TEXNOGEN CHIQINDILARDAN VANADIY, MOLIBDEN VA MISNI AJRATIB OLISH IMKONIYATLARI

Eshonqulov Uchqun Xudaynazar o‘g‘li,
Qarshi davlat texnika universiteti.
Email: uchqun.eshonqulov91@mail.ru
Ro‘ziyev Ulug‘bek Mamarasulovich*,
Qarshi davlat texnika universiteti.
Email: ulugruziyev2@gmail.com
Normo‘minov Uyg‘un Shoymardon o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti.
Email: normuminovuygun53@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada boyitish fabrikalari texnogen chiqindilaridan vanadiy, molibden va mis kabi rangli metallarni ajratib olish imkoniyatlari ilmiy jihatdan o‘rganilgan. Tadqiqotda gidrometallurgik, pirometallurgik va biotexnologik usullar taqqoslab tahlil qilinib, ularning texnologik samaradorligi, ekologik xavfsizligi hamda iqtisodiy afzalliklari aniqlangan. Natijalarga ko‘ra, Na_2CO_3 yoki NaOH asosidagi eritish usuli eng yuqori tiklanish darajasini (95 % gacha) ta’minlagan. Bioeritish texnologiyasi esa past energiya sarfi va minimal chiqindi hosil qilishi bilan ajralib turadi. Tadqiqot sanoat chiqindilarini iqtisodiy resurs sifatida qayta ishlash, resurslardan samarali foydalanish hamda “yopiq aylanish iqtisodiyoti” tamoyillarini amaliyotga joriy etish uchun ilmiy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: texnogen chiqindilar, rangli metallar, gidrometallurgiya, bioeritish, qayta tiklash, ekologik samaradorlik.

Аннотация: В данной статье рассмотрены научные основы извлечения цветных металлов, таких как ванадий, молибден и медь, из техногенных отходов обогатительных фабрик. Проведено сравнительное исследование гидрометаллургических, пирометаллургических и биотехнологических методов с точки зрения их технологической эффективности, экологической безопасности и экономической целесообразности. Установлено, что щелочное выщелачивание с использованием Na_2CO_3 или NaOH обеспечивает наибольшую степень извлечения металлов (до 95 %). Биовыщелачивание отличается низким энергопотреблением и минимальным образованием отходов. Результаты исследования создают научную основу для рационального использования ресурсов и внедрения принципов «замкнутой экономики» при переработке промышленных отходов.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: техногенные отходы, цветные металлы, гидрометаллургия, биовыщелачивание, извлечение, экологическая эффективность.

Abstract: This article investigates the recovery of non-ferrous metals such as vanadium, molybdenum, and copper from beneficiation plant tailings. Hydrometallurgical, pyrometallurgical, and biotechnological methods were analyzed and compared in terms of technological efficiency, environmental safety, and economic feasibility. Results indicate that alkaline leaching using Na_2CO_3 or NaOH provides the highest recovery rate (up to 95%). Bioleaching shows advantages in low energy consumption and minimal waste generation. The research establishes a scientific basis for efficient resource utilization, waste recycling, and implementation of circular economy principles in industrial metallurgy.

Keywords: technogenic waste, non-ferrous metals, hydrometallurgy, bioleaching, recovery, environmental efficiency.

KIRISH.

Global miqyosda sanoat ishlab chiqarishi va xomashyo iste’molining ortib borishi sharoitida tabiiy resurslarning kamayib borishi masalasi tobora dolzarb tus olmoqda. Dunyo miqyosidagi ko‘plab strategik ahamiyatga ega metallar, jumladan, vanadiy va molibden zaxiralari cheklanganligi bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, har yili katta hajmdagi texnogen chiqindilar shakllanib, ularning tarkibida foydalanilmay qolayotgan qimmatli elementlarning ma’lum miqdori mavjud bo‘ladi. Mazkur chiqindilar qayta ishlanmay, poligonlarga yo‘naltirilishi natijasida ekologik yukning ortishiga sabab bo‘lmoqda.

