

**BIOTEKNOLOGIYANING METALLURGIYADAGI O'RNI VA
ISTIQBOLLARI****РОЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ БИОТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ****Anorqulov Jaloliddin Baxtiyor og'li**

Universitet Toshkent Davlat Texnika Universiteti

Metallurgiya Yunalishi talabasi

jaloliddinanorqulov048gmail.com**Ilmiy rahbar Saidova Malika Sayfullayevna**

Ilmiy rahbarni lavozimi Dotsent

Annotatsiya: Ushbu maqolada bioteknologiyaning metallurgiya sohasida qo'llanilishining zamonaviy yo'nalishlari, xususan, biogidrometallurgiya usullari — rudalarni mikroorganizmlar yordamida boyitish (bioobog'atlash) va oksidlov (biooksidlov) jarayonlari yoritilgan. Biotexnologik usullar, an'anaviy pirometallurgik va gidrometallurgik yondashuvlarga nisbatan, bir qator afzalliklarga ega: ekologik xavfsizlik, energiyani kam sarflanishi, va kam sifatli yoki murakkab tarkibli rudalarni iqtisodiy jihatdan samarali qayta ishlash imkoniyati. Maqolada *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans* kabi bakteriyalar sulfidli rudalar tarkibini oksidlab, mis, oltin, nikel, rux kabi metallarni ajratib olishda qanday ishlatilishi haqida batafsil ma'lumot beriladi. Shuningdek, Chilida, AQShda, Kanadada va Janubiy Afrikada biometallurgiyaning muvaffaqiyatli sanoat tajribalari tahlil qilinadi. Bundan tashqari, mikroorganizmlarni genetik modifikatsiya qilish orqali ularning samaradorligini va barqarorligini oshirish imkoniyatlari ko'rib chiqiladi. Maqolada biotexnologiyalarni ekologik jihatdan barqaror metallurgiya sanoatiga integratsiyalash, ifloslangan hududlarni rekultivatsiya qilishda qo'llash va chiqindisiz texnologiyalarga o'tish istiqbollari ham muhim o'rin egallaydi.

Kalit so‘zlar: biotexnologiya, metallurgiya, biogidrometallurgiya, bioleaching, biooksidlov, mikroorganizmlar, ekologik xavfsizlik, kam sifatli rudalar, metall ajratish, barqaror rivojlanish.

Аннотация : В данной статье рассматриваются современные направления применения биотехнологий в металлургии, в частности методы биогидрометаллургии, такие как биообогащение и биоокисление руд с использованием микроорганизмов. Отмечается, что биотехнологические методы добычи металлов, по сравнению с традиционными пирометаллургическими и гидрометаллургическими подходами, обладают рядом преимуществ: экологическая безопасность, энергоэффективность, экономическая целесообразность при переработке бедных и труднообогатимых руд. Особое внимание уделено роли бактерий — *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans* и других — в процессах окисления сульфидных минералов и извлечения таких металлов, как медь, золото, никель и цинк. Также проанализированы успешные примеры промышленного применения биометаллургии в различных странах мира, включая Чили, Канаду, США и ЮАР. Подчёркивается значение дальнейших научных исследований в области генетической модификации микроорганизмов для повышения их устойчивости и эффективности. В заключении рассматриваются перспективы интеграции биотехнологий в устойчивое развитие металлургической промышленности, в том числе возможность их использования в рекультивации загрязнённых территорий и переходе к безотходному производству.

Ключевые слова: биотехнология, металлургия, биогидрометаллургия, биовыщелачивание, биоокисление, микроорганизмы, экологическая безопасность, бедные руды, извлечение металлов, устойчивое развитие.

KIRISH

Metallurgiya sanoati zamonaviy iqtisodiyotda muhim o‘rin egallab, turli metallarni qazib olish, boyitish va qayta ishlash orqali mashinasozlik, energetika,

qurilish, elektronika kabi ko‘plab sohalarning rivojlanishiga xizmat qiladi. Ammo an’anaviy metallurgik texnologiyalar — pirometallurgiya va gidrometallurgiya — yuqori energiya sarfi, ekologik ifloslanish va kam sifatli rudalarning cheklangan qayta ishlanishi bilan bog‘liq. So‘nggi yillarda sanoatda barqaror rivojlanishga erishish, energiya tejash va atrof-muhitni muhofaza qilish maqsadida ekologik toza, innovatsion texnologiyalarni joriy etish zaruriyati ortib bormoqda. Shunday ilg‘or yo‘nalishlardan biri bu — biotexnologiyalardan metallurgiyada foydalanish, ya’ni biometallurgiya hisoblanadi. Bu yo‘nalish rudalardan metallarni ajratib olishda mikroorganizmlarning metabolik faolligidan foydalanishga asoslanadi. Ushbu maqolada biotexnologiya metallurgiya sohasidagi o‘rni, bioleaching va biooksidlov kabi biogidrometallurgik usullarining afzalliklari, amaliy qo‘llanilishi hamda kelgusidagi istiqbollari tahlil qilinadi.

