

**QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/2025.27.12.T.17.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

OLMALIQ DAVLAT TEXNIKA INSTITUTI

PARMONOV G‘AYRAT MAXMATQULOVICH

**“O‘ZBEKISTON TEXNOLOGIK METALLAR KOMBINATI” AJ
CHIQINDI SAQLASH MAYDONLARI VOLFRAM KEKLARINI
KOMPLEKS QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**05.02.01 – Mashinasozlikda materialshunoslik. Quymachilik. Metallarga termik va bosim
ostida ishlov berish. Qora, rangli va noyob metallar metallurgiyasi**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Qarshi – 2026

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Content of dissertation abstract of Doctor of Philosophy (PhD)
of technical sciences**

Parmonov G'ayrat Maxmatqulovich

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari
volfram keklarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini ishlab
chiqish..... 3

Пармонов Гайрат Махматкулович

Разработка технологии комплексной переработки вольфрамовых кеков
отходов АО «Узбекский комбинат технологических металлов»..... 25

Parmonov Gayrat Makhmatkulovich

Development of a Technology for the Integrated Processing of Tungsten
Cake Waste from JSC “Uzbek Technological Metals Plant” 50

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works 54

**QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/2025.27.12.T.17.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

OLMALIQ DAVLAT TEXNIKA INSTITUTI

PARMONOV G'AYRAT MAXMATQULOVICH

**“O‘ZBEKISTON TEXNOLOGIK METALLAR KOMBINATI” AJ
CHIQINDI SAQLASH MAYDONLARI VOLFRAM KEKLARINI
KOMPLEKS QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**05.02.01–Mashinasozlikda materialshunoslik. Quymachilik. Metallarga termik va bosim
ostida ishlov berish. Qora, rangli va noyob metallar metallurgiyasi**

**TEXNIKA FANLARI bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Qarshi – 2026

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida №B2026.1.PhD/T5329 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Olmaliq davlat texnika institutida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezюме)) ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.kstu.uz) va «ZiyoNet» Axborot-ta'lim portalida (www.ziyounet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Xalilov Utkir Mirzakamolovich
texnika fanlari doktori (DSc), dotsent

Rasmiy opponentlar:

Saidaxmedov Aktam Abdusamiyevich,
texnika fanlari doktori, dotsent;

Xakimov Kamol Jurayevich
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent.

Yetakchi tashkilot:

Toshkent kimyo-texnologiya instituti

Dissertatsiya himoyasi Qarshi davlat texnika universiteti huzuridagi PhD 03/2025.27.12.T.17.04 raqamli ilmiy kengashning 2026 yil "03" oktyabr soat 11⁰⁰ daqiqa majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik shoh ko'chasi, 225-uy. Qarshi davlat texnika universiteti majlislar zali. Tel.: (75) 221-09-23; faks: (75) 224-13-95; e-mail: info@qtmu.uz, www.kstu.uz)

Dissertatsiya bilan Qarshi davlat texnika universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (___ raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik shoh ko'chasi, 225-uy. Qarshi davlat texnika universiteti majlislar zali. Tel.: (75) 220-09-24; faks: (75) 224-13-95).

Dissertatsiya avtoreferati 2026 yil "21" sentabr kuni tarqatildi.
(2026 yil 21" sentabrdagi №5-26 raqamli reestr bayonnomasi)



A.N. Shodiyev

Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., dotsent

O.A. Qayumov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash ilmiy koini, t.f.d. dotsent

B.R. Voxidov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Jahonda qattiq qotishmalar ishlab chiqarishda, mashinasozlikda, harbiy texnikalarda, burg'ilash jarayonlarida va ishlab chiqarishning boshqa sohalarida qo'llanilayotgan volfram metallini Sheelit konsentratlaridan, qattiq qotishma chiqindilaridan va volfram keklaridan ajratib olishning texnologik sxemalarini takomillashtirish muhim hisoblanadi. Shu bilan birga, volfram keklarini kompleks qayta ishlash gidrometallurgiya sanoati uchun muhim ahamiyatga ega bo'lib, bu turli texnik, texnologik, tashkiliy va boshqa muammolarni hal etishni taqozo etadi. Volfram keklarni ikki bosqichli tanlab eritish hamda sifatli volfram (VI) oksidi olish bo'yicha ko'p yillik tajribalar natijasida volfram keklari to'liq zararsizlantirilishi aniqlandi. So'nggi yillarda volfram keklarini qayta ishlash va chiqindisiz texnologiyaga erishish bo'yicha ko'plab ilmiy izlanishlar bajarilishiga qaramay, natriy karbonat va nitrat kislota bilan tanlab eritish eng istiqbolli yo'nalish bo'lib qolmoqda. Yaqin kelajakda gidrometallurgiya, metallurgiya, konchilik, aviakosmos sanoatlarida hamda yuqori yeyilishga bardoshli qattiq qotishmalar ishlab chiqarishda alohida qiziqish uyg'otadigan volfram (VI) oksidlarini qo'llash sohasining kengayishiga e'tibor qaratish muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi kunda dunyoda konchilik va metallurgiya sanoatida qo'llanilayotgan noyob metallarini ajratib olish jarayonlarini takomillashtirish va ularning tozaligini oshirish imkonini beruvchi texnologik ko'rsatkichlarini ishlab chiqish, volfram keklarini kompleks qayta ishlashga qaratilgan samarador texnologiyalarni yaratish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada volfram keklaridan volfram oksidi va kalsiy nitratni ajratib olishning eng samarali va chiqindisiz texnologik yechimlarini aniqlash, olingan volfram oksidini muqobil texnologik ko'rsatkichlarini asoslash, toza volfram oksidlarini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda "Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ va "Olmaliq kon-metallurgiya kombinati" AJ ishlab chiqarish korxonalarini samaradorligini oshirish bo'yicha ilg'or ilmiy asoslangan chora-tadbirlarni joriy qilib, qator ilmiy-amaliy natijalarga erishilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qarorida¹ "Respublikada tog'-kon korxonalarini mineral-hom ashyo bazasidan foydalanish samaradorligini oshirish" kabi muhim vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalardan kelib chiqqan holda, sanoat chiqindilarini qayta ishlashning mavjud usullarini takomillashtirish va ulardan noyob metallarni olish texnologiyasini yaratish asosiy vazifalardan bo'lib, bu yo'nalishga qaratilgan tadqiqotlar katta ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni, 2019-yil 17-yanvardagi PQ-4124-son "Kon-metallurgiya

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 24-iyundagi PQ-5159-sonli «Kon-metallurgiya sanoati va unga bog'liq sohalarni rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida»gi Qarori.

sohasi korxonalari faoliyatini kelgusida takomillashtirish choralari haqida”gi, 2019-yil 4-oktyabrdagi “2019-2030 yillar davrida O‘zbekiston Respublikasi “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risidagi”gi PQ-4477-son, 2020-yil 15-maydagi “Toshkent viloyatida sanoat ishlab chiqarish hajmlarini yanada kengaytirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4715-son, 2021-yil 24-iyundagi “Kon-metallurgiya sanoati va unga bog‘liq sohalarni rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-5159-son qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga mazkur dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika ilm-fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi. Mazkur tadqiqot ishi Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning II. “Energetika, energiya va resurs tejamkorlik” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Volfram keklarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish orqali ular tarkibidagi noyob metallarni ajratib olishni o‘rganish rivojiga xorijiy va mahalliy olimlar: A.N.Zelikman, A.V.Derevyankin, A.Yu.Dadabaev, A.T.Shoinbaev, D.Dyusebekov, I.I. Barinov, V.V. Koval, L.I. Kulikov, G.V. Chernyaev, H.Berg, H.A.Acciari, A.P.Surnikov, E.N.Mazurchuk, V.P.Bistrov, L.S.Strijko, A.P.Vinogradov, B.N.Laskorin, N.N.Semenov, E.V.Adamov, I.F.Barishnikov, S.S.Naboychenko, K.Sanakulov, E.A.Pirmatov, Y.P.Kupryakov, X.T.Sharipov, R.M.Mixriddinov, M.M.Yakubov, S.T.Parmonov va boshqa olimlar salmoqli hissalarini qo‘shganlar.

Jahon amaliyotida sanoat chiqindilaridan volfram va boshqa foydali komponentlarni ajratib olish bo‘yicha nazariy asoslarni yaratgan. Ularning ilmiy ishlari gidrometallurgik usullar (masalan, sulfatli, soda yoki ishqorli eritmalar bilan ishlov berish) va pirometallurgik yo‘llar bilan elementlarni ajratish texnologiyalarini taklif qilgan. O‘zbekiston olimlari tomonidan ham ushbu sohada izlanishlar olib borilgan. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Geologiya va geofizika instituti, Kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti, hamda Navoiy davlat konchilik instituti olimlari tomonidan volfram rudalarini qayta ishlash, ularning mineralogik tahlili, boyitish usullari va keklardagi elementlar tarkibini aniqlash bo‘yicha ilmiy ishlar mavjud.

Biroq, mavjud adabiyotlarni chuqur tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, aynan “O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlarida yig‘ilgan volfram keklarini kompleks qayta ishlash bo‘yicha maxsus texnologik yondashuvlar, yangi kompleks ishlov berish usullari, tanlab eritish yoki integratsiyalashgan texnologik sxemalar bo‘yicha izlanishlar yetarli darajada olib borilmagan. Xususan, keklarning fizik-kimyoviy va fazaviy tarkibi, ulardan volfram oksidlarini ajratib olishning optimal sharoitlari, texnologik jarayonlar samaradorligi va ekologik xavfsizligini kompleks baholovchi tadqiqotlar yetishmaydi.

Shuning uchun volfram chiqindilarini qayta ishlashning mavjud texnologiyalarini takomillashtirish va yangi texnologiyalarni ishlab chiqish dolzarb ilmiy va amaliy muammo bo‘lib, tanlab eritish usuli ishlab chiqish samaradorligini oshirishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilayotgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali ilmiy-tadqiqot rejasining AK-008/22 “O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish” (2024 y.) mavzusidagi loyihalar doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi “O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

volfram keklarini hamda ularning eritmalarining fizik-kimyoviy, minerologik va strukturaviy xususiyatlarini tahlil etish va erish tezligining omillarini aniqlash;

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini kompleks qayta ishlab tarkibidan volfram (VI) oksidi va kalsiyli mineral o‘g‘itini olish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borish;

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ volfram keklarini tanlab eritish jarayonining asosiy kimyoviy reaksiyalarini termodinamik tahlil etish va ta’sir etuvchi omillarini aniqlash;

volfram chiqindi saqlash maydonidagi keklarni gidrometallurgik usulda qayta ishlash orqali iqtisodiy tejankor texnologik zanjir sxemasini yaratish;

volfram keklarini qayta ishlashning material balansi va iqtisodiy samaradorligini ilmiy tahlil etish hamda innovasion texnologik jarayonni ishlab chiqish.

Tadqiqotning obyekti sifatida “O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlaridagi volfram keklari, ularning eritmalari, kalsiy nitrat eritmalari olingan.

Tadqiqotning predmetini “O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlarida to‘plangan volfram chiqindi keklarini qayta ishlash jarayonlari va fizik-kimyoviy tahlillarni o‘z ichiga olgan kompleks gidrometallurgik texnologiyasini ishlab chiqish tashkil etgan.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishini bajarishda volfram keklarini tanlab eritish orqali qayta ishlash bo‘yicha faoliyat yuritayotgan korxonalaridagi ilmiy-texnik ma’lumotlar va tajribalarni tahlil qilish; Rentgenofazali, IQ-spektral tahlil, fizik-kimyoviy tahlil, elektron mikroskopiya, rentgen fluoressent spektrogramma tahlil usullardan foydalangan holda nazariy tadqiqotlar; laboratoriya tajribalari, tajriba-sanoat sinovlari va ishlab chiqilgan usullarni ishlab chiqarish sharoitida sinovdan o‘tkazish; fizik-mexanik usullar, hamda zarrachalarning o‘lchami, shakli va zarracha sirtining morfologik tahlili, tajriba ma’lumotlarini qayta ishlashning matematik usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ volfram tarkibli texnogen chiqindi keklarining fizik-kimyoviy xossalari, zarrachalarning yuza tuzilishi,

strukturalari, morfologiyasi va volfram birikmasining eritmaga o'tish qonuniyatlari aniqlangan;

volframli kekni kompleks qayta ishlashda gidrometallurgiya usulda, avtoklav qurilmasida P-25 atm gacha, T-200-250 haroratda asosiy volfram birikmasi parchalash omillari o'rganildi va 57 % HNO_3 eritmasida karbonatlarni parchalash jarayoni ishlab chiqilgan;

volfram keklarini bosqichma-bosqich tanlab eritish jarayonida harorat, vaqtga va Na_2CO_3 konsentratsiyasiga ta'sir etuvchi omillar to'liq ilmiy tahlil etilib, asosiy metallning eritmaga o'tish darajasini 82,27% ga etganligi aniqlangan;

volfram keklarini kompleks qayta ishlash texnologiyasining material balansi hisoblab chiqildi va uning samaradorligi, taqqoslama kalkulyatsiyasi ishlab chiqilgan;

kekni qayta ishlashning innovatsion texnologik uskunalarning ketma-ketlik zanjirli sxemasi yaratilgan va jarayonlarning bosqichli amaliy qonuniyatlari asoslangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

“O'zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini natriy karbonat eritmasi bilan kompleks qayta ishlab 87% li volfram (VI) oksidi olishning texnologiyasi ishlab chiqilgan;

“O'zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini nitrat kislota ishtirokida kompleks qayta ishlab tarkibidagi kalsiy oksid birikmalarini to'liq zararsizlantirish orqali qishloq xo'jaligida qo'llaniladigan 23%li kalsiyli mineral o'g'iti olish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

“O'zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlarida 38500 m³ maydoni egallab turgan qattiq fazali volfram keklarini tanlab eritish orqali energotejamkor texnologiyasi ishlab chiqilgan;

“O'zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini qayta ishlash texnologiyasining bosqichlarini qisqartirish va umumiy xarajatlar kamaytirish hamda iqtisodiy tejamkorlikka erishish imkonini beruvchi texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi quyidagilar bilan tasdiqlanadi: masalalarni qo'yish yo'nalishlari to'g'riligi, laboratoriya va tajriba-sanoat sinovlarining yetarli va statistik jihatdan asoslangan hajmi; volfram keklarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha ishlarning asosiy g'oyasini miqdoriy jihatdan tasdiqlash; olingan natijalarni laboratoriya sinovlari va fizik-kimyoviy asoslari usullari bilan mos kelishi; ishlab chiqilgan qayta ishlash texnologiyasini tajriba sharoitida sinovdan o'tkazishda olingan ijobiy natijalar; taklif qilingan tavsiyalar, usullarning sanoat aprotatsiyasi va erishilgan texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar bilan isbotlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati eng maqbul tuz va kislota lar ishtirokida volfram keklarini tanlab eritish usuli bilan qayta ishlash natijasida olingan volfram (VI) oksidining tozaligi hamda miqdori kek tarkibidagi qo'shimcha birikmalarga, tanlab eritish haroratiga va davomiyligiga, eritmaning quyuq-

suyuqligiga hamda natriy karbonat va nitrat kislota miqdoriga bog‘liq holda shakllanishining tartibi aniqlanganligi orqali asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati tanlab eritish texnologiyasi, kimyoviy tanlab eritish texnologiyasi, volfram keklarini kompleks qayta ishlab toza volfram (VI) oksidi hamda kalsiy karbonat olish texnologiyasi, tanlab eritish rejimlarini ishlab chiqarishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlarida to‘plangan volfram keklarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini natriy karbonat eritmasi bilan kompleks qayta ishlash texnologiyasi “O‘zbekiston KMK” AJ “Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodi” da amaliyotga joriy etilgan (“O‘zbekiston KMK” AJ ning 2025 yil 19 avgustdagi №03/03-1525-sonli ma’lumotnomasi). Natijada 87% li volfram (VI) oksidi olish imkonini bergan;

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini tanlab eritish texnologiyasi “O‘zbekiston KMK” AJ “Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodi” da amaliyotga joriy etilgan (“O‘zbekiston KMK” AJ ning 2025 yil 19 avgustdagi №03/03-1525-sonli ma’lumotnomasi). Natijada volfram keklarini samarali qayta ishlash imkonini beruvchi energotejamkor texnologiyasi ishlab chiqish imkonini bergan;

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini nitrat kislota ishtirokida kompleks qayta ishlash orqali tarkibidagi kalsiy oksid birikmalarini to‘liq zararsizlantirish texnologiyasi “O‘zbekiston KMK” AJ “Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodi” da amaliyotga joriy etilgan (“O‘zbekiston KMK” AJ ning 2025 yil 19 avgustdagi №03/03-1525-sonli ma’lumotnomasi). Natijada qishloq xo‘jaligida qo‘llaniladigan 23%li kalsiyli mineral o‘g‘iti olish imkonini bergan;

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini ekologik toza va chiqindisiz ishlab chiqarish texnologiyasi “O‘zbekiston KMK” AJ “Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodi” da amaliyotga joriy etilgan (“O‘zbekiston KMK” AJ ning 2025 yil 19 avgustdagi №03/03-1525-sonli ma’lumotnomasi). Natijada hajmi 38500 m³ maydoni egallab turgan qattiq fazali volfram keklarini to‘liq zararsizlantirish imkonini bergan;

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini bosqichlari qisqartirilgan qayta ishlash texnologiyasi “O‘zbekiston KMK” AJ “Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodi” da amaliyotga joriy etilgan (“O‘zbekiston KMK” AJ ning 2025 yil 19 avgustdagi №03/03-1525-sonli ma’lumotnomasi). Natijada umumiy xarajatlar kamaytirildi hamda iqtisodiy tejamkorlikka erishish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 4 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlari va simpoziumlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 13 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarini asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola nashr etilgan, jumladan 5 ta respublika va 2 ta xorijiy jurnallarda. Shuningdek, natijalar 2 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamaga taqdim etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiyaning tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati hamda ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 127 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi asoslangan, muammoning o'rganilganlik darajasi, tadqiqotning maqsadi, vazifalari, obyekti, predmeti aniqlangan, shuningdek, tadqiqot ishi fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi, natijalarning ishonchliligi, nazariy va amaliy ahamiyati, natijalarning amaliyotga joriy etilishi, e'lon qilinganligi, ishning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar berilgan.