Geologik tadqiqotlar ma’lumotlariga ko‘ra, vanadiy va molibdenning oson qazib olinadigan zaxiralari izchil kamayib bormoqda, birlamchi rudalardagi ushbu elementlarning konsentratsiyasi esa pasaymoqda. Natijada, ularni qazib olish va qayta ishlash xarajatlari ortib, an’anaviy texnologiyalarning iqtisodiy samaradorligi pasayish tendensiyasini ko‘rsatmoqda. Bunday sharoit sanoatni barqaror rivojlantirish tamoyillariga mos ravishda “yopiq aylanish” tizimiga o‘tishni jadallashtirmoqda. Mazkur yondashuvda ishlab chiqarish chiqindilari ekologik yuk sifatida emas, balki ikkilamchi xomashyo manbai sifatida qaraladi.

Metallurgiya shlaklari, kul, ishlatilgan katalizatorlar hamda texnologik loylar kabi ikkilamchi resurslarni kompleks qayta ishlash strategik ahamiyatga ega metallarni ishlab chiqarish jarayoniga qaytarish imkonini beradi. Shu bilan birga, sanoat chiqindilari hajmining qisqarishiga xizmat qiladi. Bunday yondashuv ikki muhim masalani bir vaqtning o‘zida hal etadi: resurslar barqarorligini ta’minlash hamda ekologik xavflarni kamaytirish.

ISSN 3030-3907

Vanadiy va molibden turli sanoat tarmoqlarida keng qo‘llaniladigan strategik metallar qatoriga kiradi. Ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari metallurgiya, kimyo va energetika sohalarida, shuningdek iqtisodiyotning yuqori texnologiyali yo‘nalishlarida ular o‘rnini beqiyos qiladi.

Vanadiy va molibden zamonaviy sanoatning turli segmentlarida keng qo‘llaniladigan, strategik ahamiyatga ega bo‘lgan metallardan hisoblanadi. Ushbu elementlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari, xususan, yuqori mustahkamlikka erishishdagi roli, korroziyaga chidamlilikni oshirish hamda termal barqarorlikni ta’minlash qobiliyati ularni metallurgiya, kimyo texnologiyalari, energiya ishlab chiqarish va ilg‘or materiallar yaratishga oid sohalar uchun muhim resursga aylantiradi.

METOD VA METADOLOGIYA.

Avval ta’kidlanganidek, vanadiy ishlab chiqarish bilan bog‘liq texnogen chiqindilar tarkibiga shlamlar, kul, shlaklar va boshqa qattiq qoldiqlar kiradi. Ushbu materiallar vanadiy, molibden, temir, alyuminiy va boshqa elementlarning oksid shakllarini o‘zida mujassam etgan bo‘lib, ularning miqdori ishlatilgan texnologiya xususiyatlari va dastlabki xomashyoning mineralogik tarkibiga qarab sezilarli darajada farqlanishi mumkin. Bunday murakkab chiqindilardan vanadiyni ajratib olish uchun bir nechta asosiy texnologik yondashuvlar qo‘llaniladi.

Gidrometallurgik usullar — vanadiy olishning eng samarali yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, ular ishqoriy yoki kislotali eritmalar yordamida metallni eruvchan shaklga o‘tkazishga asoslanadi. Masalan, natriy gidroksid (NaOH) yoki kaliy gidroksid (KOH) eritmalari vanadiyga boy shlaklarni qayta ishlashda yuqori samaradorlik ko‘rsatadi. Shuningdek, sulfat kislota (H_2SO_4)ning 45–50 g/L konsentratsiyada qo‘llanishi, materialning 0,1 mm gacha maydalanishi bilan birgalikda, vanadiyni eritmaga o‘tish darajasini sezilarli oshirishi ilmiy tadqiqotlar orqali tasdiqlangan. Mazkur yondashuv vanadiyning yuqori eruvchanlik darajasiga erishish imkonini berib, qayta ishlash jarayonining umumiy samaradorligini oshiradi.

