MUHANDISLIK & IQTISODIYOT

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik, fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

2026-YIL
OKTABR / 10-SON V-QISM



Milliy nashrlar

OAK: https://oak.uz/pages/4802

05.00.00 - Texnika fanlari
08.00.00 - Iqtisodiyot fanlar

Google Scholar

ISSN INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

TOSHKENT

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, oktabr.

Bosh muharrir:
Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:
Shakarov Zafar G'afforovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:
Abduraxmanov Kalandar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor
Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor
Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,
Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent
Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD
Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)
Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.
Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor
Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent
Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.
Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
05.01.07 – Matematik modellashtirish
05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
05.04.01 – Telekommunikasiya va kompyuter tizimlari, telekommunikasiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
08.00.02 – Makroiqtisodiyot
08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
08.00.06 – Ekonometrika va statistika
08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
08.00.11 – Marketing
08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
08.00.13 – Menejment
08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti

MUNDARIJA • СОДЕРЖАНИЕ • CONTENTS

MUNDARIJA

KORXONA RAHBARIYATI TOMONIDAN ICHKI NAZORAT TIZIMINING CHETLAB O‘TILISHI BILAN BOG‘LIQ AUDITORLIK RISKLARINI BAHOLASH 9
Botirova Rahimaxon, Sirojiddinov Ikromiddin
PA-6 ASOSLI NANOKOMPOZIT OLISH TEXNOLOGIYASI VA TAHLIL USULLARI 16
Qurbonov Mahmudjon Xusanboy o‘g‘li
QASHQADARYO VILOYATIDA TASHQI VA ICHKI TURIZMNI RIVOJLANTIRISHNING ASOSIY TENDENSIYALARI 21
Xadjibekova Aziza Akbarovna
ALSI QOPLAMALI HS1300T/950Y MS MARTENSITLI PO‘LATNI FIBER LAZER BILAN KESISHDA YORDAMCHI GAZ TURI VA QOPLAMANING SHLAK HOSIL BO‘LISHIGA TA’SIRI 31
Alijonov Qobiljon, Tursunov Shovkat
OCHIQ BANK EKOTIZIMIDA RISKLARNI MIQDORIY BAHOLASH VA MONITORING QILISH MODELLARI: “ORIENT FINANS” XATB MISOLIDA 39
Abduvahobov Shohruh Xolmo‘min o‘g‘li
SILINDRIK ADSORBSION FILTRLARDA O‘ZGARUVCHAN TEZLIKLI RADIAL OQIM SHAROITIDA BIR KOMPONENTLI MODDANING KO‘CHISHI VA ADSORBSIYASINI GRANULA ICHIDAGI DIFFUZIYANI HISOBGA OLGAN HOLDA HISOBLASH TAJRIBALARI 46
Ermonova Mohinur Umidjon qizi
O‘ZBEKISTONDA SANOAT MAHSULOTLARINI MAHALLIYLASHTIRISH JARAYONLARINI CHUQURLASHTIRISH VA UNING IQTISODIY SAMARADORLIGI 56
Sobitova Ra’no Solidjonovna
KOMMUNAL XO‘JALIKNI RAQAMLASHTIRISH VA “AQLLI SHAHAR” TEXNOLOGIYALARINING HUDUDIY IQTISODIY O‘SISHGA TA’SIRINI EKONOMETRIK BAHOLASH 60
Odamboyev Oybek Ravshanbek o‘g‘li
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БАНКОВ И МАЛОГО БИЗНЕСА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ КРЕДИТНЫХ ПРОЦЕССОВ 66
Хаитов Хаёт
YIGIRUV JARAYONIDA HOSIL BO‘LADIGAN TOLA CHIQINDILARIDAN QAYTA FOYDALANISHNING IP SIFATIGA TA’SIRI 71
Shodmonkulov Alisher, Jalilov Dilshod
GIDROTEXNIKA INSHOOTLARINING EKSPLUATATSION ISHONCHLILIGINI OSHIRISHDA INYEKSIYA CHORA-TADBIRLARINI TAKOMILLASHTIRISH VA ULARNING SAMARADORLIGINI BAHOLASH USULLARI 77
Qahhorov O‘ktam, Kurbanova Khurshida, Kurbonov Ulug‘bek
OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARI XAVFSIZLIGINI STANDARTLASHTIRISH VA NAZORAT QILISHDA XITOY TAJRIBASI HAMDA UNI O‘ZBEKISTON AMALIYOTIGA MOSLASHTIRISH YO‘NALISHLARI 86
Muminov Najmiddin, Bakiyev Elyorbek
O‘ZBEKISTON HUDUDLARIDA IQTISODIY XAVFSIZLIKNING HOZIRGI HOLATI VA TENDENSIYALARI 93
Jurayev Ismatulla Izzatullayevich
DESIGNING A REPRODUCIBLE FRAMEWORK FOR RESPONSIBLE AI-ENABLED HUMAN RESOURCE ANALYTICS IN HIGHER EDUCATION: A METHODOLOGICAL STUDY IN THE CONTEXT OF UZBEKISTAN 102
Narmuradova Sitora Aktamovna
YASHASH VA OVQATLANISH XIZMATLARINI KO‘RSATUVCHI KORXONALAR RAQOBATBARDOSHLIGINI OSHIRISHNING XORIJIY TAJRIBASI 108
Ganiyev Firdavs Abduraufovich