Dissertatsiyaning **“Volfram keklarini kompleks qayta ishlashning zamonaviy holati va rivojlanish tendensiyalari”** deb nomlangan birinchi bobi volfram keklarini kompleks qayta ishlashning zamonaviy holati, ilmiy asoslari va rivojlanish tendensiyalarini tahlil qilishga bag'ishlangan. Ushbu bobda volfram keklarini texnogen xom ashyo sifatida baholangan, ularning tarkibi va xususiyatlari tahlil qilingan, jahon tajribasi va mavjud texnologiyalarni tanqidiy o'rganilgan.

Hozirgi vaqtda kon-metallurgiya sanoatining jadal rivojlanishi natijasida texnogen chiqindilar hajmi ortib bormoqda. Texnogen chiqindilar – bu foydali qazilmalarni qazib olish, boyitish va qayta ishlash jarayonida hosil bo'ladigan ikkilamchi mahsulotlar bo'lib, ular tarkibida iqtisodiy jihatdan qimmatli elementlar saqlanishi mumkin.

Volfram ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan asosiy texnogen chiqindilar turiga volfram keklari kiradi. Ular gidrometallurgik qayta ishlash jarayonida hosil bo'ladi va tarkibida WO_3 hamda bir qator qo'shimcha komponentlar mavjud bo'ladi.

1-jadval

“O'zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlarida to'plangan volfram keklari tarkibiy ulushi, %

M	WO_3	SiO_3	Al_2O_3	CaO	K_2O	P	Fe	S
%	0,05-1,5	38-45	5-8	17-30	1,2	0,04-0,06	5-12	1

Mazkur tarkib shuni ko'rsatadiki, volfram keklari ikkilamchi xom ashyo sifatida qayta ishlash imkoniyatiga ega.

Volfram oltinchi guruh elementi bo'lib, yuqori zichlik va kimyoviy barqarorlik xususiyatlariga ega. Uning asosiy sanoat birikmasi – volfram (VI) oksidi (WO_3) hisoblanadi.

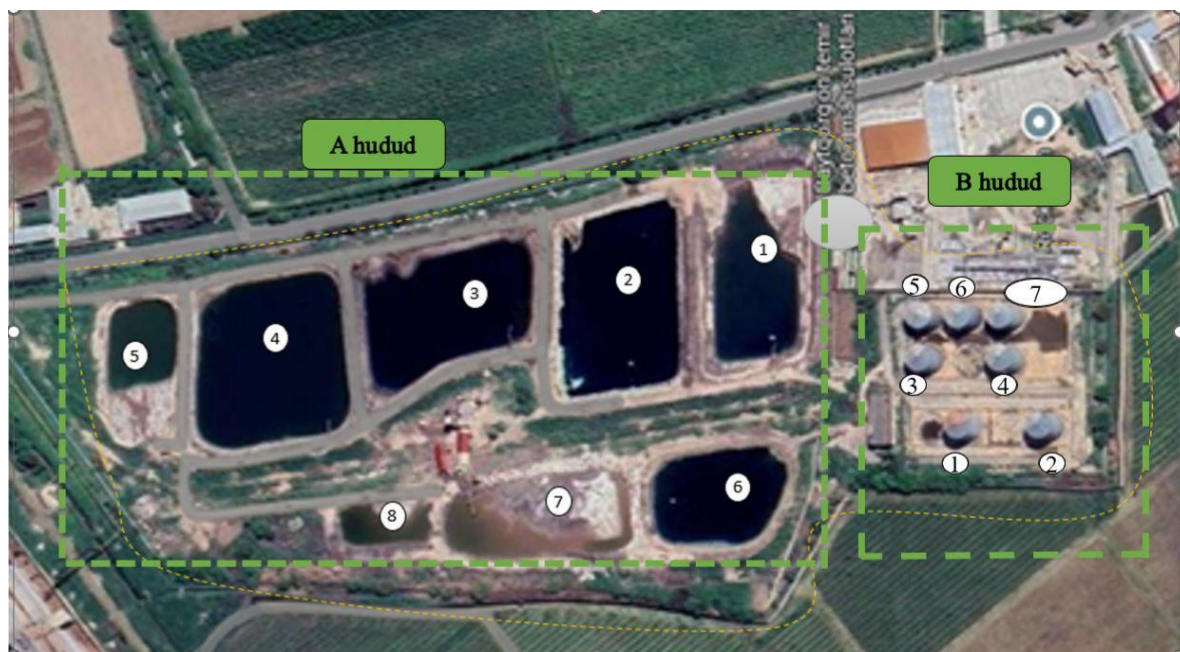
Volframning asosiy minerallariga quyidagilar kiradi: volframit $(\text{Fe,Mn})\text{WO}_4$, sheelit CaWO_4 ; gyubnerit MnWO_4 , ferberit FeWO_4 . Mazkur mineralogik va fazaviy xususiyatlar keyingi gidrometallurgik jarayonlar samaradorligini belgilaydi.

Bobda volfram chiqindilarini qayta ishlashning gidrometallurgik va pirometallurgik usullari tahlil qilingan. Gidrometallurgik usullarga soda va ishqorli eritmalar bilan tanlab eritish, nitrat va sulfat kislotali ishlov, eritmadan selektiv cho'ktirishlar kiradi. Pirometallurgik usullar esa yuqori haroratda qayta eritish hamda qaytaruvchi muhitda ishlov berishdan iborat. Chiqindilarini qayta ishlashda gidrometallurgik usullar energiya tejamkorligi va selektivligi sababli istiqbolli hisoblanadi.

Xorijiy va mamlakatimiz olimlar tomonidan volfram chiqindilarini qayta ishlash bo'yicha nazariy asoslar ishlab chiqilgan. Biroq, mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, aynan "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ chiqindi saqlash maydonlarida to'plangan volfram keklarini kompleks qayta ishlash bo'yicha maxsus texnologik yondashuvlar yetarli darajada ishlab chiqilmagan. Bu fizik-kimyoviy jarayonlarning yetarli o'rganilmaganligi, tanlab eritish parametrlarining optimallashtirilmaganligi, ekologik xavfsizlikning to'liq baholanmaganligi, texnologik bosqichlarning ko'pligi va iqtisodiy samaradorlik pastligi muammolarni yuzaga keltiradi.

Dissertatsiyaning **"Tadqiqotning obyektni tanlash va volfram hamda uning eritmalarining fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash metodikalari"** deb nom olgan ikkinchi bobida tadqiqot obyektni tanlash, namunalar olish va ularning fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash metodikalari izchil ravishda bayon etilgan bo'lib, mazkur bob dissertatsiyaning tajribaviy-metodologik asosini tashkil etadi. Bobning mantiqiy tuzilishi avvalo tadqiqot obyektni asoslash, so'ng namuna olish sxemasini ishlab chiqish, undan keyin esa qattiq faza va eritmalar tarkibini zamonaviy analitik usullar yordamida aniqlashdan iborat.

Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent viloyati, Chirchiq shahrida joylashgan "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ qoshidagi nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodining chiqindi saqlash maydonidagi volfram keklari tanlab olindi. Mazkur chiqindi maydonining umumiy hajmi 105600 m^3 ni tashkil etadi. Chiqindilar tarkibida volfram (VI) oksidi mavjudligi, ularning sanoat miqyosida qayta ishlash imkoniyati mavjudligi ushbu obyektni tanlashning ilmiy va amaliy asosini belgilab berdi.



A hudud. 1,5,7,8 - Volfram kekli maydon; 2,3,4,6- Molibden kekli maydon.
B hudud. B hudud. 2,4,5- Volframli eritma; 7,8,9,10- Molibdenli eritma.

1-rasm. “O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonining yuqoridan ko‘rinishi.

Chiqindi saqlash maydoni bir necha sektor va saqlash hududlariga bo‘lingan bo‘lib, volframli keklar asosan 1-, 5-, 7- va 8-maydonlarda to‘plangan (2-jadval).

2-jadval

Chiqindi saqlash maydonida volfram tarkibli kekларining umumiy hajmi

	Nomlanishi	1 maydon	5 maydon	7 maydon	8 maydon	Umumiy hajmi
1	Umumiy hajmi, m ³	17800	7 400	7500	5800	38500
2	Qattiq faza miqdori, ming/tonna	5,8	5,0	10,0	6,4	31,2
3	WO ₃ miqdori, %	1,3%	0,8	1,6	0,8	1,13
4	WO ₃ ning miqdori, tonna	75,4	40,0	160,0	51,24	251,2

Tahlillar natijasida chiqindi maydonidagi volfram kekларida jami 251,2 tonnagacha WO₃ mavjudligi aniqlandi. Bu ko‘rsatkich texnogen chiqindilarni qayta ishlash iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligini ko‘rsatadi.

Bundan tashqari, saqlash idishlarida volframli eritmalar ham mavjud bo‘lib, ularning umumiy hajmi 8000 m³ ni tashkil etadi, volfram konsentratsiyasi o‘rtacha 2,0 g/l ga teng bo‘lib, umumiy volfram miqdori 16 tonnaga yaqin. Bu esa qattiq va suyuq fazalarni kompleks qayta ishlash zarurligini asoslaydi.

Namuna olish ishlari tizimli va fazoviy yondashuv asosida amalga oshirildi. Umumiy maydonda 67 ta nuqta belgilandi va turli chuqurliklardan 134 ta namuna olindi. Janubiy qismda 0,2–4 m, sharqiy qismda 0,1-8 m, g‘arbiy-shimoliy qismda esa turli chuqurliklardan namunalar olindi. Oraliq masofalar 10×10 m, 20×20 m,

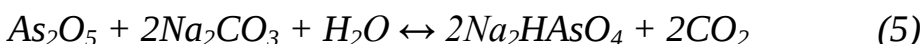
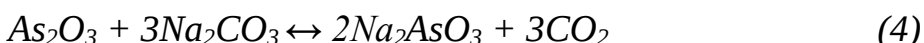
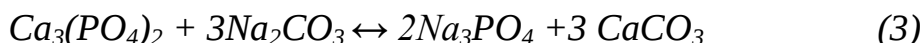
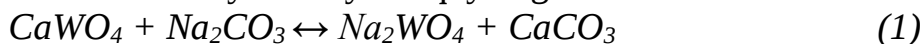
50×50 m va 60×60 m etib belgilandi. Har bir namuna 0,1–1,0 kg og‘irlikda bo‘lib, umumiy massa 60 kg ni tashkil etdi. Namuna olishda konus va shaxmat usullaridan foydalanilib, qimmatbaho komponentlarning teng taqsimlanganligi nazorat qilindi.

Volframli bo‘tana tarkibida qattiq va suyuq faza nisbatini aniqlash texnologik jarayonni optimallashtirishda muhim ahamiyat kasb etdi. 100 ml namuna vakuumda filtrlanib, nam cho‘kma massasi aniqlanadi va 25% namlik hisobga olinib quruq modda massasi topildi. Masalan, 100 g nam cho‘kmaning 25 g qismi namlik bo‘lsa, quruq modda 75 g ni tashkil etdi, suyuqlik massasi 325 g bo‘lganda Q/S nisbati 1:4,33 ga teng bo‘ldi. Bu ko‘rsatkich filtrlash va quritish jarayonlarini loyihalashda muhim parametr hisoblanadi.

Shunday qilib, ikkinchi bob doirasida tadqiqot obyektining ilmiy asoslangan tanlovi, tizimli namuna olish metodikasi hamda qattiq va suyuq fazalarni zamonaviy instrumental va kimyoviy usullar yordamida kompleks tahlil qilish mexanizmi ishlab chiqildi. Olingan natijalar chiqindilardagi volfram resursining miqdoriy va sifat ko‘rsatkichlarini aniqlash, ularni sanoat miqyosida qayta ishlash imkoniyatlarini baholash hamda texnologik jarayonlarni optimallashtirish uchun mustahkam analitik asos yaratdi.

Dissertatsiyaning **“Volfram texnogen chiqindilarining fizik-kimyoviy xossalarini hamda volfram keklarini tanlab eritishga ta’sir etuvchi omillarni tahlil qilish”** deb nomlangan uchinchi bobida volfram texnogen chiqindilarining fizik-kimyoviy xossalarini chuqur tahlil qilish hamda volfram keklarini tanlab eritish jarayoniga ta’sir etuvchi asosiy omillarni ilmiy asosda o‘rganish masalalari yoritilgan bo‘lib, mazkur bob tajribaviy natijalar va nazariy tahlillar uyg‘unligiga asoslanadi. Bobning mantiqiy tuzilishi avvalo mavjud sanoat texnologiyasini o‘rganish, so‘ng keklarning tarkibiy va strukturaviy xossalarini aniqlash, undan keyin esa tanlab eritish jarayonining kinetik va texnologik omillarini tahlil qilish ketma-ketligida bayon etilgan.