Bir bosqichli eritmalash uchun eng maqbul sharoitlar sifatida 300 g/l azot kislotasi, 100 g/l sulfat kislotasi, 90 °C harorat va 2 soatlik jarayon davomiyligi aniqlangan bo‘lib, ushbu parametrlar ostida molibdenning 96,2 % gacha bo‘lgan ajralish darajasi qayd etilgan. Ikki bosqichli qarshi oqim sxemasida esa eritma qoldiq kislotasi va oksidlanish-qaytarilish potensiali pasaytirilgan sharoitda 92,3 % tiklanish darajasi ta’minlangan.

Keyingi ekstraksiyalash bosqichi eritma tarkibiga mos ravishda molibdenge xos ekstragent hamda suyultiruvchi Elixore 205 yordamida optimallashtirilgan.

ISSN 3030-3907

Yakuniy mahsulot sifatida tarkibida 44,83 % molibden bo‘lgan sanoat talablari darajasidagi kaltsiy molibdat olingan.

Mazkur tadqiqot mis-molibden rudalaridan bozor talablariga mos kaltsiy molibdat ishlab chiqarishning yuqori samarali texnologik yechimini taklif etib, molibdenni yuqori darajada tiklash, kislota sarfini kamaytirish va zararli emissiyalarni minimumga tushirish imkonini berishini ko‘rsatdi.

Pirometallurgik usullar vanadiyga boy texnogen xomashyolarni qayta ishlashda qo‘llaniladigan muhim yo‘nalishlardan bo‘lib, ular qovurish va eritish jarayonlariga asoslanadi. Masalan, shlaklarni ishqoriy qo‘shimchalar bilan 930–950 °C haroratda qovurish vanadiyning eruvchan shakllarga o‘tishini ta’minlaydi va uni dastlabki bosqichda ma’lum darajada konsentratsiyalash imkonini beradi. Biroq ushbu usullar yuqori energiya sarfi bilan xarakterlanadi, bu esa jarayonning umumiy iqtisodiy samaradorligini cheklab qo‘yadi. Shu sababli pirometallurgik ishlov ko‘pincha faqat boshlang‘ich kontsentratsiyalash bosqichida qo‘llanadi.

Sorbsiya texnologiyalari eritmalarda mavjud vanadiyni ajratib olish uchun qo‘llaniladigan samarali yondashuvlardan biri hisoblanadi. Ion-almashinish smolalari yoki maxsus sorbentlar yordamida past konsentratsiyadagi eritmalardan ham vanadiyni yuqori darajada tiklash mumkin. Ushbu texnologiya gidrometallurgik jarayonlarning yakuniy tozalash bosqichlarida va suyultirilgan chiqindi oqimlarini qayta ishlashda ayniqsa afzal bo‘lib, eritmalarni tozalash jarayonini barqarorlashtiradi hamda metall yo‘qotilishini kamaytiradi.