ANALYSIS OF THE POSITIVE AND NEGATIVE ASPECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN IMPROVING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF ENTERPRISES 113
Shakirova Farogat Boltayevna
KORXONALARDA LOGISTIK KONSENTRATSIYA VA TAQSIMOT TIZIMLARINI INTEGRATSIYALASH STRATEGIYALARI 119
Bazorboyeva Farangiz, Xudiyarova Shahzoda, Narzullayev Shodiyor
TEMIR YO‘L KORXONALARIDA MOLIYAVIY HISOBNI XALQARO STANDARTLAR ASOSIDA TASHKIL QILISHNING O‘ZIGA XOS XUSUSIYATLARI 125
Misirov Xurshid Mamasobirovich
TA’MINOT ZANJIRLARINI BOSHQARISHDA SUN’IY INTELLEKTDAN FOYDALANISHNING AFZALLIKLARI 132
Rahmataliyev Salohiddin, Obidjonov Azizbek, Erkinxojiyev I.I
IQTISODIYOTDA EKONOMETRIK MODELLASHTIRISHNING ROLI VA AHAMIYATI 138
Karimov Abdusamat Ismonovich
TO‘QIMACHILIK SANOATI KORXONALARIDA INNOVATSION FAOLIYATNI BOSHQARISH STRATEGIYASINI RAQAMLI TRANSFORMATSIYA ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH 144
Nasibboyev Fazliddin Sirojiddinovich
YASHIL INNOVATSIYALARNING IQTISODIYOTGA TA’SIRI 150
Razakova Barno Sayfiyevna
TEMIR YO‘L TRANSPORTIDA HR AMALIYOTLARINING SAMARADORLIKKA TA’SIRINI BAHOLASH: XORIJIY TADQIQOTLAR SHARHI VA USLUBIY YONDASHUVLAR 156
Xursanova Gulshan Ravshan qizi
FARG‘ONA VODIYSI TUMANLARINI INTEGRAL BAHOLASH VA TIPOLOGIYALASH ASOSIDA INVESTITSION RIVOJLANISH YO‘NALISHLARINI ASOSLASH 162
G‘ulomov Ulug‘bek G‘afurovich
RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA TIJORAT BANKLARI FAOLIYATI SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO‘LLARI 169
Kulboyeva Nargiz Majitovna
QASHQADARYO VILOYATI TURIZM SALOHIYATIDAN FOYDALANISHNING HOLATI VA RIVOJLANTIRISH ISTIQBOLLARI 176
Uzoqov Jamshid, Boboqulov Oybek
O‘ZBEKISTONDA ISLOMIY BANK FAOLIYATINI TARTIBGA SOLISH TIZIMI: SHARIAT BOSHQARUVI MODELINI BAHOLASH VA TAKOMILLASHTIRISH YO‘NALISHLARI 182
Sulaymanov Arslonbek Faxriddin o‘g‘li
SAMARQAND VILOYATI XIZMAT KO‘RSATISH KORXONALARIDA ASOSIY VOSITALARDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI BAHOLASH 189
Shadiyeva Gulnora, Yuldasheva Sevinch
IJTIMOIY MEDIA FAOLLIGINING OLIY TA’LIM TASHKILOTLARI FAOLIYATINI MANFAATDOR TOMONLAR TOMONIDAN IDROK ETISHDAGI ROLI 194
Urinov Bobur, Nazarov G‘ulom
YASHIL KREDITLASH AMALIYOTINING XALQARO TAJRIBASI VA UNDAN O‘ZBEKISTONDA FOYDALANISH 202
Usmonova Gulasal Akmal qizi
ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ КАРАКАЛПАКСТАН 207
Махамбетова Урингуль Реймбаевна
TRANSPORT VOSITALARINI KORROZIYADAN HIMOYA QILUVCHI QOPLAMANING ADGEZION MUSTAHKAMLIGINI TADQIQ QILISH 213
Ibragimov Botir Dastamovich

MUNDARIJA • СОДЕРЖАНИЕ • CONTENTS

MUNDARIJA • СОДЕРЖАНИЕ • CONTENTS

SPORT TASHKILOTLARIDA RAQAMLI MARKETING TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO‘LLARI 220
Yusupov Maxamadamin, Zakirova Umida
IQTISODIY SAMARADORLIK KO‘RSATKICHLARINI BAHOLASH TADBIRKORLIK SUBYEKTLARINING IQTISODIY XAVFSIZLIGINI TA’MINLASH OMILI SIFATIDA 225
Dadayev Quvonish Mashrabovich
MAISHIY XIZMATLAR SIFATINING MIJOZLAR SODIQLIGI VA KORXONALAR DAROMADIGA TA’SIRI 235
Shadiyeva Gulnora, Sharipova Yulduz
MAKTABGACHA TA’LIM TASHKILOTLARIDA RISK-YO‘NALTIRILGAN ICHKI AUDIT VA MOLIYAVIY NAZORAT SAMARADORLIGINI BAHOLASH 240
Halilov Boburjon Sobirjon o‘g‘li
SAMARQAND VILOYATIDA BILIMGA ASOSLANGAN XIZMATLAR (ALOQA-AXBOROT VA MOLIYAVIY XIZMATLAR) RIVOJLANISHINING HUDUDIY IQTISODIY O‘SISHDAGI O‘RNI 250
Abdullayev Jamshid Obidovich
SUT YO‘NALISHIDAGI CHORVACHILIKDA OZUQA XARAJATLARINI ENERGIYA EHTIYOJI (MJ) BO‘YICHA TAQSIMLASH VA MAHSULOT TANNARXINI KO‘P DRAYVERLI KALKULYATSIYA QILISH MODELI 258
Mardonov Mamed Shavkatovich
QISHLOQ XO‘JALIGI KORXONALARINING MOLIYAVIY RESURSLARIDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGI TAHLILI 265
Boboyeva Shoira Shoniyozovna
SAMARQAND VILOYATI OZIQ-OVQAT SANOATIDA MAHSULOT DIVERSIFIKATSIYASINING KORXONALAR RAQOBATBARDOSHLIGIGA TA’SIRI 271
Shadiyeva Gulnora, Jumayev Shoxrux
MARKAZIY BANK MUSTAQILLIGI VA INFLATSIYANI MAQSADLI BOSHQARISH REJIMINING INSTITUTSIONAL ASOSLARI: XALQARO TAJRIBA VA O‘ZBEKISTON AMALIYOTI 279
Safarov Sardor O‘tkirjon o‘g‘li
DOES REGIONAL ECONOMIC INTEGRATION PROMOTE ECONOMIC GROWTH? EVIDENCE FROM THE EURASIAN ECONOMIC UNION (EAEU) – USING PANEL DATA ANALYSIS, 2000–2025 283
Muhammad Eid Balbaa
QIMMATLI QOG‘OZLAR BOZORINING INSTITUTSIONAL RIVOJLANISHI: MOLIYAVIY BARQARORLIKKA TA’SIRINING O‘ZIGA XOS XUSUSIYATLARI VA IQTISODIY O‘SISH BILAN BOG‘LIQLIGI 289
Zuvaydullayev Nematullo Oybek o‘g‘li
TRANZIT YO‘LDAGI SERVIS MAJMUASINI LOYIHALASH VA XALQARO AVTOPOYEZDLAR UCHUN TAKOMILLASHTIRILGAN TEXNIK SERVIS TIZIMINING TEXNIK-IQTISODIY SAMARADORLIGI 295
Do‘maxonov Furqatbek Shuxrat o‘g‘li
STRATEGIK MENEJMENT ORQALI MILLIY IQTISODIY RAQOBATBARDOSHLIKNI OSHIRISH 303
Oralbaeva Diana, Koshanov Abdimurat
ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ UZBEKISTAN GTL 309
Ботиров Бозорбек, Курбанов Юнус, Пардаев Бахром, Отаева Лилия
KAPITAL BOZORI ISHTIROKCHILARI FAOLIYATINI MUVOFIQLASHTIRISHNING IQTISODIY MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH 318
Turdieva Uzayda Omirbaevna
DAVR XARAJATLARI AUDITIDA TAHLILIY AMALLARNI QÖLLAŞ YÖNALIŞLARI 325
M.B. Nizekeyev
MOLIYAVIY HISOBOTLAR AUDITINI XALQARO STANDARTLAR ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH ISTIQBOLLARI 329
Maxmudov Azamat Normuradovich
PHOTOMETRIC METHOD FOR DETERMINING THE FINENESS OF WOOL FIBERS 334
Valieva Zulfiya, Sa’dullayev Shaxriyor