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ qoshidagi nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodida volfram yarim tayyor mahsulotlari asosan avtoklav-sodali gidrometallurgik usulda olinadi. Ushbu usulda volfram keklari 20-25 atm bosimda va 200-250°C haroratda natriy karbonat ishtirokida parchalanadi. Asosiy reaksiyalar quyidagicha ifodalanadi:



Rentgen fazali va IQ-spektral tahlillar shuni ko‘rsatdiki, volfram keki tarkibida pH ko‘rsatkichi bo‘yicha quyidagi holatda bo‘ladi:

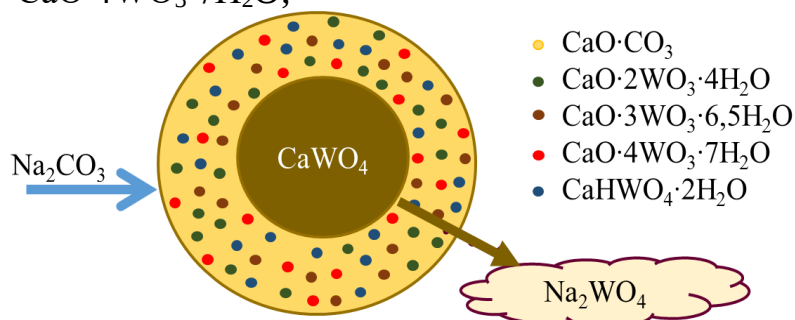
pH 8 - $\text{CaO} \cdot \text{WO}_3$;

pH 7 - $\text{CaO} \cdot 2\text{WO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$;

pH 6 - $\text{H}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

pH 5,6 - $\text{CaO} \cdot 3\text{WO}_3 \cdot 6,5\text{H}_2\text{O}$;

pH 4,0 - $\text{CaO} \cdot 4\text{WO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;

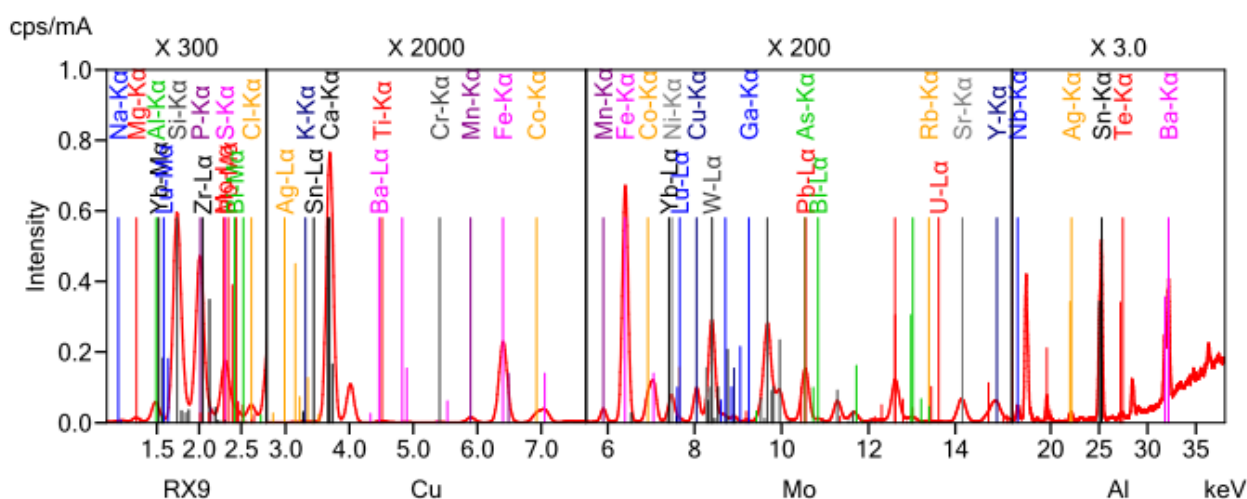


2 -rasm. Rentgenofazali va IQ-spektral tahlil natijalari

Shuningdek, kremniy, fosfor, mishyak va molibden birikmalari ham sodali muhitda o‘zaro reaksiyaga kirishadi. Reaksiya diffuzion-kinetik mexanizm asosida kechishi aniqlangan. Rentgen fazali va IQ-spektral tahlillar volfram kekidagi fazaviy o‘zgarishlar pH muhitiga bog‘liqligini ko‘rsatdi.

Volfram kekining kimyoviy tarkibi EDXRF usulida o‘rganildi. Elementar tahlil natijalari quyidagi asosiy komponentlar ustunligini ko‘rsatdi:

Spectrum



3-rasm. Olingan element tarkibining rentgen fluoressent spektrogramma tahlili

Asosiylari massa ulushi 38,1 % kalsiy, kremniy - 3,72 %, temir - 3,01 % va natriy - 3,0 % ni mavjudligini ko‘rishimiz mumkin. Bundan tashqari, alyuminiy miqdori - 0,893 %, magniy - 0,68 %, fosfor 1,04 %ni, Xlor - 0,03 %ni va kaliy - 0,150 % miqdorini tashkil qiladi. Natija shuni ko‘rsatib turibdiki tarkibi aralashgan mineralogik tarkibga ega silikatlar, sulfatlar hamda karbonatlar mavjudligini ko‘rsatmoqda.

EDS spektral tahlil natijalari ham kek tarkibining murakkabligini tasdiqladi. Asosiy elementlar sifatida Ca (55,95%), O (17,86%), Si (10,30%), Fe (5,19%) va W (2,01%) aniqlangan. Bu ma’lumotlar kekda oksidli va karbonatli fazalar ustunligini ko‘rsatadi.

SEM tahlillari volfram kekining sirt morfologiyasi notekis, g'ovaksimon va agregatlangan tuzilishga ega ekanligini ko'rsatdi. 2600× dan 11000× gacha kattalashtirilgan tasvirlarda yirik zich zarrachalar va mayda dispers fazalar mavjudligi kuzatildi. Ayrim zarrachalarning yuzasi karbonat plyonkasi bilan qoplangan bo'lib, bu diffuziya jarayonini sekinlashtiradi.

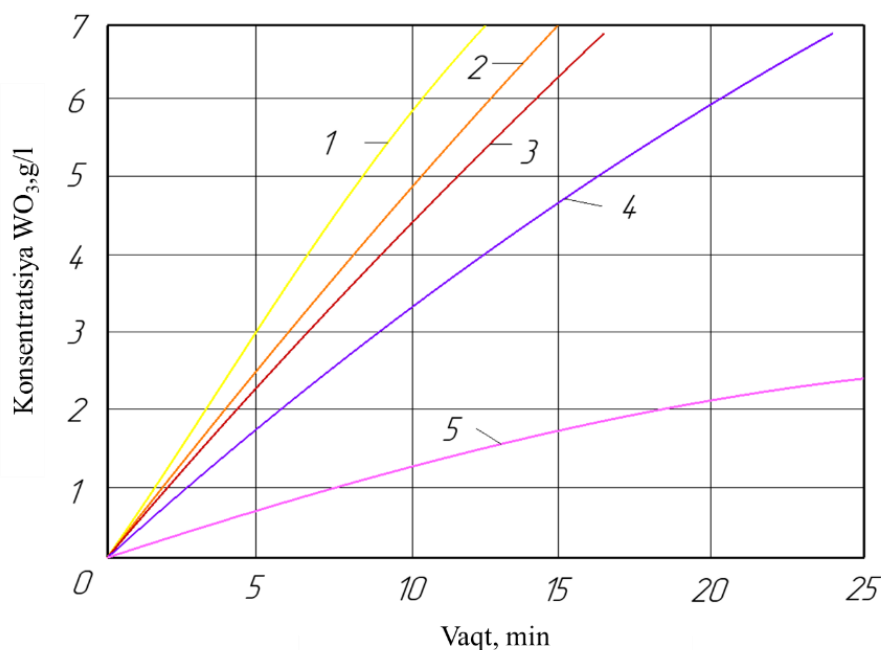
Karbonat qobiq asosan 62-65% kalsitdan iborat bo'lib, sheelit zarrachalarini o'rab turadi. Diffuzion qatlam qalinligi 100 mkm dan oshganda sodaning mineralga kirishi to'xtashi aniqlangan. Shu sababli keklarga 57% li nitrat kislota bilan ishlov berilib, karbonat qatlamining parchalanishi ta'minlandi. Tanlab eritish jarayonida zarracha yirikligi muhim kinetik omil sifatida baholandi. 95°C haroratda 25 g/l Na₂CO₃ eritmasida o'tkazilgan tajribalar natijalari quyidagicha:

3-jadval

Volfram keklarini erish tezligining qiymatlari

Volfram kekining o'lchami, mm	Erish tezligi, 10 ³ mol/l min
-0,074	2,78
-0,105 +0,074	2,16
-0,1484+0,105	1,99
-0,250+0,148	1,175
0,40+0,250	0,48

Natijalar zarracha maydalanishi bilan erish tezligi ortishini ko'rsatdi. Bu solishtirma yuzaning ortishi bilan reaksiya tezlashishini tasdiqlaydi. Volframning eritmaga o'tish darajasi ham zarracha yirikligiga bog'liq holda o'rganildi:



- 1) -0,074 mm; 2) -0,105 +0,074 mm; 3) - 0,148+ 0,105 mm; 4) -0,250+0,148 mm;
5) -0,40 +0,250 mm.

4-rasm. Soda eritmasida turli o'lchamli volfram keklarining 95° C da erish kinetikasi

Tajribada aniqlangan erish tezligi volfram keki zarrachalarining solishtirma yuzasi kattaligiga proporsional bo‘ladi.

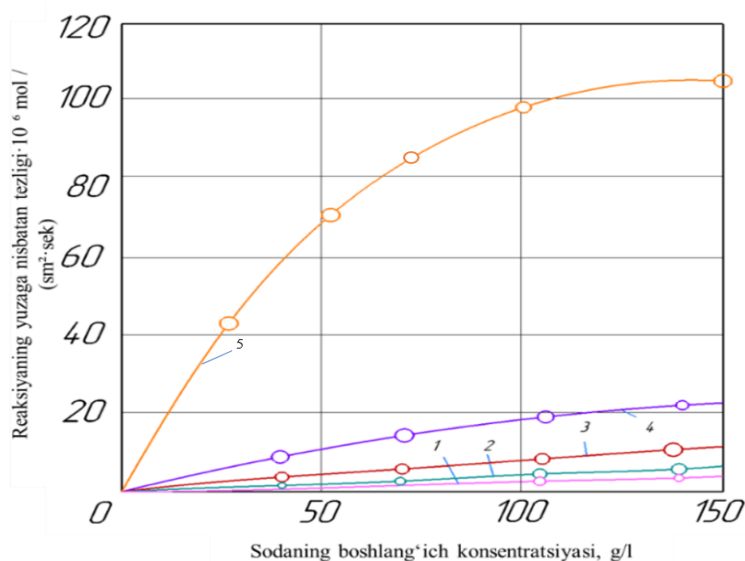
Volfram keklarini 95°C haroratda 2 soat davomida, 2 mkm gacha bo‘lgan juda yupqa zarrachalarini tanlab eritish, ishqorlashda volframni eritmaga ajratib olishda o‘lcham natijalari 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval

Kek o‘lchamlarining tanlab eritish va ishqorlash jarayonida volframning eritmaga o‘tishiga bog‘liqligi

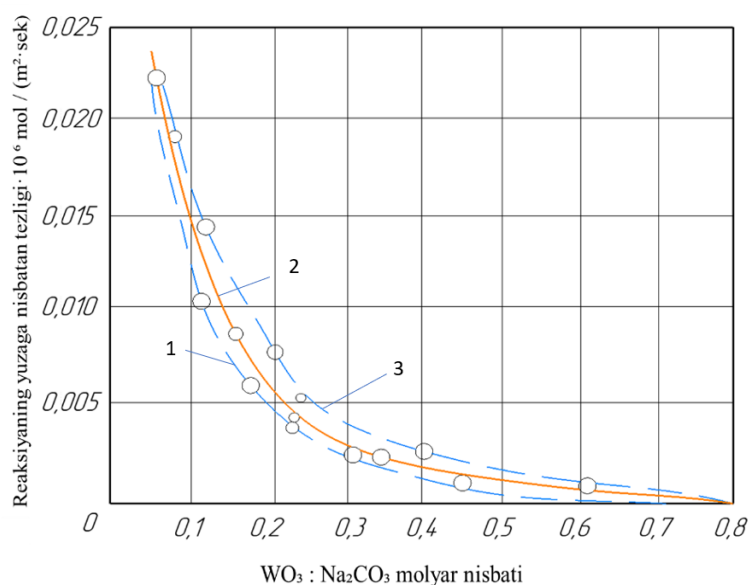
Volfram keking o‘lchami, mm	Volframni eritmaga ajralishi, %	Yiriklik sinfi, mm	Volframni eritmaga ajralishi, %
– 0.002	81.54	– 0.053 + 0.037	76.52
– 0.005 + 0.002	80.72	– 0.074 + 0.053	75.15
– 0.010 + 0.005	79.69	– 0.100 + 0.074	74.10
– 0.020 + 0.010	78.81	– 0.150 + 0.100	73.25
– 0.037 + 0.020	77.32	– 0.210 + 0.150	72.24

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, volfram keking zarrachalar o‘lchamlarining kamayishi, ya’ni ularning solishtirma yuzasi oshishi bilan volframning eritmaga ajralish darajasi sezilarli ravishda ortadi. Bunda mayda fraksiyali zarrachalar yuqori reaktivlik va erituvchi Na_2CO_3 bilan faol ta’sirlashish xususiyatiga ega. Volfram keklaridan WO_3 ni tanlab eritish usuli orqali samarali ajratib olishda kekning o‘lchamiga, temperaturaga, Q:S nisbatiga hamda Na_2CO_3 eritmasi konsentratsiyasiga bevosita bog‘liq bo‘lib, konsentratsiyaning ortishi bilan eritma muhitining agressivligi oshadi va natijada volframning ajralish samaradorligi yuqori bo‘ladi.



1) -2,4 g/l WO_3 , 2) -2,1 g/l WO_3 , 3) -1,8 g/l WO_3 , 4) 1,5 g/l WO_3 , 5) volframsiz soda eritmasi.

5-rasm. Turli konsentratsiyalardagi soda eritmalarida volfram miqdori volfram plyonkalarining erish tezligiga ta’siri.



1) $WO_3 : Na_2CO_3$ molyar nisbati ortib borishi bilan reaksiyaning yuzaga nisbatan tezligi 2) Reaksiyaning o‘rtacha kinetik holati 3) Yuqori molyar nisbatlarda reaksiya tezligining minimal qiymatlarda yaqinlashishi.

6-rasm. $WO_3 : Na_2CO_3$ molyar nisbatiga ko‘ra reaksiya tezligining o‘zgarishi

WO_3 va Na_2CO_3 o‘rtasidagi molyar nisbati ortib borishi bilan reaksiyaning yuzaga nisbatan tezligi muntazam ravishda kamayib boradi. Jarayonning boshlang‘ich qismida reaksiya tezligi yuqori bo‘lib, kimyoviy faollik kuchli bo‘ladi. Molyar nisbat oshishi bilan jarayonda faol komponentlarning kamayishi natijasida reaksiya kinetikasi sekinlashadi. Yuqori nisbatlarda jarayon asosan diffuziya va reagentlar yetishmovchiligi bilan cheklanib, reaksiya tezligi minimal qiymatlarga yaqinlashadi. Bu holatda optimal molyar nisbatni tanlash texnologik jarayon samaradorligi uchun muhim hisoblanadi. Ma’lumki, volfram keklarini tanlab eritish vaqti yetarlicha bo‘lmaganda eritmada volframning nisbiy miqdori ortishi bilan kekning erish tezligi pasayishi bilan WO_3 ajralishi kamayadi.

Shunday qilib, ushbu bob doirasida volfram kekining kimyoviy, fazaviy va morfologik xususiyatlari kompleks tahlil qilindi, tanlab eritish jarayoniga ta’sir etuvchi zarracha yirikligi, soda konsentratsiyasi, volframat miqdori va diffuzion omillar aniqlashtirildi. Olingan natijalar volfram texnogen chiqindilarini samarali qayta ishlash uchun ilmiy asoslangan texnologik yechim ishlab chiqishga imkon berdi.

Dissertatsiyaning “**Volfram VI-oksidi kukunini olishning zamonaviy texnologiyasini ishlab chiqish**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida volfram ishlab chiqarishning asosiy texnologiyasidan ajralib chiqqan volfram keklarini qayta ishlashda gidrometallurgik usul orqali oddiy sharoitda soda ishtirokida volfram VI-oksidi ishlab chiqarish va kimyoviy tanlab eritish orqali kislota ishtirokida volfram keki tarkibidan kalsiy karbonatni eritmaga o‘tkazish usulining ilmiy-amaliy tadqiqotlari keltirilgan.