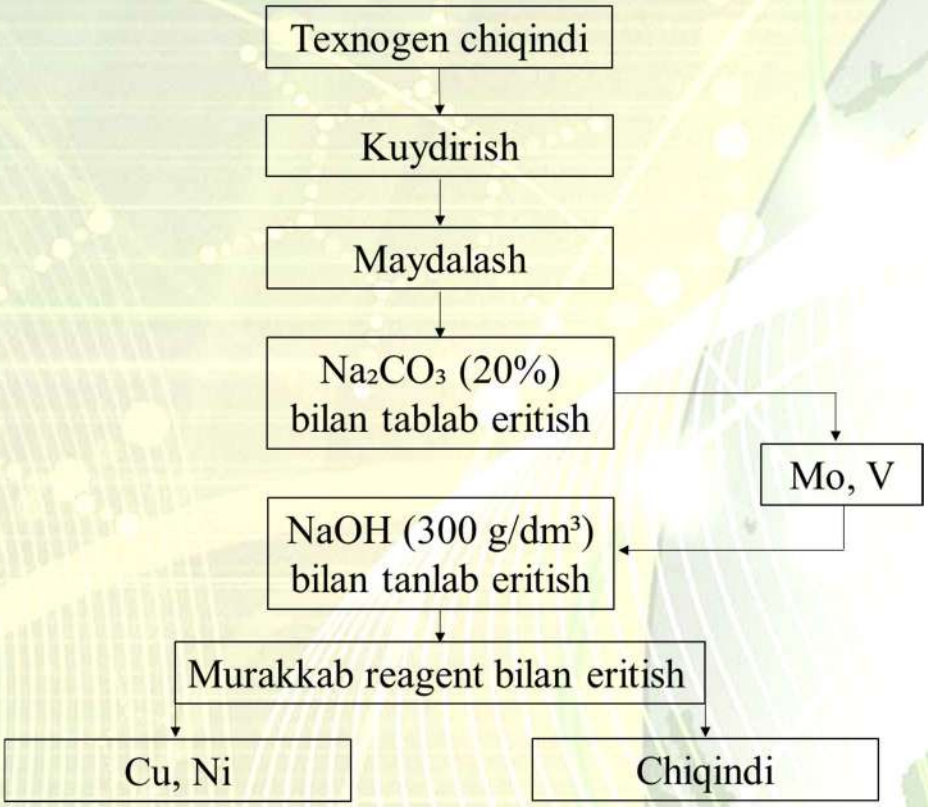
Texnogen chiqindilardan molibden ajratib olish usullari mazmunan vanadiyga nisbatan qo‘llaniladigan texnologiyalarga juda o‘xshash bo‘lib, ular orasida gidrometallurgik yondashuvlar eng istiqbolli hisoblanadi. Xususan, tanlab eritish jarayonidan so‘ng cho‘ktirish bosqichining qo‘llanishi molibdenni yuqori darajada tiklash imkonini beradi. Ayniqsa, kislota bilan tanlab eritishdan keyin molibdenni ammoniy molibdat shaklida cho‘ktirish jarayoni amaliyotda o‘z samaradorligini namoyon etib, yuqori ajralish darajasiga erishish imkonini bergani aniqlangan.

Bakterial tanlab eritish — metallarni mikroorganizmlar yordamida eritib ajratib olishga asoslangan ekologik xavfsiz texnologiya bo‘lib, jarayonda odatda Acidithiobacillus ferrooxidans va Acidithiobacillus thiooxidans kabi bakteriyalar qo‘llaniladi. Ushbu mikroorganizmlar metall saqlovchi birikmalarni oksidlab, ularni suvda eruvchan shakllarga o‘tkazadi. Bu yondashuv agressiv kimyoviy reagentlarga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiradi va energiya sarfini sezilarli darajada pasaytiradi.

Bakterial tanlab eritish ishlatilgan gidrodesulfurizatsiya katalizatorlarini qayta ishlashda ham yuqori samaradorlik ko‘rsatadi. Texnologiyaning asosiy

ISSN 3030-3907

afzalliklari — past kapital va ekspluatatsion xarajatlar, energiya va reagent sarfining kamayishi, yumshoq jarayon sharoitlari va minimal zararli emissiyalar bilan kechishidir. A. ferrooxidans va A. thiooxidans bakteriyalari metallarning eritilishiga bevosita va bilvosita oksidlanish jarayonlari, shuningdek oltingugurt, tiosulfat va polisulfidlarning oksidlanish mexanizmlari orqali hissa qo‘shadi.



1 – Rasm. Texnogen chiqindilardan vanadiy, molibden, nikel va misni tanlab ajratib olish texnologik sxemasi.