BIOTEXNOLOGIYANING METALLURGIYADAGI AHAMIYATI

Metallurgiya sanoati metallarni qazib olish va qayta ishlash orqali ko‘plab sanoat tarmoqlarining rivojlanishini ta’minlaydi. An’anaviy metallurgiya usullari — pirometallurgiya va gidrometallurgiya — yuqori haroratlarda ishlashni talab qiladi, shuningdek, katta miqdorda energiya sarflaydi va atrof-muhitga zarar yetkazishi

mumkin. Ayniqsa, past sifatli va murakkab kimyoviy tarkibga ega rudalarni qayta ishlashda bu usullar samaradorligini yo‘qotadi. Biotexnologiya sohasidagi yutuqlar metallurgiyada yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Bu jarayonda mikroorganizmlar, asosan, turli turdagi bakteriyalar va archaebakteriyalar, rudalardagi metallarni biokimyoviy jarayonlar yordamida eruvchan shaklga keltiradi. Ushbu jarayon “biometallurgiya” deb ataladi va quyidagi asosiy yo‘nalishlarga bo‘linadi:

- Bioleaching (bioajratish): Mikroorganizmlar rudalardagi metall birikmalarini oksidlaydi, natijada metallar suvda eriydigan shaklga o‘tadi. Bu usul ayniqsa mis, oltin, uran va nikel kabi metallarni qazib olishda qo‘llaniladi.

• Biooksidlov: Bu jarayon rudalarning kimyoviy tarkibini o'zgartirib, ularni keyingi metallurgik jarayonlarga tayyorlashda yordam beradi. Shu tariqa metall ajratish samaradorligi oshadi. Biotexnologiyaning metallurgiyadagi ahamiyati bir nechta jihatlardan namoyon bo'ladi:

1. Atrof-muhitga ta'sirni kamaytirish: An'anaviy usullarda ko'p miqdorda chiqindi gazlar va ifloslanish manbalari paydo bo'lsa, biometallurgiyada jarayonlar tabiiy va ekologik toza bo'lib, zararli chiqindilarni sezilarli darajada kamaytiradi.

2. Energiya samaradorligi: Biotexnologik jarayonlar past harorat va bosimda amalga oshiriladi, bu esa energiya sarfini ancha kamaytiradi.

3. Kam sifatli va murakkab rudalarni qayta ishlash: Ko'plab konlarda mavjud bo'lgan past sifatli rudalar an'anaviy metallurgik usullarda samarali qayta ishlanmaydi. Biotexnologiya esa bunday rudalarni qayta ishlash imkonini beradi, natijada tabiiy resurslardan yanada samarali foydalanish ta'minlanadi.

4. Iqtisodiy samaradorlik: Kam energiya sarfi va murakkab texnologik jarayonlarning qisqarishi ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi, bu esa biometallurgiyani sanoat uchun iqtisodiy jihatdan jozibador qiladi.

5. Sanoatda keng qo'llanilishi: Biotexnologiya metallarni qazib olish, chiqindilarni qayta ishlash, shuningdek, atrof-muhitni tiklashda ham qo'llanilmoqda. Bu sohada yangi tadqiqotlar va innovatsiyalar jarayonga yanada keng tatbiq etilishiga imkon beradi. Shu bilan birga, biotexnologik usullar o'ziga xos cheklovlarga ham ega. Masalan, jarayonlar sekinroq kechadi va ba'zan ularning samaradorligi rudaning xususiyatlariga bog'liq bo'ladi. Shu sababli, mikroorganizmlarning biologik faolligini oshirish, ularni moslashtirish uchun genetik tadqiqotlar olib borilmoqda.

AMALIY QO'LLANILISH HOLATLARI

Biotexnologik usullar metallurgiya sanoatida tobora kengroq qo'llanilmoqda va ko'plab mamlakatlarda muvaffaqiyatli sanoat loyihalari amalga oshirilmoqda. Ayniqsa, bioleaching texnologiyasi past sifatli sulfidli rudalardan metallarni ajratib olishda muhim o'rin tutadi.

Chili

Chili dunyoda mis ishlab chiqarishda yetakchi davlatlardan biri bo'lib, uning sanoatida biometallurgiya texnologiyalari keng qo'llaniladi. Misning bioajratilishi – bioleaching – yer osti konlarida va ochiq konlarda samarali tarzda amalga oshirilmoqda. Bu texnologiya an'anaviy pirometallurgik usullarga qaraganda arzon va ekologik jihatdan xavfsizdir. Chili kompaniyalari bioleachingdan foydalanib, past sifatli rudalarni ham iqtisodiy jihatdan foydali qilib qayta ishlashga muvaffaq bo'lmoqda.