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ qoshidagi Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodida mavjud volfram keklari tarkibini

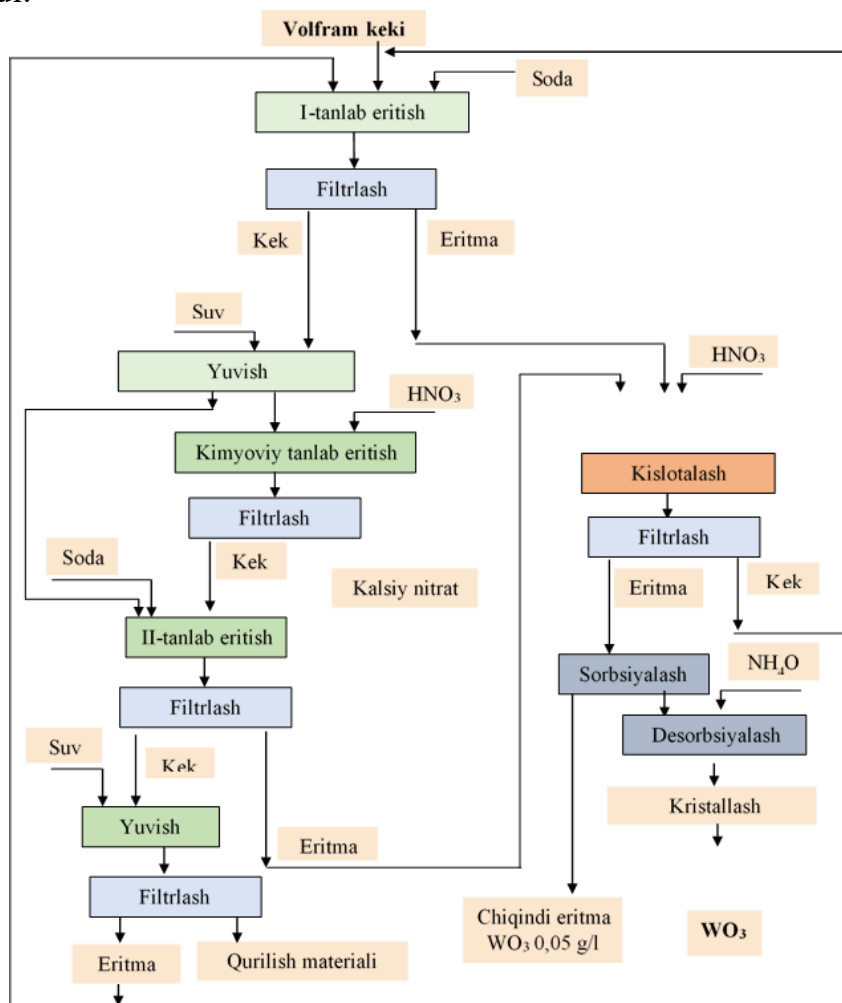
laboratoriya sharoitida energiya dispersiyali rentgen-fluorescent (EDXRF) spektrometrida kimyoviy tahlil qilindi (5- jadval).

5-jadval

Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodi chiqindi saqlash maydonidagi kekning kimyoviy tarkibi (EDXRF)

Aniqlanayotgan elementlar, %									
M	W	Ca	Si	Fe	Na	P	Al	Mg	Co
%	1,08	38,1	3,72	3,01	3,00	1,04	0,893	0,688	0,223
M	Zr	Mn	Pb	Cu	S	Ni	K	Mo	Ti
%	0,223	0,251	0,192	0,171	0,145	0,138	0,150	0,159	0,021
M	Cl	Cr	As	Ba	Sn	Y	Sr	Bi	Yb
%	0,0305	0,0259	0,0228	0,087	0,108	0,0231	0,0252	0,0145	0,0739
M	Lu	Nb	Ag	Te	Ga	Rb	U	Boshqalar	
%	0,0273	0,0118	0,0041	0,0016	0,0006	0,0019	0,0014		

Chiqindi saqlash maydonidagi keklar tarkibida turli kimyoviy elementlar mavjudligi aniqlandi. Volfram keki tarkibida eng ko‘p miqdorda kalsiy (38,1%), kremniy (3,72%), natriy (3,0%), temir(3,01%) va boshqa elementlarning mavjudligi ma’lum bo‘ldi.



7-rasm. “O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini qayta ishlashning taklif etilayotgan texnologik sxemasi

Zamonaviy sanoatda nodir metallar, xususan volfram (WO_3) birikmasini xom ashyolardan ajratib olinishi yuqori texnologik jarayonlarni talab etadi. Volfram birikmalarining ajratilish samaradorligini oshirish maqsadida keklarni gidrometallurgik usullar yordamida qayta ishlash qo'llanildi. Mazkur ishda keklardan volfram VI-oksidni (WO_3) ishqorli eritma yordamida tanlab eritish, yuvish bosqichlarida WO_3 ning eritmaga o'tish samaradorligi kichik sanoat tajribalarida o'rganildi.

Hisoblash uchun dastlabki volfram kekining massasi 3000,0 kg, namligi 21,0%, WO_3 miqdori -1,6% olindi. Hisoblashda 4,0 m³ hajmli (shundan 3,5 m³ eritma) reaktorning tindirish zonasidagi bo'tana hisobga olinmagan, chunki bu hajm doimo aylanmada bo'ladi.

Tanlab eritish.

Volfram kekini II-bosqich tanlab eritish usulida kekni eritmaga o'tkazildi. Dastlab texnik suv bilan suyultiriladi Q/S 1:3 nisbatga keltirilib bo'tana tayyorlandi, texnik soda (99% Na_2CO_3) qo'shiladi va eritma tahlil qilindi.

Tanlab eritish jarayonini amalga oshirish uchun jarayonni kamroq q:s nisbatda olib borish va ko'proq konsentrlangan natriy volframat eritmalarini olish zarur. Eng yaxshi q:s nisbatni aniqlash uchun tajriba sinovlari o'tkazildi (6-jadval).

6-jadval

Volfram keklarini ikkinchi bosqich yuvish jarayonining hisobi

№	Ko'rsatkichlar	O'lchov birligi	Hisoblash	Natija
1	Bo'tananing hajmi	m ³	—	14,0
2	Eritma hajmi	m ³	—	10,0
3	Quruq kek miqdori	kg	$3000,0 \times 0,79$	2370,0
4	Kek chiqishi	%	—	100,0
5	Ishqorlashdan keyingi kek miqdori	kg	—	2370,0
6	Ishqorlangan kekda WO_3 nisbiy miqdori	%	—	0,5
7	Kekda WO_3 miqdori	kg	$2370,0 \times 0,005$	11,85
8	Eritmadagi WO_3 konsentratsiyasi	g/l	—	2,59
9	Eritmadagi WO_3 miqdori	kg	$10,0 \times 2,59$	25,9
10	Metall balansi (WO_3 jami miqdori)	kg	$25,9 + 11,85$	37,75
11	Chetlanishlar	kg	—	-0,15
12	WO_3 ning eritmaga ajralishi	%	$(25,9 / 37,75) \times 100$	68,6

7-jadval

Volfram keklarini ikkinchi bosqich (ishqorlashdan so'ng) yuvish jarayonining hisobi

№	Ko'rsatkich	O'lchov birligi	Hisoblash	Natija
1	Suv bilan yuviladigan quruq tanlab eritish kek miqdori	kg	—	2370,0
2	Yuvilgan kek chiqishi	%	—	90,0

3	Yuvilgan kek miqdori	kg	$2370,0 \times 0,9$	2133,0
4	Yuvilgan kekdaagi WO ₃ nisbiy miqdori	%	–	0,5
5	Yuvilgan kekdaagi WO ₃ miqdori	kg	$2133,0 \times 0,005$	10,66
6	Yuvilgandan keyingi eritmadagi WO ₃ kontsentratsiyasi	g/l	–	1,6
7	Yuvish eritmasidagi WO ₃ miqdori	kg	$8,0 \times 1,6$	12,8

8 m³ yuvuvchi eritma tarkibiga qayta ishqorlash bo‘limidan 2,59 g/l WO₃ (3,5x2,59=9,1 kg) bo‘lgan 3,5 m³ eritma kiradi, reaktorning qoldiq zonasidagi bo‘tana tarkibida, yuvuvchi eritma hajmidan ushbu WO₃ miqdorini ayirgan holda, yuvuvchi eritmaga o‘tgan WO₃ miqdori aniqlandi:

$$8,0 \text{ m}^3 \times 1,6 \text{ g/l} - 3,5 \text{ m}^3 \times 2,59 \text{ g/l} = 3,7 \text{ kg}$$

WO₃ ning yuvish eritmasiga ajralishi quyidagicha bo‘lishi kerak:

$$(3,7 / 10,66) 100 = 34,7\%$$

WO₃ ni tanlab eritish va suv bilan yuvish eritmasiga umumiy ajratib olish quyidagicha:

$$(25,9 + 3,7) / 37,92 \cdot 100 = 78,0\%$$

8-jadval

Volfram kekklarini ikkinchi bosqich yuvish (qayta yuvish) jarayonining

hisobi

№	Ko‘rsatkich	O‘lchov birligi	Hisoblash	Natija
1	Qayta yuviladigan quruq suvli kek miqdori	kg	–	2133,0
2	Qayta yuvishdan keyingi kek chiqishi	%	–	95,0
3	Qayta yuvilgan kek miqdori	kg	$2133,0 \times 0,95$	2026,3
4	Yuvilgan kekdaagi WO ₃ nisbiy miqdori	%	–	0,5
5	Yuvilgan kekdaagi WO ₃ miqdori	kg	$2026,3 \times 0,005$	10,13
6	Takroriy yuvish eritmasidagi WO ₃ kontsentratsiyasi	g/l	–	1,2
7	Qayta yuvish eritmasidagi WO ₃ miqdori	kg	$6,0 \times 1,2$	7,2

6,0 m³ yuvuvchi eritma tarkibiga reaktorning tindirish zonasida bo‘tana tarkibida bo‘lgan 1,6 g/l WO₃ (3,5x1,6 = 5,6 kg) bo‘lgan 3,5 m³ eritma kiradi, yuvuvchi eritma hajmidan ushbu miqdorni (5,6 kg) ayirib tashlab, yuvuvchi eritmaga o‘tgan WO₃ miqdori aniqlandi:

$$6,0 \text{ m}^3 \times 1,2 \text{ g/l} - 3,5 \text{ m}^3 \times 1,6 \text{ g/l} = 1,6 \text{ kg}$$

WO₃ ning yuvish eritmasiga ajralishi quyidagicha bo‘lishi kerak:

$$(1,6 / 10,66) \times 100 = 15,0\%$$

Ikki marta yuvish bilan WO₃ eritmasining umumiy ajralishi quyidagicha:

$$(25,9 + 3,7 + 1,6) / 37,92 \times 100 = 82,27\%$$

Ushbu tajribalar natijalari shuni ko‘rsatadiki, tanlab eritish jarayonida WO₃ ning katta qismi eritmaga o‘tdi. Ikki bosqichli yuvish WO₃ ning eritmaga ajralishini 82,27% gacha oshirishga erishildi, bu esa jarayon samaradorligini sezilarli darajada

yaxshilaydi. Ikki bosqichli yuvish orqali mahsulotning samarali ajratib olishga erishildi, bu esa ishlab chiqarish jarayonining iqtisodiy jihatdan foydali bo'lishini ta'minlaydi.

9-jadval

Volfram keklarini ikkinchi bosqich tanlab eritish jarayonidan keyingi tarkibi

Aniqlanayotgan elementlar, %									
M	W	Ca	Si	Fe	Na	P	Al	Mg	Co
%	0,1	0,1	1,2	0,3	0,9	0,38	0,02	0,01	0,02
M	Zr	Mn	Pb	Cu	S	Ni	K	Ba	Ti
%	0,08	0,02	0,01	0,02	0,04	0,06	0,01	0,09	0,01
M	Cl	Cr	As	Mo	Sn	Y	Sr	Bi	Yb
%	0,005	0,008	0,001	0,02	0,04	0,007	0,003	0,009	0,02
M	Lu	Nb	Ag	Te	Ga	Rb	U	Boshqalar	
%	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001		

Tanlab eritishdan so'ng volfram keklarini tarkibi (9-jadval) o'rganildi va volfram va boshqa elementlarning miqdori kamligi aniqlandi bu esa qayta ishlab chiqarishga yo'naltirilishi iqtisodiy samarasizligiga olib keladi. Qoldiq keklar qurilish sohasiga yo'naltirilishi va sement sarfini kamayishi uchun tavsiya qilinadi.

Volfram kekidan kimyoviy tanlab eritish usuli orqali 1 tonna kaltsiy nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) ishlab chiqarish jarayonining iqtisodiy samaradorligi baholandi. Tahlil natijasida xomashyo, yordamchi materiallar, energiya resurslari to'liq baholanib chiqildi. Asosiy xomashyo sifatida 0,764 tonna volfram keki ishlatildi, ushbu mahsulot narxi 453,8 ming.so'mni tashkil etadi. Shuningdek, ishlab chiqarish jarayonida qo'shimcha reagentlar va materiallarga jami 1,06 million so'm sarflanishi belgilangan. Kommunal xarajatlarga esa jami 1,22 million so'mni tashkil qildi. Natijada 1,27 million so'm sof foyda olish imkoniyatini beradi. Umumiy ishlab chiqarish xarajatlari 2,73 million so'mni tashkil etadi. Natijada sof foyda 1,27 million so'mni tashkil etdi. Bu ko'rsatkich volfram keklarini kimyoviy tanlab eritish orqali kaltsiy nitrat olishning iqtisodiy jihatdan samaradorlikka erishildi.

XULOSA

“O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish mavzusidagi texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarga asoslangan holda, nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Kalsiy karbonat reaksiyasining qattiq zarrachalari sheelitning zarrachalarini o'rab olishini va diffuziya plyonkasini hosil qilishini hisobga olib volfram keklarini kompleks qayta ishlashning yangi texnologiyasi ishlab chiqildi va joriy etildi. Bu volfram keklarini tarkibidan volfram oksidini va kalsiy nitratni samarali ajratib olish uchun xizmat qiladi.

2. Volfram keklarini tanlab eritish usulida qayta ishlash tuz va kislota lar ishtirokida volfram keklarini tanlab eritishga, qayta ishlashga, kek tarkibidagi qo'shimcha birikmalarga, tanlab eritish haroratiga va davomiyligiga, eritmaning quyuq-suyuqligiga hamda natriy karbonat va nitrat kislota miqdoriga bog'liqligi ko'rsatilgan. Bu volfram keklarini kompleks qayta ishlashning ekologik toza, samarali, va iqtisodiy arzon usulda qayta ishlash uchun xizmat qiladi.

3. Volfram keklarini kompleks qayta ishlashda tanlab eritishning uch bosqichli texnologiyasi ishlab chiqildi va tavsiya etildi. Bu kek tarkibidagi volframni 82,27% gacha eritmaga o'tkazilishi va 87% li volfram angidrid (WO_3) hamda qoldiq kek tarkibidagi volframning miqdori 0,1 - 0,2% gacha kamaytirish uchun xizmat qiladi.

4. "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini tanlab eritish texnologiyasi ishlab chiqildi va joriy etildi. Bu volfram keklarini samarali qayta ishlash imkonini beruvchi energotejamkor texnologiyasi ishlab chiqish erishish uchun xizmat qiladi.

5. "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini nitrat kislota ishtirokida kompleks qayta ishlash orqali tarkibidagi kalsiy oksid birikmalarini to'liq zararsizlantirish texnologiyasi ishlab chiqildi va joriy etildi. Bu qishloq xo'jaligida qo'llaniladigan 23%li kalsiyli mineral o'g'iti olish imkonini bergan.

6. "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini ekologik toza va chiqindisiz ishlab chiqarish texnologiyasi ishlab chiqildi va joriy etildi. Bu hajmi 38500 m³ maydoni egallab turgan qattiq fazali volfram keklarini to'liq zararsizlantirish erishish uchun xizmat qiladi.

7. "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ chiqindi saqlash maydonlari volfram keklarini bosqichlari qisqartirilgan qayta ishlash texnologiyasi ishlab chiqildi va joriy etildi. Bu umumiy xarajatlar kamaytirishga hamda iqtisodiy tejamkorlikka erishish uchun xizmat qiladi.

8. Kengaytirilgan laboratoriya va yarim sanoat miqyosida o'tkazilgan tadqiqotlar natijalari bo'yicha volfram keklarini kompleks qayta ishlash texnologik sxemasi ishlab chiqildi va tavsiya etildi. Bu hisob-kitoblarga asosan yaratilgan texnologiyaning bir texnologik sikli qo'llanilayotgan sanoat texnologiyasiga qaraganda 1 mlrd. 584 mln.450 ming so'm iqtisodiy samaradorlikka erishish imkonini beradi.

9. Olingan tahliliy natijalar volfram keklarini kompleks qayta ishlashga, tarkibidan noyob metallarni ajratib olishni rivojlantirishga va kekning yakunda qurilish sohasida sement sarfini kamaytirishga bog'liqligini tavsiflashga yordam beradi. Bu volfram keklarini kompleks qayta ishlashning yangi texnologik tamoyillarini ishlab chiqish imkonini beradi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. PhD.03/25.12.2024.T.111.05 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ КАРШИНСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**АЛМАЛЫКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

ПАРМОНОВ ГАЙРАТ МАХМАТКУЛОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ
ВОЛЬФРАМОВЫХ КЕКОВ ОТХОДОВ АО «УЗБЕКСКИЙ КОМБИНАТ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТАЛЛОВ»**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных,
цветных и редких металлов**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2026.1.PhD/T5329.

Диссертация выполнена в Алмалыкском государственном техническом институте.