NATIJALAR

O‘tkazilgan tajribalar natijasida vanadiy va molibden saqlovchi texnogen chiqindilarni qayta ishlashning samarali texnologik yechimlari ishlab chiqildi. Ishqoriy eritmalar yordamida olib borilgan eritish jarayonlarida NaOH yoki Na_2CO_3 ishtirokida vanadiyning 90–98 % gacha, molibdenning esa 90–99 % gacha eritmaga o‘tish darajasi qayd etildi. Bu usul qattiq eruvchan oksid fazalar uchun ayniqsa samarali bo‘lib, chiqindilar hajmini sezilarli kamaytiradi va metallarning tanlab ajralish darajasini oshiradi.

1-jadval.

Texnogen chiqindilardan vanadiy, molibden va misni ajratib olish natijalari

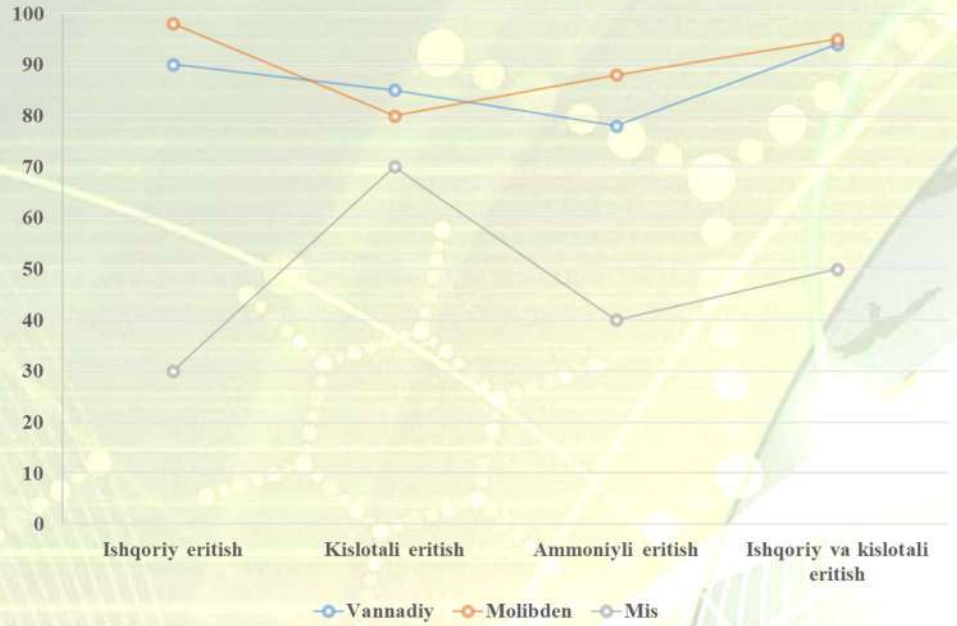
Usul	Xomashyo turi	Tiklanish darajasi (%)	Ekologik ta’sir	Iqtisodiy samaradorlik	Izohlar

ISSN 3030-3907

Ishqoriy eritish	Shlaklar, katalizatorlar	V: 85–95%, Mo: 98% Cu: 20–40 %	O‘rtacha (ishqoriy chiqindilarni neytrallash talab etiladi)	Yuqori (reaktivlar mavjud, energiya sarfi mo‘tadil)	Oddiy, oksidlangan shakllar uchun mos
Kislotali eritish (H_2SO_4, HCl, HNO_3)	Shlak, kul, katalizatorlar	V: 80–95%, Mo: 70–90% Cu: 70–95 %	Past (kislota chiqindilari, korroziya)	Yuqori (arzon reaktivlar)	Ko‘p funksiyali, ammo selektivlik past
Ammoniy bilan eritish ($(NH_4)_2CO_3$, NH_4OH)	Katalizatorlar, shlaklar	V: 65–90%, Mo: 80–95% Cu: 30–50 %	Yuqori (ammiak uchuvchan, ammo ushlash mumkin)	O‘rtacha (ammoniy tuzlari qimmatroq)	Mo uchun selektiv, murakkab tuzlar hosil qiladi
Na_2CO_3 yoki NaOH bilan ko‘machlash + eritish	Kul, shlak, katalizatorlar	V: 90–98%, Mo: 90–99% Cu: 40–60 %	Past (chiqindilar kam, energiya sarfi yuqori)	O‘rtacha (pechlar va qo‘shimcha uskunalar talab etiladi)	Qiyin eruvchan fazalar uchun mos

