyatsiya qilishga sarflanadi.

Hozirgi vaqtda *A.ferrooxidans* mikroorganizmlarining sulfidli minerallarning oksidlanishi va tanlab eritilishidagi roli haqida bir qancha qarashlar mavjud. Ilgari, mikroorganizmlar ishtirokida sulfidli minerallarning oksidlanishi va tanlab eritilishi sulfid ko'rinishidagi oltingugurtning bakterial oksidlanishida sulfat kislotaga shaklligacha oksidlanadi deb ishonilgan. Masalan, piritning bakterial oksidlanishining eng ehtimoliy reaksiyalari temir (II)-sulfat hosil bo'lishi bilan bog'liq reaksiyalardir:



Bundan tashqari, sulfidlar elementar oltingugurtga qadar oksidlanadi:





Keyin bakteriyalar tomonidan temir quyi sulfati temir (III)-sulfatiga qadar va elementar oltingugurt esa sulfat kislota qadar oksidlanadi.

Shunday qilib, temir sulfat va elementar oltingugurtning oksidlanish reaksiyalari natijasida sulfidli minerallarning oksidlovchilari - temir (III)-sulfat va sulfat kislota hosil bo'ladi. Bakterial oksidlanish va sulfidli minerallarni tanlab eritish jarayonida bu reaksiyalarga qo'shimcha ravishda minerallar yuzasida hujayralarning ferment tizimlari ishlaydi. Bu sulfidlarning to'g'ridan-to'g'ri bakterial oksidlanish mexanizmi yoki-to'g'ridan-to'g'ril mexanizm deb ataladi.

O'zbekistonda biotexnologik jarayonlarni sanoat miqyosida keng joriy etish hali cheklangan. Buning sabablari-tajriba maydonlarining kamligi, bakterial madaniyatlar laboratoriya miqyosida yetarli o'rganilmaganligi va texnologik nazorat tizimining sustligidir.

MDH davlatlari qatorida O'zbekistonda ham biogidrometallurgik jarayonlardan keng miqyosda foydalaniladi. Shunday zavodlardan biri Navoiy kon-metallurgiya kombinatining 3-gidrometallurgiya zavodidir.

Zavodda 2005 yilda Ko'kpatas-Daug'istov konlaridan qazib olinayotgan sulfidli ma'danni qayta ishlashga mo'ljallangan majmua qurilishi boshlandi. BIOX deb nomlangan yangi majmuaning birinchi navbati 2008 yilda, ikkinchi navbati 2012 yilda ishga tushirilishi bilan tayyor mahsulot ishlab chiqarish hajmini 34 foizga oshirishga erishildi. BIOX 3-GMZda qurilgan yana bir zavoddir. 2012 yilda sorbsion texnologiyasida sorbentning yangi turi – faollashtirilgan ko'mirga o'tish ishlari amalga oshirildi. Qisqa muddatda desorbsiya, elektroliz va reaktivizatsiya sexlari qurildi.

Kelgusida OKMK, Navoiy KMK, Olmaliq va Chirchiq hududlarida biotexnologik jarayonlarni sanoat miqyosida sinovdan o'tkazish, mahalliy bakterial shtammlar bazasini yaratish hamda chiqindilarning bioremediasiyasi yo'nalishlarini kengaytirish dolzarbdir.

Biotexnologik jarayonlar O'zbekiston metallurgiyasini modernizatsiya qilish, chiqindilardan qayta foydalanuvchi "yashil texnologiyalar"ni joriy etishning muhim yo'nalishidir. Bakterial lixivatsiya va biooksidatsiya usullari yordamida past sifatli rudalar va texnogen chiqindilardan metallarni samarali ajratib olish mumkin. Shuningdek, bu yo'nalish O'zbekiston uchun ekologik barqaror sanoat rivojlanishining poydevorini yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Sagdieva M.G., Borminskiy S.I., Sanakulov K.S., Vasilenok O.P. Development of a Biotechnological Process for Reprocessing Flotation Tailings from Olmaliq Mining and Metallurgical Complex, Republic of Uzbekistan. Advanced Materials Research, Vol. 20–21, pp. 26–29, 2007.



2. Xolikulov D.B., Yo‘qubov M.M., Mukhametdzhanova Sh.A., Bekbutaev A.N. Development of technology for extracting metals from process solutions by ion flotation. Rudmet.net, 2022.
3. Vohidov B.R., Yandashev A.A. Izuchenie tehnologii izvlecheniya redkikh metallov iz sostava tekhnogennykh othodov nizkogo kachestva. Tsifrovye tekhnologii v promyshlennosti, 2025.
4. Saidakhmedov A.A., Sirozhov T.T., Shodiev A.N., Murodillaeva S.O. Issledovanie raspredelenie dispersnykh chastits tsennykh komponentov pri pererabotke konvertremoy pyli medeplavilnykh zavodov. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 2024.
5. Karimov Sh.A., Mamajanov B.M., Madaliev Sh.B. Perespektiva pererabotki proizvodstvennykh othodov. Technical Science Research in Uzbekistan, 2024.