Аннотация диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещена на веб-странице Научного совета (www.ksta.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:	Халикулов Уттир Мирзакамолович доктор технических наук (DSc), доцент
Официальные оппоненты:	Сандахмедов Ахтам Абдусамиевич доктор технических наук, доцент Хасимов Камол Жураевич Доктор философии технических наук, доцент
Ведущая организация:	Ташкентский химико-технологический институт

Защита диссертации состоится «03» октября 2026 года в «11⁰⁰» часов на заседании Научного совета PhD 03/2025.27.1.T.17.04. (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Зал заседаний Каршинского государственного технического университета. Тел.: (75) 221-09-23; факс: (75) 224-13-95; e-mail: info@qtmii.uz, www.ksta.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Каршинского государственного технического университета (зарегистрирован за № ____). (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Тел.: (75) 220-09-24; факс: (75) 224-13-95).

Аннотация диссертации разослана «21» сентября 2026 года.
(реестр протокола рассылки № 3-26 от «21» сентября 2026 года).



А.Н. Шодиев

Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

О.А. Камомов

Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., доцент

Вохидов Б.Р.

Председатель Научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам)

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире важным является совершенствование технологических схем извлечения металла вольфрама из шеелитовых концентратов, отходов твердых сплавов и вольфрамовых кеков, применяемого в производстве твердых сплавов, машиностроении, военной технике, буровых процессах и других отраслях производства. В то же время комплексная переработка вольфрамовых кеков имеет важное значение для гидрометаллургической промышленности и требует решения различных технических, технологических, организационных и иных проблем. В результате многолетних исследований по двухстадийной селективной переработке вольфрамовых кеков и получению качественного оксида вольфрама (VI) установлено, что вольфрамовые кеки полностью обезвреживаются. Несмотря на то, что в последние годы выполнено множество научных исследований по переработке вольфрамовых кеков и достижению безотходной технологии, селективное растворение с использованием карбоната натрия и азотной кислоты остается наиболее перспективным направлением. В ближайшем будущем важное значение приобретает расширение сферы применения оксидов вольфрама (VI), представляющих особый интерес для гидрометаллургии, металлургии, горнодобывающей и авиакосмической промышленности, а также производства высокоизносостойких твердых сплавов.

В настоящее время в мире проводятся научные исследования, направленные на совершенствование процессов извлечения редких металлов, применяемых в горнодобывающей и металлургической промышленности, разработку технологических показателей, позволяющих повысить их чистоту, а также создание эффективных технологий комплексной переработки вольфрамовых кеков. В этом направлении особое внимание уделяется определению наиболее эффективных и безотходных технологических решений по извлечению из вольфрамовых кеков оксида вольфрама и нитрата кальция, обоснованию альтернативных технологических показателей получаемого оксида вольфрама, а также производству чистых оксидов вольфрама.

В нашей республике на производственных предприятиях АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» и АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» внедряются передовые научно обоснованные меры по повышению эффективности производства и достигаются ряд научно-практических результатов. В Постановлении Президента Республики Узбекистан определены важные задачи, такие как «Повышение эффективности использования минерально-сырьевой базы горнодобывающих предприятий республики»¹. Исходя из этих задач, совершенствование

¹ Постановление Президента Республики Узбекистан от 24 июня 2021 года № ПП-5159 “О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей”.

существующих методов переработки промышленных отходов и создание технологии извлечения из них редких металлов являются одними из основных направлений, а исследования в данной области имеют большое научное и практическое значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, предусмотренных Указами и Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года №УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», от 17 января 2019 года №ПП-4124 «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», от 4 октября 2019 года №ПП-4477 «Об утверждении Стратегии по переходу Республики Узбекистан на “зеленую” экономику на период 2019-2030 годов», от 15 мая 2020 года №ПП-4715 «О мерах по дальнейшему расширению объемов промышленного производства в Ташкентской области», от 24 июня 2021 года №ПП-5159 «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей», а также другими нормативно-правовыми документами, которые касаются данной сферы деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики II. «Энергетика, энергетическая и ресурсо эффективность».

Степень изученности проблемы. В развитие изучения извлечения редких металлов из состава вольфрамовых кеков посредством разработки технологии их комплексной переработки значительный вклад внесли зарубежные и отечественные ученые: А.Н. Зеликман, А.В. Деревянкин, А.Ю. Дадабаев, А.Т. Шоинбаев, Д. Дюсебеков, И.И. Баринов, В.В. Коваль, Л.И. Куликов, Г.В. Черняев, Н.Вег, Н.А.Ассиаги, А.П. Снурников, Е.Н. Мазурчук, В.П. Быстров, Л.С. Стрийко, А.П. Виноградов, Б.Н. Ласкорин, Н.Н. Семенов, Е.В. Адамов, И.Ф. Барышников, С.С. Набойченко, К. Санакулов, Э.А. Пирматов, Ю.П. Купряков, Х.Т. Шарипов, Р.М. Михриддинов, М.М. Якубов, С.Т. Пармонов и другие ученые.

В мировой практике созданы теоретические основы извлечения вольфрама и других полезных компонентов из промышленных отходов. В их научных работах предложены технологии извлечения элементов гидрометаллургическими методами (например, обработкой сульфатными, содовыми или щелочными растворами) и пирометаллургическими способами. Узбекскими учеными также проводились исследования в данной области. В частности, учеными Института геологии и геофизики Академии наук Республики Узбекистан, Научно-исследовательского института химической технологии, а также Навоийского государственного горного института выполнены научные работы по переработке вольфрамовых руд, их минералогическому анализу, методам обогащения и определению элементного состава кеков.

Однако глубокий анализ существующей литературы показывает, что специальные технологические подходы к комплексной переработке вольфрамовых кеков, накопленных на хвостохранилищах АО «Узбекский комбинат технологических металлов», новые комплексные методы обработки, исследования по селективному растворению или интегрированным технологическим схемам проведены в недостаточной степени. В частности, отсутствуют комплексные исследования, оценивающие физико-химический и фазовый состав кеков, оптимальные условия извлечения из них оксидов вольфрама, эффективность технологических процессов и их экологическую безопасность.

В связи с этим совершенствование существующих технологий переработки вольфрамовых отходов и разработка новых технологий является актуальной научной и практической проблемой, а разработка метода селективного растворения имеет важное научное и практическое значение для повышения эффективности переработки.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, в котором выполняется диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта научно-исследовательского плана Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова АК-008/22 «Разработка технологии комплексной переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов»» (2024 г.).

Цель исследования заключается в разработке технологии комплексной переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов».

Задачи исследования:

анализ физико-химических, минералогических и структурных свойств вольфрамовых кеков и их растворов и определение факторов скорости растворения;

Проведение научных исследований по получению оксида вольфрама (VI) и кальциевого минерального удобрения из комплексной переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский технологический металлургический комбинат»;

Термодинамический анализ основных химических реакций процесса выщелачивания кеков вольфрама АО «Узбекский технологический металлургический комбинат» и определение влияющих факторов;

создание экономически эффективной схемы технологической цепочки путем гидрометаллургической переработки кеков на площадке хранения вольфрамовых отходов;

научный анализ материального баланса и экономической эффективности переработки вольфрамовых кеков, а также разработка инновационного технологического процесса.

Объектом исследования являются вольфрамовые кеки хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов», их растворы, а также растворы нитрата кальция.

Предмет исследования – Разработка комплексной гидрометаллургической технологии, включающей процессы переработки и физико-химические анализы отработанных кеков вольфрама, накопленных на хвостохранилищах АО «Узбекский технологический металлургический комбинат».

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использованы: анализ научно-технических сведений и опыта предприятий, осуществляющих переработку вольфрамовых кеков путем селективного растворения; теоретические исследования с применением рентгенофазового анализа, ИК-спектрального анализа, физико-химического анализа, электронной микроскопии, рентгенофлуоресцентного спектрограммного анализа; лабораторные эксперименты, опытно-промышленные испытания и апробация разработанных методов в производственных условиях; физико-механические методы, а также анализ размеров, формы частиц и морфологии поверхности частиц, применение математических методов обработки экспериментальных данных.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определены физико-химические свойства кеков вольфрамосодержащих техногенных отходов АО «Узбекский технологический металлургический комбинат», поверхностное строение, структура, морфология частиц и закономерности перехода соединения вольфрама в раствор;

изучены факторы разложения основного соединения вольфрама при комплексной переработке вольфрамового кека гидрометаллургическим методом в автоклавной установке при температуре Р-25 атм, Т-200-250, и разработан процесс разложения карбонатов в 57% растворе HNO_3 ;

проведен полный научный анализ факторов, влияющих на температуру, время и концентрацию Na_2CO_3 в процессе поэтапного выщелачивания вольфрамовых кеков, и установлено, что степень растворения основного металла достигает 82,27%;

рассчитан материальный баланс технологии комплексной переработки вольфрамовых кеков и разработана его эффективность, сравнительный калькулятор;

создана последовательная цепная схема инновационного технологического оборудования для переработки кека и обоснованы поэтапные практические закономерности процессов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

87%-ный оксид вольфрама (VI) получен путем комплексной переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов» раствором карбоната натрия;

в результате комплексной переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов» в

присутствии азотной кислоты путем полной нейтрализации содержащихся в них соединений оксида кальция получено 23% кальциевое минеральное удобрение, используемое в сельском хозяйстве;

разработана энергосберегающая технология выщелачивания твердофазных вольфрамовых кеков, занимающих площадь 38500 м³ на хвостохранилищах АО «Узбекский комбинат технологических металлов»;

разработана технология, позволяющая сократить этапы технологии переработки вольфрамовых кеков на хвостохранилищах АО «Узбекский комбинат технологических металлов», снизить общие затраты и достичь экономической эффективности.

Достоверность результатов исследования подтверждается следующим: корректностью направлений постановки задач, достаточным и статистически обоснованным объемом лабораторных и опытно-промышленных испытаний; количественным подтверждением основной идеи работ по разработке технологии комплексной переработки вольфрамовых кеков; соответствием полученных результатов данным лабораторных испытаний и физико-химическим основам методов; положительными результатами, полученными при испытании разработанной технологии переработки в экспериментальных условиях; доказанностью предложенных рекомендаций и методов промышленной апробацией и достигнутыми технико-экономическими показателями.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования обосновывается тем, что установлена закономерность формирования чистоты и количества оксида вольфрама (VI), полученного в результате переработки вольфрамовых кеков методом селективного растворения с участием наиболее оптимальных солей и кислот, в зависимости от наличия сопутствующих соединений в составе кека, температуры и продолжительности селективного растворения, плотности раствора, а также количества карбоната натрия и азотной кислоты.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что технология селективного растворения, технология химического селективного растворения, технология комплексной переработки вольфрамовых кеков с получением чистого оксида вольфрама (VI) и карбоната кальция, а также разработанные режимы селективного растворения служат внедрению в производство.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке технологии комплексной переработки вольфрамовых кеков, накопленных на хвостохранилищах АО «Узбекский комбинат технологических металлов»:

технология комплексной переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов» раствором карбоната натрия внедрена в производство на заводе «Производство редких металлов и твердых сплавов» АО «Узбекский ГМК»

(справка АО «Узбекский ГМК» от 19 августа 2025 года №03/03-1525). В результате обеспечена возможность получения 87% оксида вольфрама (VI);

технология селективного растворения вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов» внедрена в производство на заводе «Производство редких металлов и твердых сплавов» АО «Узбекский ГМК» (справка АО «Узбекский ГМК» от 19 августа 2025 года №03/03-1525). В результате обеспечена разработка энергосберегающей технологии, позволяющей эффективно перерабатывать вольфрамовые кеки;

технология комплексной переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов» с участием азотной кислоты и полной нейтрализацией содержащихся в них соединений оксида кальция внедрена в производство на заводе «Производство редких металлов и твердых сплавов» АО «Узбекский ГМК» (справка АО «Узбекский ГМК» от 19 августа 2025 года №03/03-1525). В результате обеспечена возможность получения 23% кальциевого минерального удобрения, применяемого в сельском хозяйстве;

экологически чистая и безотходная технология переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов» внедрена в производство на заводе «Производство редких металлов и твердых сплавов» АО «Узбекский ГМК» (справка АО «Узбекский ГМК» от 19 августа 2025 года №03/03-1525). В результате обеспечена возможность полной нейтрализации твердофазных вольфрамовых кеков объемом 38500 м³;

технология переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов» с сокращенными стадиями внедрена в производство на заводе «Производство редких металлов и твердых сплавов» АО «Узбекский ГМК» (справка АО «Узбекский ГМК» от 19 августа 2025 года №03/03-1525). В результате снижены общие затраты и обеспечена экономическая эффективность.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 4 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях и симпозиумах.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 11 научных работ, из них 7 статьи опубликованы в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 5 – в республиканских и 2 – в зарубежных журналах. Результаты также были представлены для обсуждения на 2 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 126 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** диссертации обоснована актуальность темы диссертации, описаны цель и задачи, а также объект и предмет исследования, показано соответствие его значимым направлениям развития науки и технологий Республики, изложены научная новизна, практические результаты исследования, раскрыта достоверность, научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов в практику, опубликованных работах и структуре диссертации.

Первая глава диссертации **«Современное состояние и тенденции развития комплексной переработки вольфрамовых кеков»** посвящена анализу современного состояния, научных основ и тенденций развития комплексной переработки вольфрамовых кеков. В данной главе вольфрамовые кеки оценены как техногенное сырье, проанализированы их состав и свойства, критически изучены мировой опыт и существующие технологии.

В настоящее время в результате стремительного развития горно-металлургической промышленности объем техногенных отходов увеличивается. Техногенные отходы – это вторичные продукты, образующиеся в процессе добычи, обогащения и переработки полезных ископаемых, которые могут содержать экономически ценные элементы.

К основным видам техногенных отходов, образующихся при производстве вольфрама, относятся вольфрамовые кеки. Они образуются в процессе гидрометаллургической переработки и содержат WO_3 , а также ряд сопутствующих компонентов.

Таблица 1

Состав вольфрамовых кеков, накопленных на хвостохранилищах АО «Узбекский комбинат технологических металлов», %

<i>M</i>	WO_3	SiO_3	Al_2O_3	CaO	K_2O	P	Fe	S
%	0,05-1,5	38-45	5-8	17-30	1,2	0,04-0,06	5-12	1

Данный состав свидетельствует о том, что вольфрамовые кеки обладают возможностью переработки в качестве вторичного сырья.

Вольфрам является элементом шестой группы и характеризуется высокой плотностью и химической устойчивостью. Его основным промышленным соединением является оксид вольфрама (VI) (WO_3).

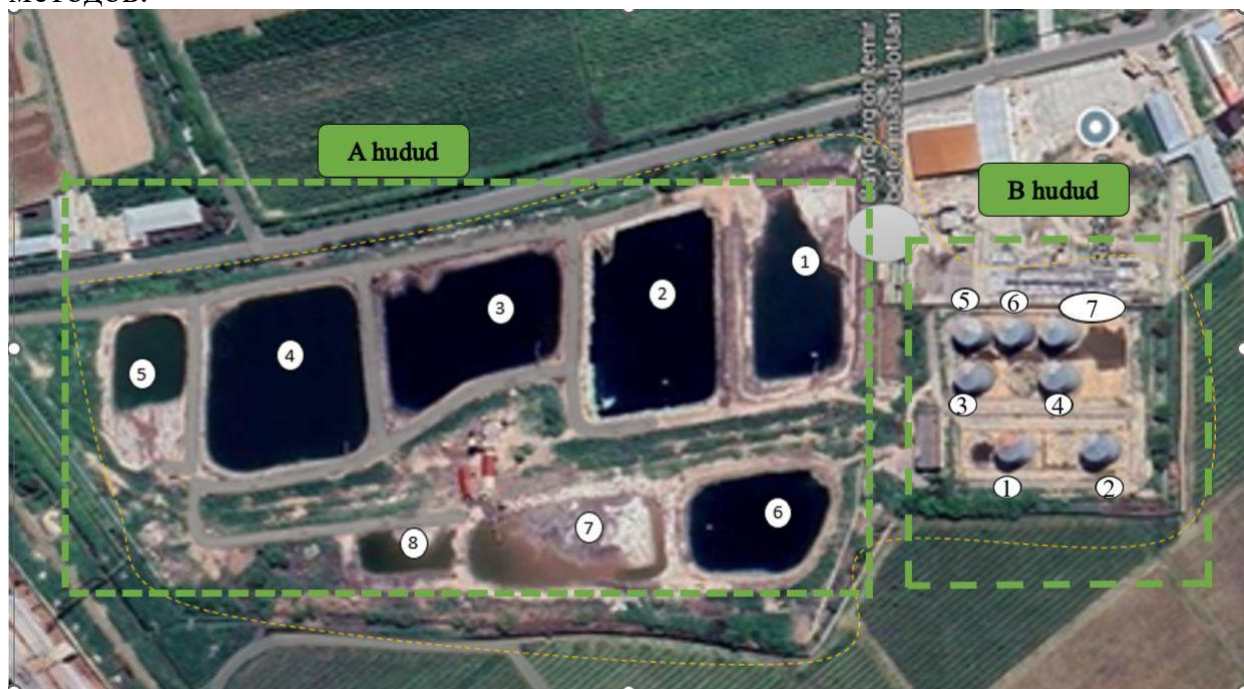
К основным минералам вольфрама относятся: вольфрамит $(Fe,Mn)WO_4$, шеелит $CaWO_4$, гюбнерит $MnWO_4$, ферберит $FeWO_4$. Указанные минералогические и фазовые особенности определяют эффективность последующих гидрометаллургических процессов.

