

## RUDADAN TEMIRNI BIOGIDROMETALLURGIK USULDA AJRATIB OLISH

**Saidova Malika  
Sayfullayevna,**

Toshkent davlat texnika universiteti  
“Metallurgiya” kafedrası dotsenti

**Beknazarova Gulnoza  
Berdiyoz qizi,**

Toshkent davlat texnika universiteti  
“Metallurgiya” kafedrası katta o‘qituvchisi

**Bektamishov Quvonchbek  
G‘ayrat o‘g‘li,**

Toshkent davlat texnika  
universitetitalabasi

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada temirni rudadan biogidrometallurgik usulda ajratib olish texnologiyasi ko‘rib chiqilgan. Jarayon anaerob bakteriyalar yordamida temirning noeruvchan  $Fe^{3+}$  shaklini eruvchan  $Fe^{2+}$  shaklga aylantirishga asoslangan. Bakteriyalar organik moddalar metabolizmi natijasida karbonat angidrid hosil qilib, eritmadagi temirning eruvchanligini oshiradi. Maqolada karbonat angidridni eritmada ushlab turish orqali temirni yuqori samaradorlik bilan eritmaga o‘tkazish va eritmani tozalash bosqichlari haqida ma‘lumot berilgan. Elektroliz yordamida metall temirni eritmadan ajratib olish usuli ham o‘rganilgan. Ushbu texnologiya an‘anaviy yuqori haroratli usullarga nisbatan ekologik xavfsizroq va energiyani tejaydi, ammo jarayonning sekinligi va qo‘shimcha xarajatlar iqtisodiy samaradorlikka ta‘sir ko‘rsatadi. Bu maqola biogidrometallurgik usulni sanoat miqyosida qo‘llash imkoniyatlarini ko‘rsatib, past sifatli rudalar va chiqindilarni qayta ishlashda yangi imkoniyatlar yaratadi.

**Kalit soʻzlar:** Biogidrometallurgiya, anaerob bakteriyalar, temirni eritmaga oʻtkazish,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ , karbonat anhidrid, elektroliz, energiya tejamkorligi, ekologik xavfsizlik, past sifatli rudalar.

**Kirish.** Metallurgiya sanoatida rudadan metallarni ajratib olishning innovatsion usullarini ishlab chiqish zamonaviy ilm-fan va texnologiyaning asosiy yoʻnalishlaridan biri hisoblanadi. Hozirgi kunda anʼanaviy temir ishlab chiqarish jarayonlarida yuqori energiya sarfi va koʻplab zararli gazlar ajralishi atrof-muhitga salbiy taʼsir koʻrsatmoqda. Xususan, Xalqaro energiya agentligi (IEA) maʼlumotlariga koʻra, 2022-yilda bir tonna poʻlat ishlab chiqarishdan oʻrtacha 1.41 tonna CO<sub>2</sub> gazlari ajralgan. Bu raqamning oʻzi ushbu jarayonni yanada ekologik jihatdan samarali qilish uchun yangi texnologiyalarni joriy etish zarurligini koʻrsatib turibdi. Shunday qilib, temirni ishlab chiqarish jarayonlarida energiya samaradorligini oshirish va ekologik zararlarni kamaytirish uchun innovatsion texnologiyalarni rivojlantirish juda muhim.

Biogidrometallurgiya usuli rudadan temirni past haroratlarda va ekologik xavfsiz sharoitlarda ajratib olish imkoniyatini taqdim etadi. Bu usulda biologik va kimyoviy jarayonlar birgalikda ishlaydi, bu esa temirni yuqori samaradorlik bilan ajratib olishni taʼminlaydi. Biogidrometallurgiya usuli, shuningdek, zararli chiqindilarni kamaytirish va ishlab chiqarish jarayonining ekologik xavfsizligini oshirish imkonini beradi. Ushbu texnologiya rivojlanish bosqichida boʻlsa-da, u sanoat miqyosida joriy etish uchun katta potensialga ega.