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЁРСТВО В РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В СФЕРЕ УСЛУГ 338
Насиров Дилшод, Нематова Адолат
УПРАВЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА: ОБЗОР ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ И ЭМПИРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ 344
Якубов Д.К., Далмурадова Н.Н.
DAVLAT OLIY TA’LIM TASHKILOTLARIDA SMETALAR IJROSI HISOBOTI, SAMARADORLIGINI BAHOLASH VA RAQAMLI TRANSFORMATSIYA 355
Norquchqorov Abdulaziz Ziyodulla o‘g‘li
KICHIK BIZNES SUBYEKTLARINING TASHQI SAVDO FAOLIYATINI DAVLAT TOMONIDAN QO‘LLAB-QUVVATLASHNING ILMIY-NAZARIY ASOSLARI VA ILG‘OR XORIJ TAJRIBASI 363
Ismailov Erkin Faxretdinovich
TEMIR YÖL TRANSPORTI KORXONALARIDA DAROMADLAR, XARAJATLAR VA XIZMATLAR TANNARXI HISOBINI TAKOMILLAŞTIRIŞ 371
Misirov Xurşid Mamasobiroviç
SANOAT KORXONALARIDA MARKETING SAMARADORLIGINI AHP, DEA VA KPI KO‘RSATKICHLARI ASOSIDA BAHOLASHNI TAKOMILLASHTIRISH 380
Bazarova Mamlakat, Navruz-zoda Layli
RAQAMLI STRATEGIK BOSHQARUV MODELI VA INTEGRAL INDEKS ASOSIDA OLIY TA’LIM MUASSASALARI SAMARADORLIGINI MAQSADLI BAHOLASH 386
Badalova Lola Borisovna
TARKIBIY OPTIMALLASHTIRISHNING IQTISODIY PARAMETRLARINI ANIQLASH MODELI 391
Shukurov Ulug‘bek Shokirovich
BANK VA MOLIYA BOŞQARUVIDA XALQARO REYTING VA INDEKSLARNING ÖZARO UYĞUNLIGI 395
Kamolova Gulhayo
ESG AUDITNI O‘TKAZISH JARAYONINI TAKOMILLASHTIRISH YO‘NALISHLARI 400
Zufarova Z. R.
IMPROVING THE METHODOLOGY FOR FORMALIZING THE SHADOW ECONOMY THROUGH FISCAL INSTRUMENTS: EVIDENCE FROM TAX BURDEN REFORMS IN UZBEKISTAN 405
Ergasheva Malikakhon Avazkhon qizi
BANKLARNING AML-TIZIMLARIGA SUN’IY INTELLEKTNI JORIY ETIŞ METODOLOGIYASI: XARAJATLAR FUNKSIYASI, YETUKLIK MODELI VA INVESTITSIYALAR SAMARADORLIGI (ÖZBEKISTON MISOLIDA) 412
Raşidov Avazbek
TIJORAT BANKLARI AKTIV OPERATSIYALARI SAMARADORLIGINI KOMPLEKS VA INTEGRAL BAHOLASH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH 422
Sharipova Dilfuza Jumaniyazovna
MIS ISHLAB CHIQARISH SHLAKLARINI FLOTATSION BOYITISH JARAYONI CHIQINDILARINI ISHQORIY MUHITDA KUYDIRISHNING TERMODINAMIK KO‘RSATKICHLARINI TADQIQ ETISH 428
Axmedova Nigora Erkin qizi

MIS ISHLAB CHIQARISH SHLAKLARINI FLOTATSION BOYITISH JARAYONI CHIQINDILARINI ISHQORIY MUHITDA KUYDIRISHNING TERMODINAMIK KO‘RSATKICHLARINI TADQIQ ETISH

Axmedova Nigora Erkin qizi
Olmaliq davlat texnika instituti,
katta o‘qituvchi
E-mail: nigora07051991@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada mis ishlab chiqarish shlaklarini flotatsion boyitish jarayonida hosil bo‘ladigan chiqindilarni natriy gidroksid ishtirokida termik kuydirish jarayonining termodinamik qonuniyatlari tadqiq etilgan. Chiqindi tarkibidagi temir, kalsiy va alyuminiy silikatlarining NaOH bilan o‘zaro ta’sirlashuvi natijasida sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan sakkizta kimyoviy reaksiya tanlab olinib, ular uchun Gibbs erkin energiyasining haroratga bog‘liqlik tenglamalari tuzilgan. Reaksiyalarning termodinamik jihatdan sodir bo‘lish ehtimoli 298–1023 K harorat oralig‘ida hisoblangan qiymatlar asosida qiyosiy tahlil qilingan. Natijalar natriy silikat va natriy ortosilikat hosil bo‘lishi bilan kechadigan reaksiyalar termodinamik jihatdan maqbul ekanligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, kislorodli muhitda natriy ferrit hosil bo‘lish ehtimoli aniqlanib, mazkur jarayonning keyingi gidrometallurgik bosqichlarda temirni ajratib olishga ta’siri baholangan. Termodinamik hisoblashlar asosida ishqoriy termik faollashtirish uchun 300–350 °C harorat oralig‘i texnologik jihatdan maqsadga muvofiq deb belgilangan. Olingan natijalar mis ishlab chiqarish shlaklarini flotatsion boyitish chiqindilarini kompleks qayta ishlashning dastlabki bosqichini ilmiy jihatdan asoslashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: mis ishlab chiqarish shlaklari, flotatsion boyitish chiqindilari, natriy gidroksid, ishqoriy termik faollashtirish, fayalit, Gibbs erkin energiyasi, termodinamik tahlil, natriy silikat, natriy ferrit, kimyoviy reaksiya, optimal harorat.

Abstract. This study investigates the thermodynamic principles governing the thermal roasting of waste generated during the flotation beneficiation of copper smelting slags in the presence of sodium hydroxide. Eight possible chemical reactions involving the interaction of iron, calcium, and aluminum silicates present in the waste with NaOH were selected, and temperature-dependent equations for Gibbs free energy were derived for each reaction. The thermodynamic feasibility of these reactions was comparatively analyzed based on calculated values over the temperature range of 298–1023 K. The results indicate that reactions involving the formation of sodium silicate and sodium orthosilicate are thermodynamically favorable. In addition, the possibility of sodium ferrite formation in an oxygen-containing environment was identified, and the influence of this process on iron recovery in subsequent hydrometallurgical stages was evaluated. Based on thermodynamic calculations, the temperature range of 300–350 °C was identified as technologically appropriate for alkaline thermal activation. The findings provide a scientific basis for the initial stage of integrated processing of flotation beneficiation waste from copper smelting slags.

Keywords: copper smelting slags, flotation beneficiation waste, sodium hydroxide, alkaline thermal activation, fayalite, Gibbs free energy, thermodynamic analysis, sodium silicate, sodium ferrite, chemical reaction, optimal temperature.