В главе проанализированы гидрометаллургические и пирометаллургические методы переработки вольфрамовых отходов. К гидрометаллургическим методам относятся селективное растворение

содовыми и щелочными растворами, обработка азотной и серной кислотами, селективное осаждение из раствора. Пирометаллургические методы включают переплавку при высокой температуре и обработку в восстановительной среде. При переработке отходов гидрометаллургические методы считаются перспективными благодаря их энергоэффективности и селективности.

Зарубежными и отечественными учеными разработаны теоретические основы переработки вольфрамовых отходов. Однако анализ существующей литературы показал, что специальные технологические подходы к комплексной переработке вольфрамовых кеков, накопленных на хвостохранилищах АО «Узбекский комбинат технологических металлов», разработаны в недостаточной степени. Это обуславливает наличие проблем, связанных с недостаточной изученностью физико-химических процессов, неоптимизированностью параметров селективного растворения, неполной оценкой экологической безопасности, большим числом технологических стадий и низкой экономической эффективностью.

Вторая глава диссертации под названием «**Выбор объекта исследования и методики определения физико-химических свойств вольфрама и его растворов**» последовательно излагает выбор объекта исследования, отбор проб и методики определения их физико-химических свойств; данная глава составляет экспериментально-методологическую основу диссертации. Логическая структура главы включает обоснование выбора объекта исследования, разработку схемы отбора проб, а затем определение состава твердой фазы и растворов с использованием современных аналитических методов.



Зона А. 1,5,7,8 - Вольфрамовое кековое поле; 2,3,4,6-Поле молибденового кека.

Зона Б. 2,4,5-вольфрамовый раствор; 7,8,9,10-молибденовый раствор.

Рис. 1. Вид сверху площадки хранения отходов АО «Узбекский комбинат технологических металлов».

В качестве объекта исследования были выбраны вольфрамовые кеки, накопленные на хвостохранилище завода по производству редких металлов и твердых сплавов при АО «Узбекский комбинат технологических металлов», расположенного в городе Чирчик Ташкентской области. Общий объем данного хвостохранилища составляет 105600 м³. Наличие в отходах оксида вольфрама (VI) и возможность их переработки в промышленном масштабе определили научное и практическое обоснование выбора данного объекта.

Хвостохранилище разделено на несколько секторов и участков хранения, при этом вольфрамовые кеки в основном сосредоточены на 1-м, 5-м, 7-м и 8-м участках (таблица 2).

Таблица 2

Общий объем кеков, содержащих вольфрам, на хвостохранилище

	Наименование	1 участок	5 участок	7 участок	8 участок	Общий объем
1	Общий объем, м ³	17800	7 400	7500	5800	38500
2	Количество твердой фазы, тыс./тонна	5,8	5,0	10,0	6,4	31,2
3	Содержание WO ₃ , %	1,3%	0,8	1,6	0,8	1,13
4	Количество WO ₃ , тонна	75,4	40,0	160,0	51,24	251,2

В результате анализов установлено, что в вольфрамовых кеках хвостохранилища содержится до 251,2 тонны WO₃. Данный показатель свидетельствует об экономической целесообразности переработки техногенных отходов.

Кроме того, в накопительных емкостях имеются вольфрамсодержащие растворы общим объемом 8000 м³, при средней концентрации вольфрама 2,0 г/л, что составляет около 16 тонн вольфрама в сумме. Это обосновывает необходимость комплексной переработки твердой и жидкой фаз.

Отбор проб осуществлялся на основе системного и пространственного подхода. На общей площади было определено 67 точек и отобрано 134 пробы с различных глубин. В южной части пробы отбирались с глубины 0,2-4 м, в восточной части – 0,1-8 м, в западно-северной части – с различных глубин. Межточечные расстояния составляли 10×10 м, 20×20 м, 50×50 м и 60×60 м. Масса каждой пробы составляла 0,1–1,0 кг, общий вес проб достиг 60 кг. При отборе использовались конусный и шахматный методы, обеспечивавшие контроль равномерного распределения ценных компонентов.

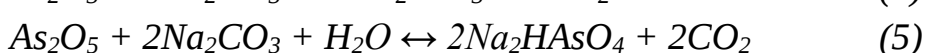
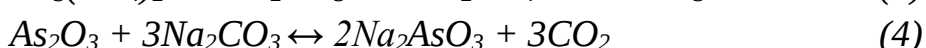
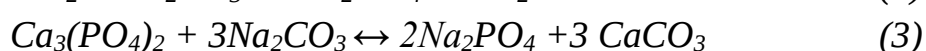
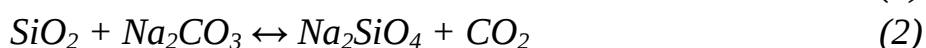
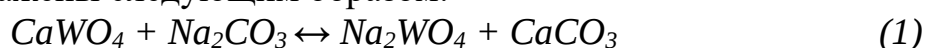
Определение соотношения твердой и жидкой фаз в составе вольфрамовой пульпы имело важное значение для оптимизации технологического процесса. Образец объемом 100 мл фильтровался в вакууме, определялась масса влажного осадка и с учетом 25% влажности рассчитывалась масса сухого вещества. Например, если из 100 г влажного осадка 25 г составляла влага, то масса сухого вещества равнялась 75 г, при массе жидкости 325 г отношение

Т/Ж составляло 1:4,33. Данный показатель является важным параметром при проектировании процессов фильтрации и сушки.

Таким образом, в рамках второй главы осуществлен научно обоснованный выбор объекта исследования, разработана системная методика отбора проб и механизм комплексного анализа твердой и жидкой фаз с применением современных инструментальных и химических методов. Полученные результаты создали прочную аналитическую основу для определения количественных и качественных показателей вольфрамового ресурса в отходах, оценки возможностей их переработки в промышленном масштабе и оптимизации технологических процессов.

Третья глава диссертации **«Анализ физико-химических свойств техногенных вольфрамовых отходов и факторов, влияющих на селективное растворение вольфрамовых кеков»** посвящена углубленному анализу физико-химических свойств техногенных вольфрамовых отходов, а также научному изучению основных факторов, влияющих на процесс селективного растворения вольфрамовых кеков. Данная глава основана на сочетании экспериментальных результатов и теоретического анализа. Изучены технологии действующей промышленной, определены составные и структурные свойства кеков, затем проведен анализ кинетических и технологических факторов процесса селективного растворения.

На заводе по производству редких металлов и твердых сплавов при АО «Узбекский комбинат технологических металлов» полуфабрикаты вольфрама в основном получают автоклавно-содовым гидрометаллургическим методом. В данном методе вольфрамовые кеки разлагаются при давлении 20-25 атм и температуре 200-250°C в присутствии карбоната натрия. Основные реакции выражены следующим образом:



Рентгенофазовый и ИК-спектральный анализы показали, что вольфрамовый кек по показателю рН находится в следующем состоянии:

рН 8 - $\text{CaO} \cdot \text{WO}_3$;

рН 7 - $\text{CaO} \cdot 2\text{WO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$;

рН 6 - $\text{H}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

рН 5,6 - $\text{CaO} \cdot 3\text{WO}_3 \cdot 6,5\text{H}_2\text{O}$;

рН 4,0 - $\text{CaO} \cdot 4\text{WO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;

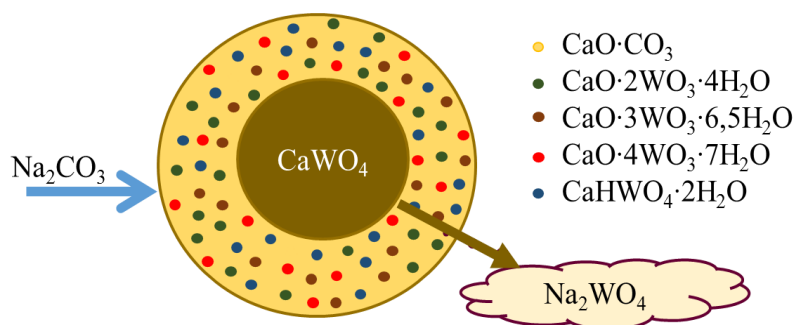


Рис. 2. Результаты рентгенофазового и ИК-спектрального анализов

Кроме того, соединения кремния, фосфора, мышьяка и молибдена также вступают в реакцию в содовой среде. Установлено, что реакция протекает по диффузионно-кинетическому механизму. Рентгенофазовый и ИК-спектральный анализы показали, что фазовые изменения в вольфрамовом кеке зависят от pH-среды.

Химический состав вольфрамового кека изучен методом EDXRF. Результаты элементного анализа показали преобладание следующих основных компонентов:

Spectrum

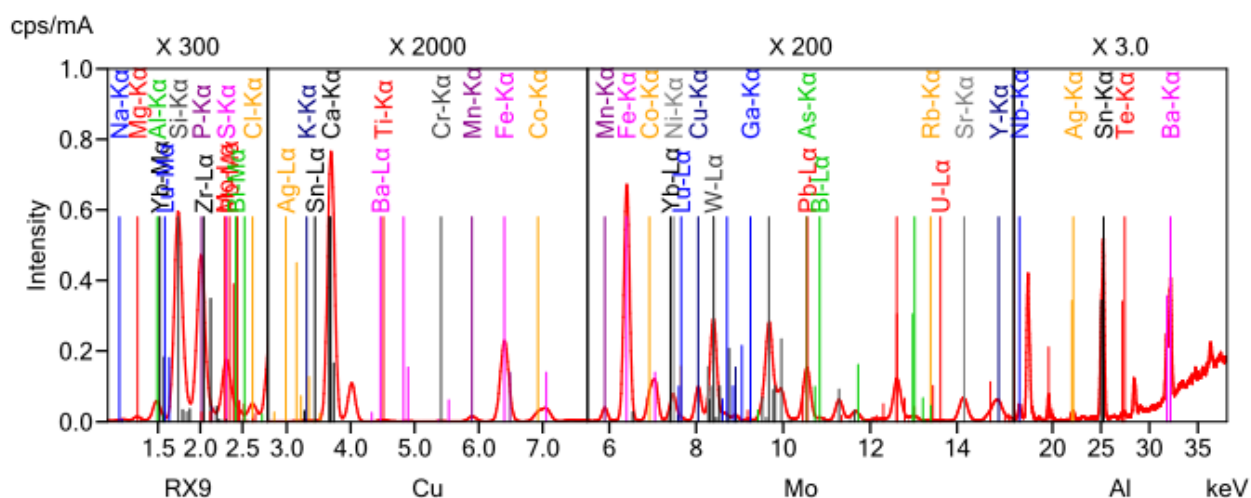


Рис. 3. Рентгенофлуоресцентный спектрограммный анализ полученного элементного состава

Среди основных элементов наблюдается большая доля кальция – 38,1%, кремния – 3,72%, железа – 3,01% и натрия – 3,0%. Кроме того, содержание алюминия составляет 0,893%, магния – 0,68%, фосфора – 1,04%, хлора – 0,03% и калия – 0,150%. Результаты показывают наличие силикатов, сульфатов и карбонатов со смешанным минералогическим составом.

Результаты спектрального анализа EDS также подтвердили сложность состава кека. В качестве основных элементов выявлены Ca (55,95%), O (17,86%), Si (10,30%), Fe (5,19%) и W (2,01%). Эти данные свидетельствуют о преобладании оксидных и карбонатных фаз в кеке.

Анализы SEM показали, что поверхностная морфология вольфрамового кека характеризуется неровной, пористой и агрегированной структурой. На изображениях с увеличением от 2600× до 11000× наблюдалось наличие крупных плотных частиц и мелкодисперсных фаз. Поверхность некоторых частиц покрыта карбонатной пленкой, что замедляет процесс диффузии.

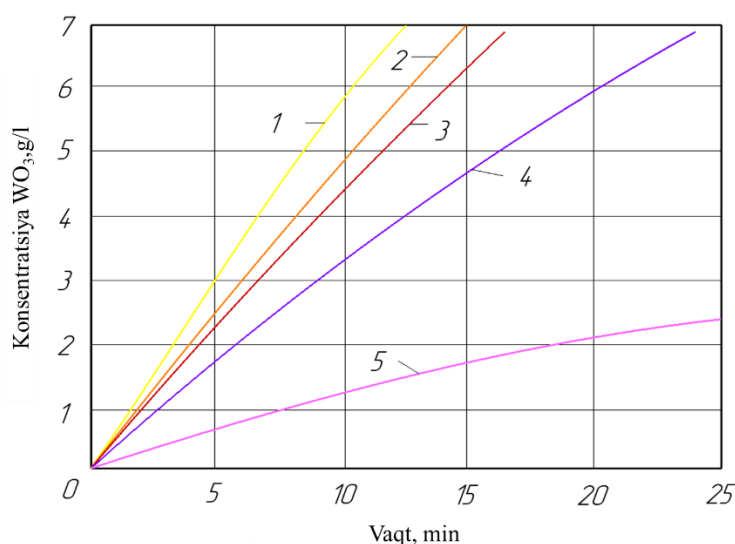
Карбонатная оболочка в основном состоит на 62-65% из кальцита и окружает частицы шеелита. Установлено, что при толщине диффузионного слоя более 100 мкм проникновение соды в минерал прекращается. В связи с этим кеки обрабатывались 57%-ной азотной кислотой для разрушения карбонатного слоя. В процессе селективного растворения размер частиц оценивался как важный кинетический фактор. Результаты экспериментов, проведенных при температуре 95°C в растворе Na_2CO_3 концентрацией 25 г/л, представлены ниже:

Таблица 3

Значения скорости растворения вольфрамовых кеков

Размер вольфрамового кека, мм	Скорость растворения, 10^3 моль/л·мин
-0,074	2,78
-0,105 +0,074	2,16
-0,1484+0,105	1,99
-0,250+0,148	1,175
0,40+0,250	0,48

Результаты показали увеличение скорости растворения при уменьшении размера частиц. Это подтверждает ускорение реакции при увеличении удельной поверхности. Степень перехода вольфрама в раствор также изучалась в зависимости от крупности частиц:



-0,074 мм; 2) -0,105 +0,074 мм; 3) -0,148 +0,105 мм; 4) -0,250 +0,148 мм; 5) -0,40 +0,250 мм.

Рис. 4. Кинетика растворения вольфрамовых кеков различной крупности в содовом растворе при 95°C

Установлено, что скорость растворения пропорциональна величине удельной поверхности частиц вольфрамового кека.