Maqolada rudadan temirni biogidrometallurgik usulda ajratib olish jarayonlarining nazariy va amaliy jihatlarini keng qamrovda yoritiladi. Ushbu jarayonning samaradorligini oshirish uchun amalga oshirilgan tadqiqotlar va tajribalar haqida maʼlumot beriladi. Shuningdek, biogidrometallurgiya usulining ekologik va iqtisodiy jihatlarini ham tahlil qilinadi. Bu texnologiyaning keng qoʻllanilishi sanoatdagi energiya sarfini kamaytirishga va atrof-muhitga zarar yetkazmasdan yuqori sifatli temir ishlab chiqarishga imkon beradi. Maqolada

shuningdek, ushbu texnologiyaning sanoat miqyosida qo'llanishi va ishlab chiqarish jarayonlarini yanada takomillashtirish imkoniyatlari ham muhokama qilinadi.

**Adabiyotlar tahlili.** Gidrometallurgik jarayonlar metallarni rudalardan eritmalar yordamida ajratib olishning zamonaviy usullaridan biridir. Ushbu usullar kimyoviy va elektrokimyoviy jarayonlarga asoslangan bo'lib, metallarni yuqori haroratda amalga oshiriladigan pirometallurgik usullarga nisbatan past harorat va energiya sarfi bilan ajratish imkonini beradi. Gidrometallurgiya mis, oltin, kumush, uran, nikel va boshqa ko'plab metallarni ajratish uchun keng qo'llaniladi. Gidrometallurgik yondashuv ekologik jihatdan katta afzalliklarga ega, chunki metallarni tanlab eritib olish va qayta ishlash an'anaviy yuqori haroratli pirometallurgik usullarga qaraganda ancha kam zararli chiqindilarni hosil qiladi. Biroq, ilgari temirni gidrometallurgik usulda qayta olish mumkinligi haqida o'ylab ko'rilmagan. Bu temir oksidlarini qayta ishlash mis oksidlarini qayta olishga o'xshash usulda amalga oshirilishi kerak degan fikrga asoslangan edi. Mis oksidlarini eritish uchun sulfat yoki xlorid kabi kuchli kislotalar ishlatiladi. Temirni eritishda esa reagentlarning katta miqdorda sarflanishi va eritmaning yuqori kislotali bo'lishi natijasida elektroliz jarayoni murakkablashadi va amaliy jihatdan qiyinlashadi.

Temirni kamaytiruvchi bakteriyalar organik moddalar manbai sifatida turli birikmalarni, jumladan, asetat[1], fulvik kislotalar, eritilgan organik birikmalar va gumik kislotalarni[2] ishlata oladi. Turli xil temirli minerallar  $Fe^{+3}$  manbai bo'lib xizmat qiladi, ulardan magnetit ( $Fe_3O_4$ ) eng kam tiklash talab qilinadigan manbadir (shu bilan birga  $FeO \cdot Fe_2O_3$  shaklida yozilishi mumkin). Asetatni parchalab, magnetitni erituvchi bakteriyalar uchun asosiy kimyoviy reaksiya quyidagicha ifodalanadi:



**Asosiy qism.** Hozirgi kunda temirni rudadan ishlab chiqarish uchun yuqori haroratlarda talab qilinadi ( $1500^\circ C$  gacha), bu esa pirometallurgik usul orqali amalga

oshiriladi. Ushbu usulda ko‘pincha ko‘mir kabi yoqilg‘ilarni yoqish orqali zarur haroratga erishiladi, bu esa temir oksidini metall temirga aylantirish uchun zarur. Biroq, bu jarayon atrof-muhitga zararli bo‘lib, juda katta miqdorda energiya sarfini talab qiladi. Agar temirni gidrometallurgik usulda ishlab chiqarish mumkin bo‘lsa, ya‘ni temir rudadan eritilib, elektroliz orqali qayta tiklansa, energiya samaradorligini oshirish va chiqindilarni kamaytirish mumkin bo‘ladi.

Gidrometallurgik usulda temirni ajratish jarayonida bir qator qiyinchiliklar mavjud:

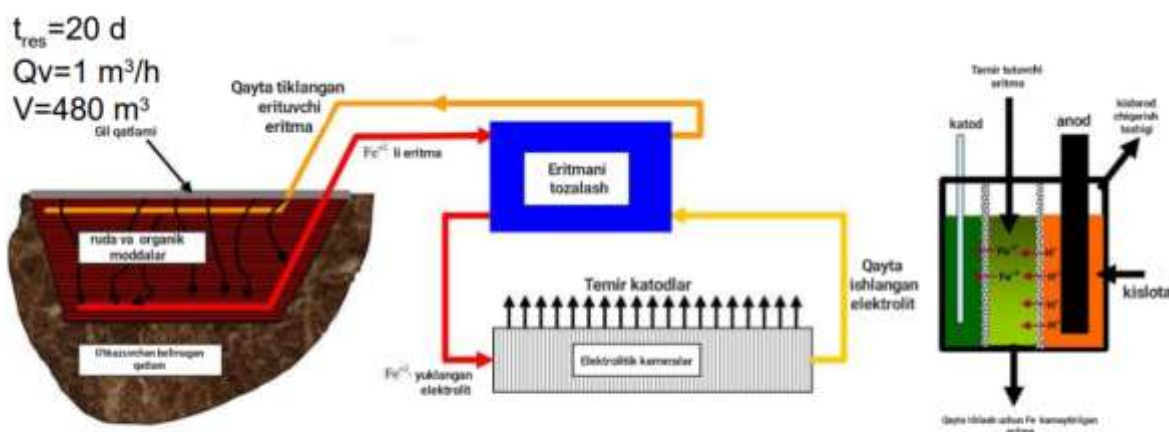
1.  $Fe^{+3}$  holatidagi temirni eritish uchun juda kislotali eritma (pH 1-2) kerak, bu esa ko‘p kislotaning sarflanishiga olib keladi.
2.  $Fe^{3+}$  ni elektroliz qilish samarali bo‘lmaydi, chunki avval  $Fe^{3+}$  ionini  $Fe^{2+}$  holatiga aylantirish kerak bo‘ladi. Bu qo‘shimcha kimyoviy reaksiya energiya sarfini oshiradi. Shuningdek,  $Fe^{3+}$  ni  $Fe^{2+}$  ga aylantirish jarayonida vodorod ( $H_2$ ) gazining hosil bo‘lishi ortadi. Vodorodning hosil bo‘lishi jarayon samaradorligini pasaytiradi, chunki bu o‘z o‘rnida kerakli temirni olishning samaradorligini kamaytiradi.

Bularni hal qilish uchun temirni  $Fe^{+2}$  holatida eritish ko‘proq samarali bo‘ladi.  $Fe^{+2}$  ioni hosil qilgan tuzlari  $Fe^{+3}$  ioni hosil qilgan tuzlariga qaraganda ko‘proq eruvchan bo‘lib, ular yengil kislotali muhitda ham osongina eriydi. Bundan tashqari,  $Fe^{+2}$  holatidagi temirni elektroliz qilish jarayoni samaraliroq, chunki bu holatdagi temirni metall temirga aylantirish uchun faqat ikki elektron kerak bo‘ladi.

Adabiyotlarga ko‘ra temirni gidrometallurgik usulda ajratish jarayoni uch bosqichga bo‘lingan:

1. Bakteriyalar yordamida temirni eritish: Anaerob bakteriyalar  $Fe^{+3}$  ni  $Fe^{+2}$  ga aylantiradi, bu jarayon kislorodsiz sharoitda amalga oshadi. Bakteriyalar organik moddalarni parchalash orqali uglerod dioksidini ishlab chiqaradi va shu bilan temirni eritadi.
2.  $Fe^{+2}$  eritmasini tozalash.  $Fe^{+2}$  eritmasi karbonat shaklida ( $FeCO_3$ ) ajralib chiqadi, bu esa temirni tozalash va ajratishni osonlashtiradi.

3. Temirni elektroliz qilish: Tozalangan  $Fe^{2+}$  eritmasi elektroliz orqali metall temirga aylantiriladi.  $Fe^{2+}$  ion eritmalaridan, anion sifatida asetat ishlatib, muvaffaqiyatli temirni elektroliz orqali joylashtirish amalga oshirildi. Asetat — bu anaerob bakteriyalar uchun oziqa manbai bo‘lib, eritmalarini qayta ishlashda toksiklik muammolari yuzaga kelmaydi.



Shunday qilib, an'anaviy usullarda temir ishlab chiqarish uchun jami 24,310 MJ/ton energiya sarf qilinadi. Biogidrometallurgik usulda esa energiya sarfi 22,229 MJ/ton deb baholangan, bu domna pechiga nisbatan har bir tonna temir uchun 2,080 MJ energiyani tejash imkonini beradi[3].