Janubiy Afrika Respublikasi

Janubiy Afrikada oltin qazib olish sanoatida biooksidlov jarayoni keng qo'llaniladi. Bu jarayon murakkab tarkibli rudalardan oltinni ajratib olishni osonlashtiradi va samaradorligini oshiradi. Biotexnologiya tufayli ko'plab eski konlar qayta ishga tushirilib, yangi resurslar olinmoqda.

AQSh va Kanada

AQSh va Kanada mamlakatlarida biotexnologik usullar asosan uran, nikel va boshqa strategik metallarni qazib olishda ishlatilmoqda. Bu mamlakatlarda biometallurgiya texnologiyalari sanoat jarayonlariga muvaffaqiyatli integratsiyalashgan bo'lib, ekologik standartlarga muvofiq ishlab chiqilgan. Mikroorganizmlarning biologik faolligini oshirish uchun genetik tadqiqotlar olib borilmoqda, bu esa jarayonlarning samaradorligini yanada oshirish imkonini beradi.

Xitoy va Avstraliya

Xitoy va Avstraliya ham biotexnologiyalarni metallurgiya sohasida faol rivojlantirmoqda. Ayniqsa, Avstraliyada turli turdagi rudalarni bioajratish texnologiyalari keng tatbiq qilinmoqda. Bu mamlakatlarda biometallurgiya sohasida ilmiy-tadqiqot ishlari va sanoat loyihalari muvofiqlikda olib borilmoqda.

BIOTEXNOLOGIYANING AFZALLIKLARI

Biotexnologik yondashuvlar metallurgiya sohasida bir qator muhim afzalliklarni taqdim etadi, bu esa ularni an'anaviy texnologiyalarga nisbatan jozibador qiladi. Quyida biotexnologiyaning metallurgiyadagi asosiy ustunliklari keltirilgan:

3.1. Ekologik xavfsizlik

An'anaviy metallurgik usullarda yuqori haroratlar, kimyoviy moddalarning ko'p miqdorda qo'llanilishi va chiqindilar hosil bo'lishi atrof-muhitning zarar ko'rishiga olib keladi. Biotexnologiya esa tabiiy mikroorganizmlardan foydalanganligi sababli jarayonlar ekologik toza va xavfsizdir. Ular chiqindi gazlar va zaharli moddalar chiqarishni sezilarli darajada kamaytiradi, shuningdek, yer va suv resurslarining ifloslanishini oldini oladi.

3.2. Energiya samaradorligi

Biotexnologik jarayonlar past harorat va bosimda amalga oshiriladi. Bu esa an'anaviy metallurgik jarayonlarga nisbatan energiya sarfini sezilarli darajada kamaytiradi. Energiya tejash esa ishlab chiqarish xarajatlarini pasaytiradi va sanoatning barqarorligini oshiradi.

3.3. Kam sifatli rudalarni qayta ishlash imkoniyati

Ko'plab konlarda mavjud bo'lgan past sifatli va murakkab tarkibli rudalarni an'anaviy texnologiyalar bilan samarali qayta ishlash qiyin yoki iqtisodiy jihatdan foydasiz hisoblanadi. Biotexnologiya esa mikroorganizmlar yordamida bunday rudalardan ham yuqori darajada metall ajratib olish imkonini beradi. Bu esa tabiiy resurslardan yanada samarali foydalanish imkoniyatini yaratadi va konlarning ishlash muddatini uzaytiradi.

KELAJAK ISTIQBOLLARI

Biotexnologiyalarning metallurgiya sohasidagi rivojlanishi tez sur'atlar bilan davom etmoqda va bu yo'nalishda katta istiqbollar mavjud. Kelajakda biotexnologiyaning metallurgiyaga ta'siri yanada kuchayib, sanoat jarayonlarini

yanada samarali, ekologik xavfsiz va iqtisodiy jihatdan foydali qilish imkonini beradi. Quyida ushbu istiqbollari asosiy jihatlari bayon etilgan:

4.1. Genetik modifikatsiyalangan mikroorganizmlar yaratish

Zamonaviy molekulyar biologiya va genetik muhandislik usullari yordamida mikroorganizmlarning faolligi va chidamliligi oshirilmoqda. Bu mikroorganizmlar qattiq kimyoviy va fizika-kimyoviy sharoitlarga moslashgan holda ishlay oladi va rudalardan metall ajratishda an'anaviy turlariga nisbatan yuqori samaradorlik ko'rsatadi. Genetik modifikatsiya metallurgik jarayonlarning tezlashuvi va samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

4.2. Yer osti bioleaching texnologiyalari

Yaqin kelajakda yer osti konlarida bevosita bioleaching texnologiyasini qo'llash orqali konlarni qazib olish jarayonlarini soddalashtirish va xarajatlarni kamaytirish rejalashtirilmoqda. Bu texnologiya sayyoradagi murakkab va chuqur konlarni samarali ishlatish imkonini beradi.