При селективном растворении и щелочной обработке вольфрамовых кеков при температуре 95° С в течение 2 часов для очень тонких частиц размером до 2 мкм результаты извлечения вольфрама в раствор представлены в таблице 4:

Таблица 4

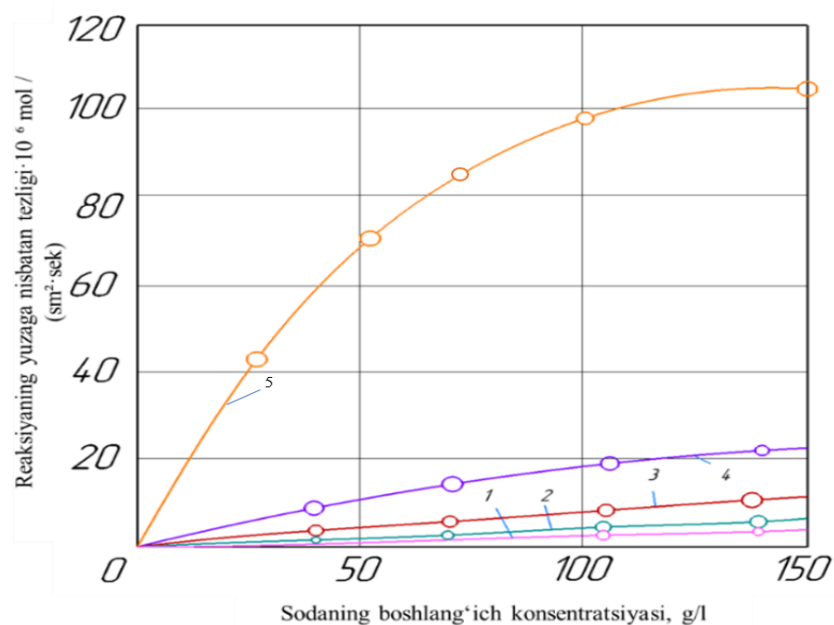
Зависимость перехода вольфрама в раствор от размера кека при селективном растворении и щелочной обработке

Размер вольфрамового кека, мм	Переход вольфрама в раствор, %	Класс крупности, мм	Переход вольфрама в раствор, %
– 0.002	81.54	– 0.053 + 0.037	76.52
– 0.005 + 0.002	80.72	– 0.074 + 0.053	75.15
– 0.010 + 0.005	79.69	– 0.100 + 0.074	74.10
– 0.020 + 0.010	78.81	– 0.150 + 0.100	73.25
– 0.037 + 0.020	77.32	– 0.210 + 0.150	72.24

Результаты показывают, что с уменьшением размера частиц вольфрамового кека, то есть с увеличением их удельной поверхности, степень перехода вольфрама в раствор значительно возрастает. При этом мелкофракционные частицы обладают высокой реакционной способностью и активно взаимодействуют с растворителем Na_2CO_3 . Эффективность извлечения WO_3 из вольфрамовых кеков методом селективного растворения непосредственно зависит от размера кека, температуры, соотношения Т:Ж, а также концентрации раствора Na_2CO_3 , с увеличением концентрации возрастает агрессивность среды раствора, в результате чего повышается эффективность извлечения вольфрама.

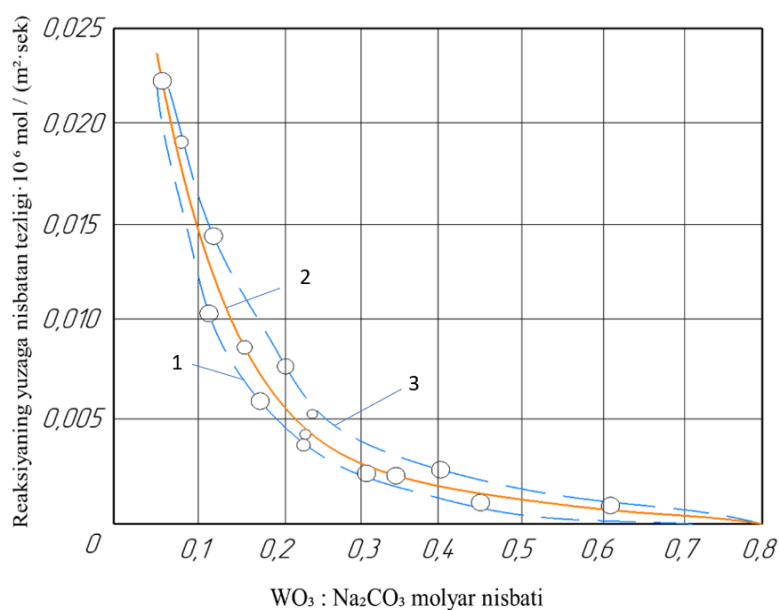
В малом промышленном цехе были проведены опыты по обработке вольфрамового кека содовыми растворами различной концентрации, содержащими в своем составе вольфрамат натрия.

Эксперименты проводились при температуре 95°С в течение 1 часа, полученные результаты приведены на рисунке 2. Согласно экспериментам с исходным содовым раствором, чем ниже концентрация соды по отношению к концентрации вольфрамата натрия, тем медленнее протекает реакция разложения вольфрамового кека. Как видно на рисунке 3, относительная скорость реакции изменяется приблизительно обратно пропорционально молярному соотношению вольфрамата и соды в исходном растворе.



- 1) -2,4 г/л WO₃, 2) -2,1 г/л WO₃, 3) -1,8 г/л WO₃, 4) 1,5 г/л WO₃, 5) содовый раствор без вольфрама.

Рис. 5. Влияние содержания вольфрама в содовых растворах различной концентрации на скорость растворения вольфрамовых пленок



- 1) С увеличением молярного соотношения WO₃ : Na₂CO₃ скорость реакции по отношению к поверхности возрастает 2) Среднее кинетическое состояние реакции 3) При высоких молярных соотношениях скорость реакции приближается к минимальным значениям.

Рис. 6. Изменение скорости реакции в зависимости от молярного соотношения WO₃ : Na₂CO₃.

С увеличением молярного соотношения между WO₃ и Na₂CO₃ скорость реакции по отношению к поверхности постепенно уменьшается. В начальной части процесса скорость реакции высокая, химическая активность сильная. По

мере увеличения молярного соотношения кинетика реакции замедляется вследствие уменьшения активных компонентов в процессе. При высоких соотношениях процесс в основном ограничивается диффузией и недостатком реагентов, и скорость реакции приближается к минимальным значениям. В этом случае выбор оптимального молярного соотношения является важным для эффективности технологического процесса. Известно, что при недостаточном времени селективного растворения вольфрамовых кеков с увеличением относительного содержания вольфрама в растворе скорость растворения кека снижается, вследствие чего уменьшается выделение WO_3 .

Таким образом, в рамках данной главы были комплексно проанализированы химические, фазовые и морфологические свойства вольфрамового кека, уточнены факторы, влияющие на процесс селективного растворения, такие как крупность частиц, концентрация соды, содержание вольфрамата и диффузионные факторы. Полученные результаты позволили разработать научно обоснованное технологическое решение для эффективной переработки техногенных вольфрамовых отходов.

В четвертой главе диссертации под названием «**Разработка современной технологии получения порошка оксида вольфрама VI**» приведены научно-практические исследования по переработке вольфрамовых кеков, образующихся в основной технологии производства вольфрама, с получением оксида вольфрама VI гидрометаллургическим методом в обычных условиях в присутствии соды, а также по химическому селективному растворению с участием кислоты для перевода карбоната кальция из состава вольфрамового кека в раствор.

На заводе по производству редких металлов и твердых сплавов при АО «Узбекский комбинат технологических металлов» состав имеющихся вольфрамовых кеков проанализирован в лабораторных условиях с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного (EDXRF) спектрометра (таблица 5).

Таблица 5

Химический состав кека хвостохранилища завода по производству редких металлов и твердых сплавов (EDXRF)

Определяемые элементы, %									
M	W	Ca	Si	Fe	Na	P	Al	Mg	Co
%	1,08	38,1	3,72	3,01	3,00	1,04	0,893	0,688	0,223
M	Zr	Mn	Pb	Cu	S	Ni	K	Mo	Ti
%	0,223	0,251	0,192	0,171	0,145	0,138	0,150	0,159	0,021
M	Cl	Cr	As	Ba	Sn	Y	Sr	Bi	Yb
%	0,0305	0,0259	0,0228	0,087	0,108	0,0231	0,0252	0,0145	0,0739
M	Lu	Nb	Ag	Te	Ga	Rb	U	Прочие	
%	0,0273	0,0118	0,0041	0,0016	0,0006	0,0019	0,0014		

Установлено наличие различных химических элементов в составе кеков хвостохранилища. В составе вольфрамового кека в наибольшем количестве присутствуют кальций (38,1%), кремний (3,72%), натрий (3,0%), железо (3,01%) и другие элементы.

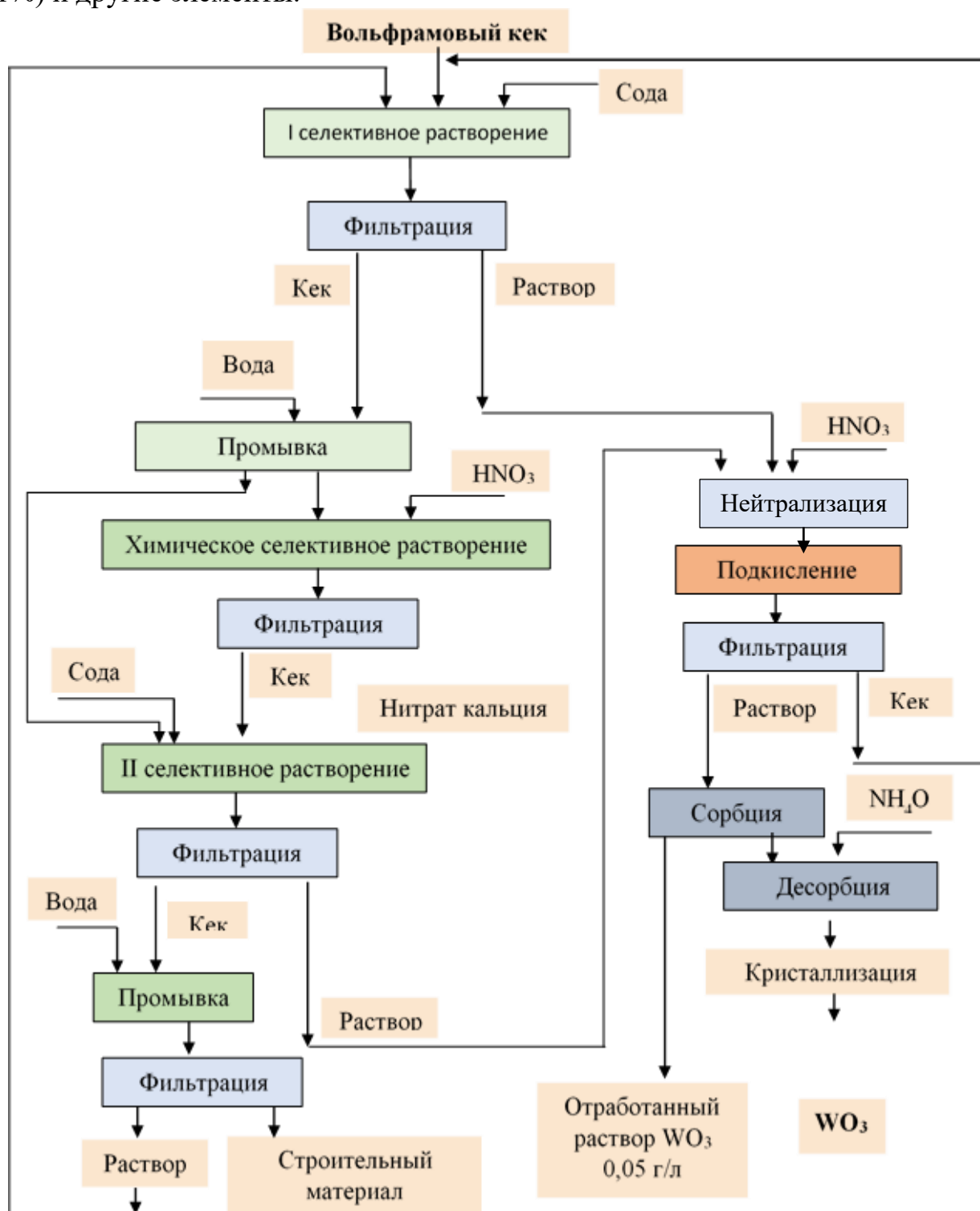


Рис. 7. Предлагаемая технологическая схема переработки вольфрамовых кеков хвостохранилища АО «Узбекский комбинат технологических металлов»

В современной промышленности извлечение редких металлов, в частности соединения вольфрама (WO_3), из сырья требует высокотехнологичных процессов. С целью повышения эффективности извлечения соединений вольфрама была применена переработка кеков гидрометаллургическими методами. В данной работе в условиях малых промышленных испытаний изучена эффективность перехода WO_3 в раствор на стадиях селективного растворения оксида вольфрама VI (WO_3) из кеков с использованием щелочного раствора и последующей промывки.

Для расчета принята исходная масса вольфрамового кека 3000,0 кг, влажность 21,0%, содержание WO_3 – 1,6%. При расчетах не учитывалась пульпа в зоне отстаивания реактора объемом 4,0 м³ (из них 3,5 м³ раствора), поскольку данный объем постоянно находится в циркуляции.

Селективное растворение.

Вольфрамовый кек был переведен в раствор методом селективного растворения II стадии. Сначала его разбавляют технической водой, доводя соотношение Ж:Т до 1:3, и готовят пульпу, добавляют техническую соду (99% Na_2CO_3), после чего раствор анализируют.

Для осуществления процесса селективного растворения необходимо вести процесс при меньшем соотношении Ж:Т и получать более концентрированные растворы вольфрамата натрия. Для определения оптимального соотношения Ж:Т были проведены экспериментальные испытания (таблица 6).

Таблица 6

Расчет процесса второй стадии промывки вольфрамовых кеков

№	Показатели	Единица измерения	Расчет	Результат
1	Объем пульпы	м ³	–	14,0
2	Объем раствора	м ³	–	10,0
3	Количество сухого кека	кг	$3000,0 \times 0,79$	2370,0
4	Выход кека	%	–	100,0
5	Количество кека после щелочной обработки	кг	–	2370,0
6	Относительное содержание WO_3 в щелочном кеке	%	–	0,5
7	Количество WO_3 в кеке	кг	$2370,0 \times 0,005$	11,85
8	Концентрация WO_3 в растворе	г/л	–	2,59
9	Количество WO_3 в растворе	кг	$10,0 \times 2,59$	25,9
10	Металлургический баланс (общее количество WO_3)	кг	$25,9 + 11,85$	37,75
11	Отклонения	кг	–	-0,15
12	Переход WO_3 в раствор	%	$(25,9 / 37,75) \times 100$	68,6

Таблица 7

Расчет процесса второй стадии промывки вольфрамовых кеков (после щелочной обработки)

№	Показатели	Единица измерения	Расчет	Результат
1	Количество сухого кека после селективного растворения, промываемого водой	kg	—	2370,0
2	Выход промытого кека	%	—	90,0
3	Количество промытого кека	kg	$2370,0 \times 0,9$	2133,0
4	Относительное содержание WO_3 в промытом кеке	%	—	0,5
5	Количество WO_3 в промытом кеке	kg	$2133,0 \times 0,005$	10,66
6	Концентрация WO_3 в растворе после промывки	g/l	—	1,6
7	Количество WO_3 в промывочном растворе	kg	$8,0 \times 1,6$	12,8

В объем 8 м³ промывочного раствора поступает 3,5 м³ раствора из отделения повторной щелочной обработки с содержанием WO_3 2,59 г/л ($3,5 \times 2,59 = 9,1$ кг), находившегося в составе пульпы в остаточной зоне реактора. Вычитая это количество WO_3 из объема промывочного раствора, определено количество WO_3 , перешедшего в промывочный раствор:

$$8,0 \text{ м}^3 \times 1,6 \text{ г/л} - 3,5 \text{ м}^3 \times 2,59 \text{ г/л} = 3,7 \text{ кг}$$

Переход WO_3 в промывочный раствор составляет:

$$(3,7 / 10,66) \times 100 = 34,7\%$$

Общее извлечение WO_3 в растворы селективного растворения и водной промывки составляет:

$$(25,9 + 3,7) / 37,92 \times 100 = 78,0\%$$

Таблица 8

Расчет процесса второй стадии промывки (повторной промывки) вольфрамовых кеков

№	Показатели	Единица измерения	Расчет	Результат
1	Количество сухого водного кека для повторной промывки	кг	—	2133,0
2	Выход кека после повторной промывки	%	—	95,0
3	Количество кека после повторной промывки	кг	$2133,0 \times 0,95$	2026,3
4	Относительное содержание WO_3 в промытом кеке	%	—	0,5
5	Количество WO_3 в промытом кеке	кг	$2026,3 \times 0,005$	10,13
6	Концентрация WO_3 в растворе повторной промывки	г/л	—	1,2
7	Количество WO_3 в растворе повторной промывки	кг	$6,0 \times 1,2$	7,2

В объем 6,0 м³ промывочного раствора поступает 3,5 м³ раствора с содержанием WO₃ 1,6 г/л (3,5 × 1,6 = 5,6 кг), находившегося в составе пульпы в зоне отстаивания реактора. Вычитая это количество (5,6 кг) из объема промывочного раствора, определено количество WO₃, перешедшего в промывочный раствор:

$$6,0 \text{ м}^3 \times 1,2 \text{ г/л} - 3,5 \text{ м}^3 \times 1,6 \text{ г/л} = 1,6 \text{ кг}$$

Переход WO₃ в промывочный раствор составляет:

$$(1,6 / 10,66) \times 100 = 15,0\%$$

Общий переход WO₃ в раствор при двукратной промывке составляет:

$$(25,9 + 3,7 + 1,6) / 37,92 \times 100 = 82,27\%$$

Результаты данных экспериментов показывают, что в процессе селективного растворения основная часть WO₃ перешла в раствор. Двухстадийная промывка позволила увеличить степень перехода WO₃ в раствор до 82,27%, что значительно повышает эффективность процесса. Благодаря двухстадийной промывке обеспечено эффективное извлечение продукта, что делает производственный процесс экономически целесообразным.