**Xulosa.** Tadqiqot natijalariga ko‘ra, temirni biogidrometallurgik usulda ajratib olish va uni elektroliz jarayoni orqali metall shaklida qayta tiklash texnologik jihatdan muvaffaqiyatli amalga oshirilishi mumkinligi isbotlandi. Ushbu jarayonda anaerob bakteriyalar temirni  $Fe^{3+}$  ionidan  $Fe^{2+}$  ioniga kamaytirib, uni eritmada saqlashga yordam beradi. Shu bilan birga, eritma ichidagi karbonat angidridning yuqori konsentratsiyasi temirning eritmada yuqori darajada eruvchanligini ta'minlaydi, bu esa jarayon samaradorligini oshiruvchi muhim omil sifatida e'tirof etildi. Tadqiqot eritmani organik qoldiqlardan tozalash va temirni ajratib olish uchun optimallashtirilgan jarayonlarni aniqladi. Karbonat angidridni eritmada chiqarib

yuborish orqali temir karbonat shaklida choʻkma hosil qilish va uni elektroliz jarayonida qayta eritib, metallik temir olish eng samarali usul sifatida aniqlangan. Organik moddalarning eritmadan chiqarilishi elektroliz jarayonida hosil boʻladigan qora jelatinli qoldiqlarni kamaytirishga yordam beradi, bu esa umumiy jarayonni ancha tozalaydi va samaradorligini oshiradi. Tadqiqot ekologik va iqtisodiy jihatdan yuqori samaradorlikka ega texnologiyani taklif qiladi. Ushbu texnologiya past sifatli rudalarni qayta ishlash uchun ham qoʻllanilishi mumkin, bu esa mavjud konlardan foydalanish muddatini uzaytirishga va uzoq muddatli iqtisodiy samaradorlikka olib keladi. Xususan, eski kon maydonlaridan foydalanib, biogidrometallurgik jarayon orqali temirni uzoq yillar davomida ajratib olish imkoniyati, mavjud ishlab chiqarish jarayonlariga iqtisodiy qoʻshimcha sifatida xizmat qilishi mumkin.

Kelajakda ushbu biogidrometallurgik texnologiya sanoat miqyosida temir ishlab chiqarishni tashkil qilishda atrof-muhitga zarar yetkazmasdan energiya tejamkor va innovatsion yechim boʻlib xizmat qilishi kutilmoqda. Ushbu jarayon pirometallurgik usullarga qaraganda ancha ekologik toza va energiyani kamroq talab qiladi, bu esa uni zamonaviy temir ishlab chiqarishning kelajagi sifatida koʻrsatmoqda.

### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Lovley, D. R. (2000) "Fe(III) and Mn(IV) Reduction", Environmental Microbe-Metal Interactions, American Society for Microbiology, Washington, DC, pp. 3-30
2. Petruzzelli, L., Celi, L., and Ajmone-Marsan, F. (2005) "Effects of Soil Organic Fractions on Iron Oxide Biodissolution Under Anaerobic Conditions", Soil Science, Vol. 170, No. 2, pp. 102-109
3. T. C. Eisele (2005). Direct Biohydrometallurgical Extraction of Iron from Ore. Final Technical Report (No. INIS-US--0697). Michigan Technological University (United States). Funding organisation: US Department of Energy (United States), pp. 3-4
4. Khojiyev Sh.,T., Aribdjonova D. E., Yusupkhodjayev A.A., Beknazarova G.,B.Depletion of Slag from Almalyk Cooper Plant with Aluminium Containing

Waste, International Journal of innovative Technologi and Exploing Njgineering,  
December 2019

5. Юсупходжаев А.А., Арибжонова Д.Е., Бекназарова Г.Б. Восстановительные процессы в металлургии, Монография
6. Арибжонова Д.Е., Саидова М.С., Бекназарова Г.Б.: Исследование автоматизации металлургических процессов и способов достижения энергетической эффективности и обеспечения экологической безопасности- Сборник материалов научно-практической конференции Беларусь-Узбекистан: формирование рынка инновационной продукции: Белорусско-Узбекский иновационный форум 14-15 марта 2023. 30-31с.
7. Mirzajonova S.B., Muratova M.I., Rakhmatov U.N., Lutfullayevna N.B., Beknazarova G.B. Iron recovery technology from copper processing plants // Metallurgical and Materials Transaction A, 2023.
8. Санакулов К.С, Сагдиева М.Г, Тагаев И.А, Биотехнологические процессы в металлургии (биогидрометаллургия), Ташкент 2019.