Аннотация. В статье исследованы термодинамические закономерности процесса щелочного обжига хвостов флотационного обогащения шлаков медного производства в присутствии гидроксида натрия. Выбраны восемь возможных химических реакций взаимодействия силикатов железа, кальция и алюминия, входящих в состав отходов, с NaOH. Для каждой реакции составлены уравнения температурной зависимости свободной энергии Гиббса. Проведён сравнительный анализ термодинамической возможности протекания реакций на основе расчётных значений в интервале температур 298–1023 К. Результаты показывают, что реакции, сопровождающиеся образованием силиката и ортосиликата натрия, являются термодинамически благоприятными. Кроме того, установлена возможность образования феррита натрия в кислородсодержащей среде и оценено влияние данного процесса на извлечение железа на последующих гидрометаллургических стадиях. На основе термодинамических расчётов температурный диапазон 300–350 °C определён как технологически целесообразный для щелочной термической активации. Полученные результаты служат научной основой для начальной стадии комплексной переработки хвостов флотационного обогащения шлаков медного производства.

Ключевые слова: шлаки медного производства, хвосты флотационного обогащения, гидроксид натрия, щелочная

термическая активация, фаялит, свободная энергия Гиббса, термодинамический анализ, силикат натрия, феррит натрия, химическая реакция, оптимальная температура.

KIRISH

Mis ishlab chiqarish shlaklarini flotatsion boyitish chiqindilarini natriy gidroksid ishtirokida termik kuydirish orqali kremniyni eruvchan natriy silikat shakliga o‘tkazish hamda temir saqlovchi qoldiqni keyingi bosqichlarda qayta ishlashga tayyorlash dolzarb ilmiy-texnologik vazifa hisoblanadi. Mazkur jarayonda Gibbs erkin energiyasining haroratga bog‘liqlik qonuniyatlarini aniqlash silikat minerallari va NaOH o‘rtasidagi reaksiyalarning termodinamik jihatdan sodir bo‘lish ehtimolini baholash hamda optimal texnologik rejimni belgilash imkonini beradi. Tadqiqotning maqsadi mis ishlab chiqarish shlaklarini flotatsion boyitish chiqindisining asosiy komponentlari hamda natriy gidroksid o‘rtasida yuz berishi mumkin bo‘lgan reaksiyalarni termodinamik tahlil qilish va ishqoriy termik faollashtirish uchun maqbul harorat oralig‘ini asoslashdan iborat.

Boyitish fabrikasi chiqindilarining asosiy komponentlari temir, kalsiy va alyuminiy silikatlari ko‘rinishida bo‘lib, ular kristall yoki amorf shaklda mavjud. Ushbu silikat birikmalar odatda kimyoviy jihatdan inert yoki past reaktivlikka ega bo‘lganligi sababli, ularni bevosita gidrometallurgik usullar yordamida parchalash qiyinchilik tug‘diradi. Shu sababli ularni dastlab termokimyoviy faol holatga o‘tkazish maqsadga muvofiqdir.

Ushbu tadqiqotda mis ishlab chiqarish shlaklari asosida olingan flotatsion boyitish chiqindilari maydalanib, 0,074 mm gacha yanchildi va so‘ngra quruq natriy gidroksid (NaOH) bilan 350 °C haroratda 30 daqiqa davomida qizdirildi. Ushbu jarayonda chiqindidagi silikat komponentlar NaOH bilan reaksiyaga kirishib, ishqoriy metall silikatlarini hosil qiladi. Bunday ishqoriy faollashtirish usuli metallarning oksid va silikatli shakllarini keyingi gidrometallurgik bosqichlar uchun qulay bo‘lgan eruvchan birikmalarga aylantirish imkonini beradi. Natijada kristall panjaradagi barqaror bog‘lanishlarning parchalanishi hisobiga materialning kimyoviy faolligi ortadi, bu esa keyingi bosqichlarda foydali komponentlarning eritmaga o‘tish darajasini maksimal darajaga yetkazishni ta’minlaydi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Li Jun [9] tadqiqotida mis eritish shlaklarini flotatsion boyitish chiqindilarini ishqoriy usulda qayta ishlash orqali temir va kremniyni ajratish masalalarini o‘rgangan. Termodinamik tahlil natijalariga ko‘ra, chiqindi tarkibidagi fayalit va kvarsning NaOH bilan o‘zaro ta’siri natijasida natriy silikat eritmasi va temirga boy qattiq qoldiq olish mumkinligi aniqlangan. Na_2O konsentratsiyasi 200 g/l, harorat 140 °C va jarayon davomiyligi 2 soat bo‘lgan sharoitda qoldiq tarkibidagi Fe_2O_3 miqdori 71,54 % ga, kremniyning eritmaga o‘tish darajasi esa 76,22 % ga yetgan.

S. Gyurov va boshqalar [8] tadqiqotida Bolgariya ilmiy maktabi vakillari mis shlaklarini termik oksidlash va natriy gidroksid eritmasi bilan gidrotermik ishlov berish asosida qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqqanlar. Jarayon 800 °C dan yuqori haroratda oksidlash, 190 °C haroratda NaOH eritmasi bilan ishlov berish, qattiq va suyuq fazalarni ajratish hamda kremniyli mahsulot olish bosqichlarini qamrab olgan. NaOH konsentratsiyasini 60 g/l dan 140 g/l gacha oshirish qoldiq tarkibidagi SiO_2 miqdorini kamaytirib, kremniyning 70 % dan ortiq qismini ajratib olish imkonini bergan. Ushbu natijalar silikat birikmalarini natriyli birikmalarga aylantirishda ishqor konsentratsiyasi va haroratning ahamiyatini ko‘rsatadi.

D. Busolic va hammualliflar [7] Chili mis eritish korxonalaridan olingan shlaklarni qaytarish orqali temirni ajratib olishning termodinamik va tajribaviy asoslarini o‘rganganlar. Tadqiqotda shlak tarkibidagi temirning 42–45 % miqdorda mavjudligi hamda uni qaytarish jarayonida temirga boy qotishma olish mumkinligi aniqlangan. Ikki bosqichli qayta ishlash natijasida tarkibida 98 % dan ortiq temir bo‘lgan qotishma olingan. Ushbu ish temir saqlovchi fazalarning termodinamik barqarorligini baholash va qayta ishlash sharoitlarini tanlash muhimligini asoslaydi.

L. Miganei va hamkasblari [11] Germaniyada to‘plangan mis eritish shlaklarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini taklif etganlar. Tadqiqotda shlakning mineralogik va kimyoviy tarkibi o‘rganilib, tanlab eritish orqali misni ajratib olish hamda bir nechta tovar mahsulotlarini olish imkoniyati baholangan. Misning 80–90 % qismini eritmaga o‘tkazish mumkinligi ko‘rsatilgan. Ushbu natijalar metallurgiya chiqindilarini qayta ishlashda dastlabki tarkib, kimyoviy muhit va jarayon parametrlarini birgalikda hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi.