Таблица 9

Состав вольфрамовых кеков после второй стадии селективного растворения

Определяемые элементы, %									
M	W	Ca	Si	Fe	Na	P	Al	Mg	Co
%	0,1	0,1	1,2	0,3	0,9	0,38	0,02	0,01	0,02
M	Zr	Mn	Pb	Cu	S	Ni	K	Ba	Ti
%	0,08	0,02	0,01	0,02	0,04	0,06	0,01	0,09	0,01
M	Cl	Cr	As	Mo	Sn	Y	Sr	Bi	Yb
%	0,005	0,008	0,001	0,02	0,04	0,007	0,003	0,009	0,02
M	Lu	Nb	Ag	Te	Ga	Rb	U	Прочие	
%	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001		

После селективного растворения состав вольфрамовых кеков (таблица 9) был изучен, и установлено низкое содержание вольфрама и других элементов, что делает их повторную переработку экономически нецелесообразной. Остаточные кеки рекомендуется направлять в строительную отрасль для снижения расхода цемента.

Была оценена экономическая эффективность процесса производства 1 тонны нитрата кальция (Ca(NO₃)₂) методом химического селективного растворения из вольфрамового кека. В ходе анализа были полностью оценены затраты на сырье, вспомогательные материалы и энергоресурсы. В качестве основного сырья использовано 0,764 тонны вольфрамового кека стоимостью 453,8 тыс. сум. Кроме того, на дополнительные реагенты и материалы в процессе производства предусмотрено 1,06 млн сум. Коммунальные расходы

составили 1,22 млн сум. В результате обеспечивается получение чистой прибыли в размере 1,27 млн сум. Общие производственные затраты составляют 2,73 млн сум. Чистая прибыль составила 1,27 млн сум. Данный показатель свидетельствует о достижении экономической эффективности при получении нитрата кальция методом химического селективного растворения вольфрамовых кеков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании исследований, проведенных в рамках диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему «Разработка технологии комплексной переработки вольфрамовых кеков отходов АО «Узбекский комбинат технологических металлов»», представлены следующие выводы, имеющие теоретическое и практическое значение:

1. С учетом того, что твердые частицы карбоната кальция окружают частицы шеелита и образуют диффузионную пленку, разработана и внедрена новая технология комплексной переработки вольфрамовых кеков. Она служит эффективному извлечению из состава вольфрамовых кеков оксида вольфрама и нитрата кальция.

2. Показано, что переработка вольфрамовых кеков методом селективного растворения зависит от участия солей и кислот, содержания сопутствующих соединений в составе кека, температуры и продолжительности селективного растворения, соотношения твердой и жидкой фаз раствора, а также количества карбоната натрия и азотной кислоты. Это служит экологически чистой, эффективной и экономически доступной переработке вольфрамовых кеков.

3. Разработана и рекомендована трехстадийная технология селективного растворения при комплексной переработке вольфрамовых кеков. Она обеспечивает перевод до 82,27% вольфрама в раствор, получение 87% ангидрида вольфрама (WO_3) и снижение содержания вольфрама в остаточном кеке до 0,1-0,2%.

4. Разработана и внедрена технология селективного растворения вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов». Это позволило создать энергосберегающую технологию, обеспечивающую эффективную переработку вольфрамовых кеков.

5. Разработана и внедрена технология комплексной переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов» с участием азотной кислоты, обеспечивающая полную нейтрализацию содержащихся соединений оксида кальция. Это позволило получать 23% кальциевое минеральное удобрение, применяемое в сельском хозяйстве.

6. Разработана и внедрена экологически чистая и безотходная технология переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО

«Узбекский комбинат технологических металлов». Это обеспечивает полную нейтрализацию твердофазных вольфрамовых кеков объемом 38500 м³.

7. Разработана и внедрена технология переработки вольфрамовых кеков хвостохранилищ АО «Узбекский комбинат технологических металлов» с сокращенными стадиями процесса. Это обеспечивает снижение общих затрат и достижение экономической эффективности.

8. По результатам расширенных лабораторных и полупромышленных исследований разработана и рекомендована технологическая схема комплексной переработки вольфрамовых кеков. Согласно расчетам, один технологический цикл разработанной технологии позволяет достичь экономической эффективности в размере 1 млрд 584 млн 450 тыс. сум по сравнению с применяемой промышленной технологией.

9. Полученные аналитические результаты способствуют развитию комплексной переработки вольфрамовых кеков, извлечению из их состава редких металлов и последующему использованию остаточного кека в строительной отрасли для снижения расхода цемента. Это создает возможность разработки новых технологических принципов комплексной переработки вольфрамовых кеков.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
PhD.03/2025.27.12.T.17.04 AT KARSHI STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

NAVOIY BRANCH OF THE ACADEMY OF SCIENCES

PARMONOV GAYRAT MAKHMATKULOVICH

**DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR THE INTEGRATED
PROCESSING OF TUNGSTEN CAKE WASTE FROM JSC “UZBEK
TECHNOLOGICAL METALS PLANT”**

**05.02.01 - Material science in mechanical engineering. Foundry production. Thermal and
pressure treatment of metals. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals**

**DISSERTATION ABSTRACT FOR THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) OF
TECHNICAL SCIENCES**

Karshi - 2026

The topic of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) is registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under № B2026.1.PhD/T5329.

The dissertation has been carried out at the Almalyk State Technical Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council (www.mises.uz) and on the information and educational portal "ZiyoNet" (www.ziyanet.uz).

Scientific supervisor:	Khalikunov Utkir Mirzakamolovich doctor of technical sciences (DSc), professor
Official opponents:	Saidakhmedov Aktam Abdisamievich doctor of technical sciences (DSc), Docent Khakimov Kamol Juraevich Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Docent
Leading organization:	Tashkent institute of chemical technology

The defense of the dissertation will be held on will be held on "03" October 2026, at 11⁰⁰ at the meeting of the Scientific Council PhD.03/2025.27.12.T 17.04 at the Karshi state technical university. Address: 180100, Karshi city, Mustakillik avenue, 225. Conference hall of Karshi State Technical University. Tel.: (75) 220-09-24; fax: (75) 224-13-95; e-mail: info@qsmi.uz, www.ksttu.uz

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of Karshi State Technical University (registered under № ____). (Address: 180100, Karshi city, Mustakillik avenue, 225. Conference hall of Karshi State Technical University. Tel.: (75) 221-09-23; fax: (75) 224-13-95.

The abstract of the dissertation was distributed on "21" September 2026.
(Protocol at the register № 5-26 dated "21" September, 2026)



	Shodiev A.N. Chairman of the Scientific Council for awarding the Scientific Degree, Doctor of Technical Sciences, docent
	Kayumov O.A. Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees, Doctor of Philosophy Technical Sciences, docent
	B.R. Vokhidov Scientific Council for the Awarding of Academic Degrees Chairman of the scientific seminar, Doctor of Technical Sciences, professor

INTRODUCTION (annotation of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences)

The aim of the research is to develop a technology for the integrated processing of tungsten cakes from the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant”.

The object of the research is tungsten cakes from the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant”, their solutions, as well as calcium nitrate solutions.

The scientific novelty of the research is as follows:

a technology for the integrated processing of tungsten cakes from the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant” using a sodium carbonate solution based on the transfer of tungsten contained in the cake into solution has been developed;

a technology for the integrated processing of tungsten cakes from the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant” based on the transfer of calcium oxide compounds contained in the cake into solution with the participation of nitric acid has been developed;

a technology for the neutralization of solid-phase tungsten cakes from the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant” based on selective leaching with the extraction of compounds and their neutralization has been developed;

an energy-saving technology for processing tungsten cakes from the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant” based on the reduction of existing technological stages has been created.

Implementation of the research results. Based on the obtained scientific results on the development of a technology for the integrated processing of tungsten cakes accumulated at the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant”:

the technology for the integrated processing of tungsten cakes from the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant” using a sodium carbonate solution has been implemented in production at the “Production of Rare Metals and Hard Alloys” plant of JSC “Uzbek MMC” (certificate of JSC “Uzbek MMC” dated August 19, 2025 No. 03/03-1525). As a result, the possibility of obtaining 87% tungsten (VI) oxide has been ensured;

the technology of selective leaching of tungsten cakes from the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant” has been implemented in production at the “Production of Rare Metals and Hard Alloys” plant of JSC “Uzbek MMC” (certificate of JSC “Uzbek MMC” dated August 19, 2025 No. 03/03-1525). As a result, the development of an energy-saving technology enabling efficient processing of tungsten cakes has been ensured;

the technology for the integrated processing of tungsten cakes from the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant” with the participation of nitric acid and complete neutralization of the contained calcium oxide compounds has been implemented in production at the “Production of Rare Metals and Hard Alloys” plant of JSC “Uzbek MMC” (certificate of JSC “Uzbek MMC” dated August 19, 2025 No. 03/03-1525). As a result, the possibility of obtaining 23% calcium mineral fertilizer used in agriculture has been ensured;

the environmentally friendly and waste-free technology for processing tungsten cakes from the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant” has been implemented in production at the “Production of Rare Metals and Hard Alloys” plant of JSC “Uzbek MMC” (certificate of JSC “Uzbek MMC” No. 03/03-1525 dated August 19, 2025). As a result, the possibility of complete neutralization of solid-phase tungsten cakes with a volume of 38,500 m³ has been ensured;

the technology for processing tungsten cakes from the tailings storage facilities of JSC “Uzbek Technological Metals Plant” with reduced technological stages has been implemented in production at the “Production of Rare Metals and Hard Alloys” plant of JSC “Uzbek MMC” (certificate of JSC “Uzbek MMC” No. 03/03-1525 dated August 19, 2025). As a result, overall costs have been reduced and economic efficiency has been achieved.

Structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total length of the dissertation is 126 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; part I)

1. Parmonov G., Parmonov S. “O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ qoshidagi nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodi volfram texnogen chiqindilarini tahlil qilish // Kompozitsion materiallar. O‘zbekiston ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. T., 2025. – №3. – С. 165-167. (05.00.00; №13). https://hemis.atso.uz/static/uploads/9/afv6j28jq7g8Ghup_yjkBkY7A6a-bNZE.pdf

2. Xalikulov U.M., Parmonov G.M., Volfram keklar tarkibidan kalsiy nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) mineral o‘g‘iti olish texnologiyasini ishlab chiqish // Kompozitsion materiallar. O‘zbekiston ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. T., 2025. – №4. – С. 190-192.(05.00.00; №13)

https://hemis.atso.uz/static/uploads/9/Es1yLGpeWMLAhW6n0ankzh9qOSmBd_Gz.pdf

3. Parmonov S., Parmonov G. Development of modern technology for obtaining wolfram VI oxide powder JSC “Uzbekistan technological metals combine” // Actual problems of modern science, education and training. ISSN 2181-9750. 2025. – №8. – В. 12-15. (05.00.00; №26) KhorezmScience.uz.

4. Khalikulov U.M., Parmonov G.M., Analysis of the influence of particle size, the amount of wolframate, hydrocarbonate, and sodium hydroxide in the solution, as well as the density of the body during the selection of wolfram cakes // Actual problems of modern science, education and training. ISSN 2181-9750. 2025. – №12. – В. 82-86. (05.00.00; №26) <http://khorezmscience.uz>.

5. Parmonov S., Parmonov G. Methods for determining the composition of tungsten waste at JSC “Uzbekistan technological metals plant” // Development of science. ISSN 3030-3907. 2025. T. 7. – В. 56-62. <https://devos.uz/files/1464.pdf>.

6. Пармонов С., Пармонов Г.М. Комплексная переработка вольфрамовых отходов АО “Узбекский технологический металлургический комбинат” // Miasto Przyszłości. ISSN-L: 2544-980X. 29-31 p. (05.00.00; №14. Researchbib. Impakt-faktor9.9)

<https://miastoprzyszlosci.com.pl/index.php/mp/article/view/6793/6402>

7. Parmonov S., Parmonov G. Chemical enrichment of tungsten cakes of waste Storage areas JSC Uzbekistan technological metals Combine // Electronic journal of actual problems of modern science, education and training. June, 2025-6. Issn 2181-9750, pp. 68– 69-70-71-72-73. KhorezmScience.uz

8. Parmonov S., Parmonov G. Оптимизация переработки отвальных кеков автоклавно содового выщелачивания шеелитового концентрата // Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali journal of scientific research and their solutions volume 6, ISSUE 01, iyul 2025 Worldly knowledge nashriyoti, 39-40-41 st. <https://worldlyjournals.com/index.php/ituy/article/view/13771>

II bo'lim (II часть; part II)

9. Parmonov G., Parmonov S. Volfram keklaridan volfram (WO_3) oksid kukunini olishning zamonaviy texnologiyasini ishlab chiqish // «Новые композиционные и нанокomпозиционные материалы: структура, свойства и применение» – Ташкент, 17-18 сентября 2025 г. – С. 105-106. https://hemis.atso.uz/static/uploads/9/t_W3LhKIp0CCstMbWECNtfXZIQXxLTes.pdf

10. Пармонов С., Пармонов Г.М. Углерод асосли намуналарни солиштирма электр қаршилиги юқори аниқликда ўлчаш методикаси. // Андижон машинасозлик институти “ Янги турдаги муқобил энергия манбаларидан фойдаланишнинг инновацион ечимлари ва улардан фойдаланишда энерготежамкор қурилмаларни қўллаш” республика миқёсдаги Илмий ва илмий-техник анжуман 29-апрель 2022 йил, Андижон 344-345-346 betlar. <https://hemis.atso.uz/static/uploads/9/ANEZFLsQqU1Zx3Wt30V7YF4o2St1lTUI.pdf>

11. Testing of fingers used in ore crushing in ore crushing shops // Международная конференция «Инновационные технологии добычи и переработки полезных ископаемых», Гмит – 19.05.2023 9-10-11 Ст. https://hemis.atso.uz/static/uploads/9/2lJlzOYfYwzNKikrqo1d_uZ0iDd6KCrC.pdf

12. Xalikulov U.M, Parmonov G.M. Volfram keklarini gidrometallurgik usulda qayta ishlashga tayyorlash. Международная научно-техническая конференция 17-18 сентябр Новые композиционные и нанокomпозиционные материалы: структура, свойства и применение Ташкент, 2025. 245-246 Ст. <https://hemis.atso.uz/static/uploads/9/UerBYj6hP7JbK8OjTY03ZNiSad8-9Bs4.pdf>

13. Xalikulov U.M, Parmonov G.M. O'zbekiston texnologik metallar kombinati Aksiyadorlik Jamiyati Volfram texnogen chiqindilarini qayta ishlash sxemasini o'rganish Международная научно-техническая конференция 17-18 сентябр Новые композиционные и нанокomпозиционные материалы: структура, свойства и применение Ташкент, 2025.236-237 Ст. https://hemis.atso.uz/static/uploads/9/FKw3bF7WKxPnCQMjt7EnuNM1vz4aVYp_o.pdf

Avtoreferat “Sanoatda raqamli texnologiyalar” ilmiy-texnik jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bosmaga ruxsat etildi: _____.2026-yil

Bichimi 60x45 $\frac{1}{8}$, «Times New Roman»
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.

Shartli bosma tabog‘i 3,0 Adadi: 80. Buyurtma: №133

QarDTU bosmaxonasida chop etildi.

Manzil: Qarshi shahri, Mustaqillik shox ko‘chasi, 225–uy.