4.3. Chiqindisiz sanoat tizimlari yaratish

Biotexnologiyalar asosida chiqindisiz yoki minimal chiqindili sanoat jarayonlarini yaratish istiqbollari mavjud. Mikroorganizmlar yordamida chiqindi materiallarini qayta ishlash va ifloslanishni kamaytirish metallurgiya sohasida atrof-muhitni muhofaza qilishni sezilarli darajada yaxshilaydi.

4.4. Atrof-muhitni tiklash va rekultivatsiya

Biotexnologiyalar yordamida sanoat chiqindilari bilan ifloslangan yerlarda mikroorganizmlar yordamida tabiiy muhitni tiklash – rekultivatsiya jarayonlari samarali amalga oshirilmoqda. Bu yo'nalish metallurgiya sanoatining ekologik barqarorligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega.

4.5. Integratsiyalashgan texnologiyalar rivoji

Kelajakda biotexnologiyalar an'anaviy metallurgiya usullari bilan integratsiyalashgan holda qo'llanilib, jarayonlarning samaradorligi oshiriladi. Bunday yondashuvlar kompleks texnologik yechimlarni ishlab chiqishga va ishlab chiqarish sifatini yaxshilashga yordam beradi. Biotexnologiyaning metallurgiyadagi istiqbollari

sanoat jarayonlarini nafaqat yanada samarali, balki atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan holga keltirishga qaratilgan. Bu esa metallurgiya sohasining barqaror rivojlanishi va kelajak avlodlar uchun sog'lom muhit yaratishda muhim omil bo'lib xizmat qiladi.

XULOSA

Biotexnologiyalar metallurgiya sohasida inqilobiy o'zgarishlarni amalga oshirishda muhim ahamiyatga ega. Ular an'anaviy texnologiyalarga nisbatan ekologik toza, energiya tejovchi va samarali usullarni taqdim etadi. Biometallurgiya yordamida past sifatli va murakkab tarkibli rudalarni qayta ishlash imkoniyati kengayib, tabiiy resurslardan yanada oqilona foydalanish ta'minlanadi. Dunyo bo'ylab ko'plab mamlakatlarda biotexnologiyalar sanoat jarayonlariga muvaffaqiyatli tatbiq qilinmoqda, bu esa iqtisodiy samaradorlik va atrof-muhitni muhofaza qilishda katta yutuqlarga olib kelmoqda. Kelajakda genetik modifikatsiyalangan mikroorganizmlar va yangi texnologiyalar yordamida biometallurgiyaning samaradorligi yanada oshadi, chiqindilarni kamaytirish va sanoatning barqaror rivojlanishi ta'minlanadi. Shunday qilib, biotexnologiyalar metallurgiya sohasining kelajagi sifatida ko'rilmoqda va ularning rivojlanishi global sanoat va ekologik muammolarni hal qilishda muhim vosita bo'ladi.

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR

1. Alimov, O. (2020). Biotexnologiya va uning metallurgiyadagi qo'llanilishi. Toshkent: O'zbekiston Fanlar Akademiyasi Nashriyoti.
2. Smith, J., & Brown, L. (2018). Biotechnology in Metallurgy: Advances and Applications. New York: Springer.
3. Санакулов К.С Сагдиева М.Г Тагаев И.А. Биотехнологические процессы металлургии (Биогидрометаллургия) Ташкент 2019
4. Karimova, M. (2021). "Biometallurgiya texnologiyalari va ularning iqtisodiy samaradorligi," O'zbekistonda Sanoat, 12(4), 45-52.

5. Li, H., & Zhao, W. (2022). “Genetically Modified Microorganisms in Bioleaching,” *Biotechnology Advances*, 40, 107530.
6. World Bank Report (2020). *Sustainable Mining and Biotechnology*. Washington D.C.: The World Bank.
7. Ergashev, T. (2019). *Metallurgiyada innovatsion biotexnologiyalar*. Toshkent: Fan va Texnologiya.
8. B.T. Berdiyarov, Sh.T.Hojiyev, S.T.Matkarimov, S.Q.Nosirxo‘jayev *Metallurgiyada biotexnologik jarayonlar* Toshkent 2022
9. Nasr, M., & Ahmed, S. (2021). “Application of Microbial Biotechnology in Metal Processing,” *Journal of Cleaner Production*, 280, 12446