S. Matkarimov va hammualliflar [10] mis ishlab chiqarish shlaklarini karbotermik qaytarish jarayonining termodinamik qonuniyatlarini o‘rganganlar. Ishda temir saqlovchi birikmalarning uglerod bilan o‘zaro ta’siri va Gibbs erkin energiyasining jarayon sharoitlariga bog‘liqligi tahlil qilingan. Mualliflarning yondashuvi mis shlaklarini

qayta ishlashda kimyoviy reaksiyalarning sodir bo‘lish imkoniyatini oldindan baholash va texnologik parametrlarni asoslash muhimligini ko‘rsatadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Metallurgik chiqindilarni qayta ishlashda sodir bo‘ladigan kimyoviy reaksiyalarning termodinamik barqarorligini baholash ilmiy asoslangan texnologik yechimlarni ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, yuqori haroratda olib boriladigan qattiq–qattiq va qattiq–gaz fazalar ishtirokidagi reaksiyalarni rejalashtirishda haroratga bog‘liq erkin energiyaning o‘zgarishini hisobga olish muhimdir. Bunday baholash uchun Gibbs erkin energiyasi (ΔG) ning haroratga bog‘liqlik tenglamasini tuzish ilmiy va amaliy jihatdan asosli yondashuv hisoblanadi. Mazkur termodinamik ko‘rsatkich tizimning energetik holatini tavsiflash bilan bir qatorda, ko‘p komponentli texnogen tizimlarda termodinamik jihatdan eng ehtimolli bo‘lgan fazaviy o‘zgarishlar ketma-ketligini aniqlash imkonini beradi. Aynan ΔG ning haroratga bog‘liqlik qonuniyatlarini hisoblash silikatlarning destruksiyasi va eruvchan natriy birikmalari hosil bo‘lishining energetik chegaralarini aniq belgilash imkonini beradi. Bu esa, o‘z navbatida, tajribada qo‘llanilgan 350 °C harorat rejimining texnologik jihatdan maqsadga muvofiqligini termodinamik nuqtayi nazardan to‘liq tasdiqlashga xizmat qiladi.

Gibbs energiyasi tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta G(T)=\Delta H-T\cdot\Delta S$$

bu yerda:

ΔH — reaksiya entalpiyasi, kJ/mol,

ΔS— reaksiya entropiyasi, J/mol·K,

T — harorat, K da.

Mazkur tenglama asosida reaksiyaning ma’lum haroratda o‘z-o‘zidan sodir bo‘lish yoki bo‘lmasligini aniqlash mumkin. Agar ΔG manfiy bo‘lsa, reaksiya termodinamik jihatdan o‘z-o‘zidan sodir bo‘lishi mumkin; agar musbat bo‘lsa, reaksiya termodinamik jihatdan qulay emas. Shu bois, chiqindilar tarkibidagi temir, kalsiy, alyuminiy va kremniy birikmalarining natriy gidroksid bilan o‘zaro ta’siri natijasida sodir bo‘ladigan reaksiyalar uchun ΔG(T) funksiyalarini aniqlash ularning optimal termik faollashtirish sharoitlarini belgilash imkonini beradi. Shu bilan birga, Gibbs erkin energiyasining qiymati tizimning termodinamik potensialini ifodalab, uning miqdori reaksiyaning harakatlantiruvchi kuchi va yakuniy mahsulotlarning termodinamik barqarorligini miqdoriy jihatdan tavsiflaydi.

Ayniqsa, yuqori haroratli ishqoriy faollashtirish (300 °C va undan yuqori) kabi jarayonlarda reaksiyalarning issiqlik muvozanati va entropiya o‘zgarishlarini baholash orqali reaksiyalarni tanlab yo‘naltirish, ularni samarali va energiya tejamkor tarzda olib borish mumkin bo‘ladi. Bundan tashqari, Gibbs tenglamasi texnologik jarayonlarni loyihalash, energiya sarfini hisoblash va sanoat miqyosida prognozlashda asosiy vosita hisoblanadi. Binobarin, Gibbs erkin energiyasining haroratga bog‘liq holda kamayishi reaksiyaning termodinamik jihatdan qulaylashishini ifodalab, texnogen xomashyoni kompleks qayta ishlashda termodinamik jihatdan eng maqbul texnologik rejimni tanlash imkonini beradi.

Shu bois, tadqiqot doirasida tanlangan sakkizta muqobil kimyoviy reaksiya uchun ΔG(T) tenglamalarini ishonchli termodinamik ma’lumotlar asosida shakllantirish, ularni o‘zaro taqqoslash va haroratga bog‘liq o‘zgarishini tahlil qilish texnologik optimallashtirishda muhim ahamiyatga ega. Shuningdek, bunday yondashuv parallel va ketma-ket reaksiyalarning borishini boshqarish hamda texnologik jarayonni barqaror va samarali olib borish imkonini berdi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Ushbu tadqiqot doirasida mis ishlab chiqarish chiqindilari tarkibidagi kremniy, temir, kalsiy va alyuminiy silikatlarini ishqoriy faollashtirish orqali qayta ishlash imkoniyati tadqiq etildi. Bunda reaksiyalar tahlil qilinib, ularning har biri uchun ishonchli termodinamik ma’lumotlar asosida Gibbs erkin energiyasining haroratga bog‘liqlik tenglamalari tuzildi.

Tenglamalar 1-jadvalda taqdim etilgan. Tahlil $\Delta G(T) = \Delta H^0 - T\cdot\Delta S^0$ tenglamasi asosida olib borildi. Olingan natijalar ko‘p komponentli tizimda qaysi reaksiyalar ustuvor ekanligini aniqlash hamda komponentlarni tanlab ajratib olish sharoitlarini ilmiy asoslash imkonini beradi. Quyida ushbu reaksiyalar bo‘yicha batafsil ilmiy tahlil keltiriladi (1-jadval).

1-jadval
Mis ishlab chiqarish shlaklarini flotatsion boyitish jarayoni chiqindisining asosiy komponentlari va natriy gidroksid o‘rtasida sodir bo‘ladigan kimyoviy reaksiyalarning termodinamik tenglamalari

№	Kimyoviy reaksiyalar	Gibbs energiyalarini hisoblash tenglamalari, kJ/mol
1	$Fe_2SiO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + 2FeO + H_2O$	$\Delta G_1(T) = -13,90 - 0,1484 \cdot T$
2	$Fe_2SiO_4 + 4NaOH \rightarrow Na_4SiO_4 + 2FeO + 2H_2O$	$\Delta G_2(T) = -121,90 - 0,2916 \cdot T$
3	$FeSiO_3+2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3+FeO+H_2O$	$\Delta G_3(T) = 145,20 - 0,1036 \cdot T$
4	$Fe_2SiO_4+4NaOH \rightarrow 2Fe(OH)_2+Na_4SiO_4$	$\Delta G_4(T) = -312,10 - 0,1029 \cdot T$
5	$2Fe_2SiO_4+8NaOH+O_2 \rightarrow 4NaFeO_2+2Na_2SiO_3+4H_2O$	$\Delta G_5(T) = -509,80 - 0,3248 \cdot T$
6	$Ca_2SiO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + 2CaO + H_2O$	$\Delta G_6(T) = 87,50 - 0,1221 \cdot T$
7	$Ca_2SiO_4 + 4NaOH \rightarrow Na_4SiO_4 + 2CaO + 2H_2O$	$\Delta G_7(T) = -20,50 - 0,2653 \cdot T$
8	$Al_2O_3 \cdot SiO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + Al_2O_3 + H_2O$	$\Delta G_8(T) = -36,40 - 0,1283 \cdot T$

Izoh. Muallif ishlanmasi.