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, ishqoriy eritish jarayonida vanadiy 85–95 %, molibden 98 % gacha tiklandi. Kislotali eritish (H_2SO_4, HCl, HNO_3) sharoitida vanadiy 80–95 %, molibden 70–90 % gacha ajraldi. Ammoniy bilan eritish ($(NH_4)_2CO_3$, NH_4OH) usuli molibden uchun yuqori selektivlik ko‘rsatib, 80–95 % gacha qaytarish darajasini ta’minladi. Eng yuqori natijalar Na_2CO_3 yoki NaOH bilan ko‘machlash va eritish jarayonida kuzatilib, vanadiy 90–98 %, molibden 90–99 %, mis esa 40–60 % gacha eritmaga o‘tdi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Turli eritish usullarida vanadiy, molibden va misning tiklanish darajasi (%)

Kislotali eritish (H_2SO_4, HCl, HNO_3) natijalariga ko‘ra, vanadiyning 80–95 %, molibdenning 70–90 % tiklanish darajasi ta’minlandi. Ushbu yondashuv arzon reaktivlardan foydalanish imkonini berib, iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq bo‘lsa-da, korroziyaga moyil chiqindilar hosil bo‘lishi sababli ularni neytrallash bosqichi zarur bo‘ldi. Ammoniyli eritish ($(NH_4)_2CO_3$, NH_4OH) jarayonida esa molibdenning 80–95 % gacha tanlab ajralish darajasiga erishildi. Bu usul molibdenni kompleks tuzlar shaklida cho‘ktirish imkonini beradi, biroq vanadiy uchun eruvchanlik nisbatan past bo‘ldi.

Gidrometallurgik ikki bosqichli eritish jarayonlarida 300 g/L azot kislotasi va 100 g/L sulfat kislotasi 90 °C haroratda 2 soat davomida qo‘llanilganda molibdenning 94–96 % gacha qaytarish darajasi kuzatildi. Keyingi ekstraksiyalash bosqichi CYANEX® 600 ekstragenti va Elixore 205 suyultiruvchisi yordamida optimallashtirilib, yakuniy mahsulot sifatida 46,8 % molibden saqlovchi sanoat darajasidagi kaltsiy molibdat olindi. Bu natijalar ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, kislota sarfini kamaytirish va zararli chiqindilarni minimallashtirish imkonini berdi.

Bakterial tanlab eritish jarayonlarida Acidithiobacillus ferrooxidans va A. thiooxidans bakteriyalari ishtirokida metallarning suvda eruvchan shakllarga o‘tish darajasi yuqori bo‘ldi. Ushbu biotexnologik yondashuv kimyoviy reagentlar sarfini 30–40 % gacha kamaytirdi, energiya tejamkorlikni ta’minladi va ekologik xavfni sezilarli darajada pasaytirdi. Jarayonga Aspergillus niger va Penicillium simplicissimum zamburug‘larining acidoliz va bioakkumulyatsiya mexanizmlari ham ijobiy ta’sir ko‘rsatdi.

ISSN 3030-3907

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, ishlab chiqilgan kompleks texnologiya texnogen chiqindilardan vanadiy, molibden, nikel va misni bir vaqtda ajratib olish imkonini beradi. Metallarning tiklanish darajasi 85–95 % oralig‘ida bo‘lib, sorbsiya va ekstraksiya bosqichlarini birlashtirish metall yo‘qotilishini kamaytirdi. Jarayon energiya tejamkorligi, ekologik xavfsizligi va iqtisodiy maqbulligi bilan ajralib turadi.