Birlamchi termodinamik baholashlar natijasida 1-reaksiya issiqlik effekti jihatidan deyarli neytral ($\Delta H \approx -13,9$ kJ/mol) ekanligi va ijobiy entropiya o‘zgarishi ($\Delta S \approx +148,4$ J/mol·K) tufayli xona haroratida ham o‘z-o‘zidan boradi lekin juda sekin borganligi sababli yuqori haroratlarda borish ehtimolligi va tezligi ancha ortadi (2-jadval).

2-jadval
Har bir kimyoviy reaksiyada harorat ortishi bilan Gibbs energiyasining o‘zgarish qiymatlari

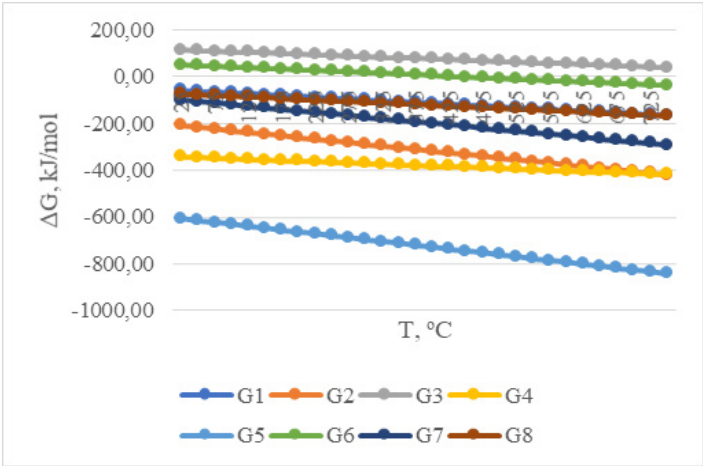
№	Harorat		Gibbs energiyasi, kJ/mol							
	T, K	T, °C	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8
1	298	25	-58,12	-208,80	114,33	-342,76	-606,59	51,11	-99,56	-74,63
2	323	50	-61,83	-216,09	111,74	-345,34	-614,71	48,06	-106,19	-77,84
3	348	75	-65,54	-223,38	109,15	-347,91	-622,83	45,01	-112,82	-81,05
4	373	100	-69,25	-230,67	106,56	-350,48	-630,95	41,96	-119,46	-84,26
5	398	125	-72,96	-237,96	103,97	-353,05	-639,07	38,90	-126,09	-87,46
6	423	150	-76,67	-245,25	101,38	-355,63	-647,19	35,85	-132,72	-90,67
7	448	175	-80,38	-252,54	98,79	-358,20	-655,31	32,80	-139,35	-93,88
8	473	200	-84,09	-259,83	96,20	-360,77	-663,43	29,75	-145,99	-97,09
9	498	225	-87,80	-267,12	93,61	-363,34	-671,55	26,69	-152,62	-100,29
10	523	250	-91,51	-274,41	91,02	-365,92	-679,67	23,64	-159,25	-103,50
11	548	275	-95,22	-281,70	88,43	-368,49	-687,79	20,59	-165,88	-106,71
12	573	300	-98,93	-288,99	85,84	-371,06	-695,91	17,54	-172,52	-109,92
13	598	325	-102,64	-296,28	83,25	-373,63	-704,03	14,48	-179,15	-113,12
14	623	350	-106,35	-303,57	80,66	-376,21	-712,15	11,43	-185,78	-116,33
15	648	375	-110,06	-310,86	78,07	-378,78	-720,27	8,38	-192,41	-119,54
16	673	400	-113,77	-318,15	75,48	-381,35	-728,39	5,33	-199,05	-122,75
17	698	425	-117,48	-325,44	72,89	-383,92	-736,51	2,27	-205,68	-125,95
18	723	450	-121,19	-332,73	70,30	-386,50	-744,63	-0,78	-212,31	-129,16
№	**T, K**	**T, °C**	**G_1**	**G_2**	**G_3**	**G_4**	**G_5**	**G_6**	**G_7**	**G_8**
19	748	475	-124,90	-340,02	67,71	-389,07	-752,75	-3,83	-218,94	-132,37
20	773	500	-128,61	-347,31	65,12	-391,64	-760,87	-6,88	-225,58	-135,58
21	798	525	-132,32	-354,60	62,53	-394,21	-768,99	-9,94	-232,21	-138,78
22	823	550	-136,03	-361,89	59,94	-396,79	-777,11	-12,99	-238,84	-141,99
23	848	575	-139,74	-369,18	57,35	-399,36	-785,23	-16,04	-245,47	-145,20
24	873	600	-143,45	-376,47	54,76	-401,93	-793,35	-19,09	-252,11	-148,41
25	898	625	-147,16	-383,76	52,17	-404,50	-801,47	-22,15	-258,74	-151,61

26	923	650	-150,87	-391,05	49,58	-407,08	-809,59	-25,20	-265,37	-154,82
27	948	675	-154,58	-398,34	46,99	-409,65	-817,71	-28,25	-272,00	-158,03
28	973	700	-158,29	-405,63	44,40	-412,22	-825,83	-31,30	-278,64	-161,24
29	998	725	-162,00	-412,92	41,81	-414,79	-833,95	-34,36	-285,27	-164,44
30	1023	750	-165,71	-420,21	39,22	-417,37	-842,07	-37,41	-291,90	-167,65

Izoh. Muallif ishlanmasi.

2-reaksiya nisbatan yuqori darajada ekzotermik xarakterga ega bo‘lib (ΔH ≈ −121,9 kJ/mol), entropiyaning keskin oshishi (ΔS ≈ +291,6 J/(mol·K)) bilan birgalikda ΔG qiymatining harorat ortishi bilan tez pasayishiga olib keladi. Natijada reaksiyaning termodinamik jihatdan o‘z-o‘zidan sodir bo‘lish ehtimoli ortadi va jarayonning barqaror kechishi uchun qulay sharoit yuzaga keladi. Ushbu reaksiya energiya samaradorligi va termodinamik jihatdan qulayligi nuqtayi nazaridan muayyan termokimyoviy afzalliklarga ega hisoblanadi.

3-reaksiya kuchli endotermik xarakterga ega bo‘lib (ΔH ≈ +145,2 kJ/mol), entropiyaning ortishi (ΔS ≈ +103,6 J/(mol·K)) harorat oshgan taqdirda ham reaksiyaning termodinamik jihatdan qulay kechishini ta’minlay olmaydi. ΔG qiymati ko‘rib chiqilgan haroratlarning aksariyatida musbat bo‘lib qoladi, bu esa reaksiyaning sodir bo‘lishi uchun yuqoriroq harorat sharoitlari zarurligini ko‘rsatadi. Natijada jarayonning samarali kechishi uchun yuqori harorat talab etilishi aniqlandi. Shuning uchun 3-reaksiya ko‘rib chiqilgan sharoitlarda termodinamik jihatdan nisbatan kamroq qulay hisoblanadi. Bu holat 1-rasmda grafik tarzda aniq ifodalangan (1-rasm).



1-rasm. Shlaklarni flotatsion boyitish jarayoni chiqindisining asosiy komponentlari va NaOH orasidagi reaksiyalarida Gibbs energiyasining haroratga bog‘liqligi[1]

1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, ΔH ≈ −312,1 kJ/mol va ΔS ≈ +102,9 J/(mol·K) bo‘lgan 4-reaksiya kuchli ekzotermik xarakteri bilan ajralib turadi. ΔG qiymati butun harorat oralig‘ida manfiy bo‘lib, reaksiyaning yuqori harorat talab etilmasdan o‘z-o‘zidan sodir bo‘lishiga imkon beradi. Bu esa mazkur reaksiyani amaliy jihatdan barqaror va energiya tejamkor variant sifatida tavsiflaydi.

Tahlil qilingan reaksiyalar ichida eng katta termodinamik afzallik aynan 5-reaksiyaga to‘g‘ri keladi: ΔH ≈ −509,8 kJ/mol va ΔS ≈ +324,8 J/(mol·K). Bunday qiymatlar ΔG ning harorat ortishi bilan yanada keskin kamayishini ta’minlaydi. Shuningdek, kislorod ishtirokidagi oksidlanish reaksiyasi sifatida ushbu yo‘nalish energetik jihatdan eng qulay bo‘lib, sanoat sharoitida alohida ahamiyatga ega.

6-reaksiya ham termodinamik jihatdan qulay yo‘nalishlardan biri bo‘lib, ΔH ≈ −113,8 kJ/mol va ΔS ≈ +150,6 J/(mol·K) qiymatlari keng harorat diapazonida ΔG ning manfiy bo‘lishiga imkon beradi. Bu kalsiyli silikatlarni utilizatsiya qilish uchun maqbul yo‘nalish hisoblanadi.

7-reaksiya yuqoridagi reaksiyaga nisbatan kuchliroq ekzotermik xarakterga ega (ΔH ≈ −246,8 kJ/mol) bo‘lib, entropiyaning ancha yuqori qiymati (ΔS ≈ +313,2 J/(mol·K)) uning haroratga sezgirligini va termodinamik jihatdan qulayligini oshiradi. Ushbu reaksiya yuqori haroratli ishqoriy ishlov berish sharoitlarida barqaror kechadi.

Yangi ko‘rib chiqilgan 8-reaksiya, ya’ni $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ birikmasining natriy gidroksid bilan reaksiyasi, ΔH ≈ −164,1 kJ/mol va ΔS ≈ +153,0 J/(mol·K) qiymatlari asosida termodinamik jihatdan qulay hisoblanadi. Ushbu yo‘nalish alyumosilikatli chiqindilarni qayta ishlashda amaliy ahamiyatga ega bo‘lib, Na_2SiO_3 moddasini olish orqali iqtisodiy samaradorlikni ta’minlaydi.

Yuqoridagi tahlillar shuni ko‘rsatadiki, ΔG(T) tenglamalari har bir reaksiya uchun muhim diagnostik vosita

1 Muallif ishlanmasi.

bo‘lib xizmat qiladi. Ayniqsa, 1-, 2-, 4-, 5-, 7- va 8-reaksiyalar ΔG ning haroratga bog‘liq holda manfiy qiymatlarga ega bo‘lishi bilan tavsiflanadi va termodinamik nuqtayi nazardan eng qulay variantlar sifatida baholanadi. 5-reaksiya esa entalpiya va entropiya ko‘rsatkichlari bo‘yicha termodinamik jihatdan qulay bo‘lishiga qaramay, uning jarayonda sodir bo‘lishini cheklash yoki imkon qadar oldini olish maqsadga muvofiqdir. Chunki ushbu reaksiya natijasida hosil bo‘ladigan natriy ferrit kerakli temirning katta qismini eritmaga o‘tishiga sabab bo‘ladi. Bu esa temirni ajratib olish unumdorligiga ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun dastlabki kuydirish jarayonida kislorodning ishtirokini cheklash zarur. 3- va 6-reaksiyalarning esa berilgan sharoitlarda sodir bo‘lish ehtimoli nisbatan past bo‘lib, 6-reaksiyada Gibbs erkin energiyasi faqat 450 °C dan yuqori haroratda manfiy qiymatlarga o‘ta boshlaydi.

Mis ishlab chiqarish shlaklarini flotatsion boyitish chiqindilarini ishqoriy muhitda termik faollashtirish jarayoni uchun optimal haroratni aniqlash maqsadida olib borilgan termodinamik tahlil natijalari asosida quyidagi xulosalarga kelindi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, sakkizta muqobil kimyoviy reaksiyadan faqat beshtasi — 1-, 2-, 4-, 7- va 8-reaksiyalar — sanoat sharoitida energetik va texnologik jihatdan maqbul hisoblanadi. Ushbu reaksiyalarning har biri uchun Gibbs erkin energiyasining ΔG(T) qiymati butun harorat oralig‘ida yoki ma’lum past haroratlardanoq manfiy bo‘lib, ularning termodinamik jihatdan o‘z-o‘zidan sodir bo‘lish imkoniyatini ko‘rsatadi. Ayniqsa, 2-, 4-, 7- va 8-reaksiyalar kuchli ekzotermik xarakterga ega bo‘lib, harorat ortishi bilan ularning termodinamik jihatdan qulayligi va energiya samaradorligi oshadi. 1-reaksiya esa issiqlik ta’sirida faollashadigan reaksiyalar sirasiga kiradi va faqat 100 °C dan yuqori haroratda samarali kechadi.

Shu bilan birga, 3-, 5- va 6-reaksiyalar turli sabablarga ko‘ra texnologik jihatdan nisbatan kamroq maqbul deb topildi. Xususan, 3-reaksiya kuchli endotermik xarakterga ega bo‘lib, keng harorat diapazonida ΔG musbat qiymatda qoladi. 6-reaksiya faqat 450 °C dan yuqori haroratda termodinamik jihatdan qulaylasha boshlaydi, bu esa qo‘shimcha energiya sarfini talab qiladi. 5-reaksiya harorat ortishi bilan termodinamik jihatdan yanada qulaylashadi, biroq kislorod ishtirokida natriy ferrit ($NaFeO_2$) hosil bo‘lishi keyingi gidrometallurgik jarayonda temirning eritmaga o‘tishiga olib keladi. Bu esa texnologik nuqtayi nazardan maqsadga muvofiq emas.