XULOSA

`Tadqiqot natijalariga ko‘ra, texnogen chiqindilardan vanadiy, molibden, nikel va misni ajratib olishda gidrometallurgik usullar eng samarali yo‘nalish sifatida aniqlangan. Ayniqsa, Na_2CO_3 yoki NaOH bilan eritish natijasida vanadiy 90–98 %, molibden 90–99 % gacha eritmaga o‘tishi ta’minlandi. Kislotali eritish arzon va samarali bo‘lsa-da, ekologik jihatdan kamroq barqaror ekani qayd etildi. Ammoniy eritmalari molibden uchun yuqori selektivlik ko‘rsatdi, biroq vanadiy uchun samara past bo‘ldi.

Bioeritish jarayonlari esa ekologik xavfsizligi, past energiya sarfi va reagent tejamkorligi bilan ajralib turdi. Umuman olganda, gidro-, piro- va biotexnologik bosqichlarning kombinatsiyasi metall tiklanish darajasini 95 % gacha oshirib, chiqindilarni iqtisodiy resursga aylantirish imkonini berdi. Ushbu yondashuv sanoat chiqindilarini qayta ishlashda “yopiq aylanish” iqtisodiyoti tamoyillarini amalda joriy etish uchun ilmiy asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abdisamievich, S. A., Mamarasulovich, R. U., & Azamatugli, K. O. (2025). DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING ALUMINA FROM LOCAL RAW MATERIALS. *Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности*, *3*(2), 105-111.

2. Abdisamiyevich, S. A., Mamarasulovich, R. Z. U. B., & Rasul o‘g‘li, X. S. (2025). RUDADAN GLINOZYOMNI AJRATIB OLISH. *INTELLECTUAL EDUCATION TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND INNOVATIVE DIGITAL TOOLS*, *3*(34), 4-7.

3. Khojakulov, A., Ruziyev, U., Boymurodov, N., Shernazarov, I., Mashaev, E., & Shoyimova, K. (2024). Research and determination of parameters for extracting valuable components from technological waste. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 149, p. 01049). EDP Sciences.

4. O‘G‘Li, T. S. S., Mamarasulovich, R. Z. U. B., & O‘G‘Li, E. U. X. (2024). KALSIY TARKIBLI QO ‘SHIMCHALAR TARKIBIDAGI ALYUMOGETIT VA BOKSITDAN GLINOZEMNI AJRATIB OLISH. *Строительство и образование*, *3*, 203-210.

ISSN 3030-3907

5. Ruziev, U. M., & Boymurodov, N. A. (2025). MEXANIK FAOLLASHTIRISHNING GLINOZYOM AJRATIB OLISHGA TA'SIRI.
6. Рузиев, У. М. (2025). Повышение эффективности разделения твердой и жидкой фаз при азотнокислотном выщелачивании бедных глиноземных руд.
7. Хужакулов, Н. Б., Рузиев, У. М., & Насирова, Н. Р. (2021). ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА БИОКЕКА НА ПОКАЗАТЕЛИ СОРБЦИОННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ. *Universum: технические науки*, (5-2 (86)), 20-23.
8. Botirovich, X. J. N., Mamarasulovich, R. Z. U. B., & Odilo'G'Li, I. B. (2025). "NKMK" AJ "AUMINZO-AMANTOY" KONI OLTIN AJRATISH SEXI TEXNOGEN CHIQINDILARINI TADQIQ QILISH. *Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности*, *3*(4), 124-128.
9. Mamarasulovich, R. U. (2025). INFLUENCE OF ULTRASOUND ON NITRIC ACID LEACHING OF ALUMINA FROM KAOLIN CLAYS. *Лучшие интеллектуальные исследования*, *46*(5), 338-348.

ISSN 3030-3907