Shunday qilib, yuqoridagi tahlillar asosida optimal harorat diapazoni sifatida 300–350 °C oralig‘i aniqlandi. Ushbu oraliqda 1-, 2-, 4-, 7- va 8-reaksiyalar termodinamik jihatdan samarali kechadi. Reaksion tizimga kislorodning kirishi cheklangan sharoitda esa boshqa reaksiya yo‘nalishlarining faollashish ehtimoli kamayadi. Mazkur harorat oralig‘ida olib borilgan kuydirish jarayoni nafaqat energiya tejamkorligini ta’minlaydi, balki chiqindilardagi kremniy, temir, kalsiy va alyuminiy silikatlarini gidrometallurgik ishlov berishga yaroqli faol shakllarga aylantirish uchun maqbul sharoit yaratadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Mis ishlab chiqarish shlaklarini flotatsion boyitish chiqindilaridagi asosiy silikatlar va natriy gidroksid (NaOH) o‘rtasida sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan sakkizta kimyoviy reaksiyaning Gibbs erkin energiyasi bo‘yicha hisoblash natijalari natriy metasilikat va ortosilikat hosil bo‘lishi termodinamik jihatdan maqbul ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida reaksiyalarning entalpiya va entropiya ko‘rsatkichlari hamda Gibbs erkin energiyasining haroratga bog‘liq o‘zgarishi qiyosiy tahlil qilindi. Natijada 1-, 2-, 4-, 7- va 8-reaksiyalar ishqoriy termik faollashtirish jarayonida energetik va texnologik jihatdan qulay yo‘nalishlar sifatida baholandi.

Termodinamik tahlil natijalariga ko‘ra, 3- va 6-reaksiyalarning samarali kechishi uchun nisbatan yuqori harorat talab etilishi aniqlandi. Shu bilan birga, 5-reaksiya termodinamik jihatdan qulay bo‘lishiga qaramay, kislorod ishtirokida natriy ferrit ($NaFeO_2$) hosil bo‘lishi keyingi gidrometallurgik bosqichlarda temirning eritmaga o‘tishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu bois, temirni ajratib olish samaradorligini saqlab qolish maqsadida dastlabki kuydirish jarayonida kislorodning reaksion muhitga kirishini cheklash va uning miqdorini nazorat qilish muhim ahamiyatga ega.

O‘tkazilgan termodinamik hisoblashlar asosida mis ishlab chiqarish shlaklarini flotatsion boyitish chiqindilarini natriy gidroksid ishtirokida ishqoriy termik faollashtirish uchun 300–350 °C harorat oralig‘i maqbul deb belgilandi. Mazkur harorat diapazoni silikat birikmalarining kimyoviy faolligini oshirish, kremniyni eruvchan natriy silikat shakliga o‘tkazish hamda temir saqlovchi qoldiqni keyingi gidrometallurgik qayta ishlash bosqichlariga tayyorlash uchun qulay sharoit yaratadi. Shuningdek, ushbu harorat oralig‘ini tanlash jarayonning energiya sarfini maqbullashtirish va texnologik samaradorligini oshirish nuqtayi nazaridan ham muhim hisoblanadi.

Tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, ishqoriy termik faollashtirish jarayonini amalga oshirishda harorat rejimi, natriy gidroksidning miqdori, kuydirish davomiyligi va reaksion muhit tarkibini o‘zaro bog‘liq holda nazorat qilish tavsiya etiladi. Ayniqsa, kislorod ishtirokini cheklash orqali natriy ferrit hosil bo‘lish ehtimolini kamaytirish va temir saqlovchi komponentlarning keyingi bosqichlarda samarali ajratib olinishini ta’minlashga alohida e’tibor qaratish maqsadga muvofiqdir.

Kelgusida aniqlangan termodinamik qonuniyatlarni tajribaviy natijalar bilan taqqoslash, tanlangan harorat oralig‘ida silikat birikmalarining o‘zgarish darajasini baholash hamda hosil bo‘lgan mahsulotlarning keyingi gidrometallurgik jarayonlardagi xususiyatlarini o‘rganish tavsiya etiladi. Ushbu yondashuv mis ishlab chiqarish shlaklarini flotatsion boyitish chiqindilarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish, foydali komponentlardan samarali foydalanish va metallurgiya chiqindilarini qayta ishlashning ilmiy-texnologik asoslarini rivojlantirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Askarova N. M. Comprehensive Analysis of Ferrous Industrial Waste and Prospects for Expanding the Secondary Raw Material Base / N. M. Askarova // International Journal of Scientific Bulletin. – 2026. – Vol. 3, № 1. – P. 10–17.
2. Askarova N. M. Gidrolizlashdan olingan temir (II)-gidroksidi cho‘kmasidan gematit olish jarayonining termodinamikasi va kinetikasi / N. M. Askarova, O. N. Boltayev, S. T. Hojiyev, N. E. Axmedova // Development of Science. – 2025. – Vol. 9, № 2. – B. 61–68.
3. Askarova N. M. Boyitilgan Angren ko‘mir koni kaolinidan alyuminiy va kremniy oksidlarini olish imkoniyatlari / N. M. Askarova, N. E. Ahmedova // Research and Education. – 2022. – Vol. 1, № 2. – B. 269–272.
4. Askarova N. M. Temir oksidli pigment olishning zamonaviy usullarini o‘rganish va tahlil qilish / N. M. Askarova, N. E. Axmedova // Development of Science. – 2025. – Vol. 6, № 2. – B. 65–72.
5. Askarova N. Temir oksidli pigmentlarning ishlab chiqarish manbalari va jahon bozoridagi rivojlanish tendensiyalari / N. Askarova, N. Axmedova // Muhandislik va Iqtisodiyot. – 2025. – Vol. 3, № 9. – B. 6–10. – DOI: 10.5281/zenodo.17107783.
6. Axmedova N. E. Analysis of Technogenic Waste from Iron-Containing Metallurgical Production Processes / N. E. Axmedova // Innovation Science and Technology. – 2025. – Vol. 1, № 9. – P. 45–50. – DOI: 10.5281/zenodo.17448081.
7. Busolic D. Recovery of Iron from Copper Flash Smelting Slags / D. Busolic et al. // Mineral Processing and Extractive Metallurgy. – 2011. – Vol. 120, № 1. – P. 32–36. – DOI: 10.1179/037195510X12772935654945.
8. Gyurov S. Technological Scheme for Copper Slag Processing / S. Gyurov et al. // International Journal of Mineral Processing. – 2017. – Vol. 158. – P. 1–7. – DOI: 10.1016/j.minpro.2016.11.008.
9. Li J. Alkaline Leaching of Copper Smelting Slag Beneficiation Tailings for Iron–Silicon Separation and Utilization / J. Li, Y. Ju, M. Sun // Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy). – 2022. – № 7. – P. 20–23, 42.
10. Matkarimov S. Thermodynamics of Carbothermal Reduction Process Copper Slag / S. Matkarimov et al. // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2024. – Vol. 59, № 5. – DOI: 10.59957/jctm.v59.i5.2024.23.
11. Miganei L. New Residue-Free Processing of Copper Slag from Smelter / L. Miganei et al. // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 164. – P. 534–542. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.06.209.
12. Samadov A. [Maqola nomi taqdim etilmagan] / A. Samadov, N. Askarova, R. Toshkodirova, N. Akhmedova, O. Boltayev, K. Mirzayev, A. Kambarov // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 524. – Art. 02014. – DOI: 10.1051/e3sconf/202452402014.

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 10

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S–5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: №095310.

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy**


+998 93 718 40 07

https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal

t.me/yait_2100