

**QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY  
DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.03/25.12.2024.T.111.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**BOYMURODOV NAJMIDDIN ABDUQODIROVICH**

**TEXNOGEN CHIQINDILARDAN VOLFRAMNI AJRATIB OLISH  
TEKNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish, 05.02.01 - Mashinasozlikda materialshunoslik.  
Quymachilik. Metallarga termik va bosim ostida ishlov berish. Qora, rangli va noyob  
metallar metallurgiyasi (texnika fanlari)**

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

**Qarshi – 2025 yil**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Boymurodov Najmiddin Abduqodirovich**

Texnogen chiqindilardan volframni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish ....3

**Боймуродов Нажмиддин Абдукодирович**

Разработка технологии извлечения вольфрама из техногенных отходов.....21

**Boymurodov Najmiddin Abdukodirovich**

Development of technology for the extraction of tungsten from technogenic waste.....41

**E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati**

Список опубликованных работ

List of published works.....45

**QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIIY  
DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.03/25.12.2024.T.111.05 RAQAMLI ILMIIY KENGASH**

---

**QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**BOYMURODOV NAJMIDDIN ABDUQODIROVICH**

**TEXNOGEN CHIQINDILARDAN VOLFRAMNI AJRATIB OLISH  
TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish,  
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**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.3.PhD/T5655 raqam bilan ro‘yxatga olingan.**

Dissertatsiyasi Qarshi davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (резюме)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida ([www.kstu.uz](http://www.kstu.uz)) va «ZiyoNet» Axborot ta’lim portalida ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Xasanov Abdirashid Saliyevich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Turobov Shaxriddin Nasritdinovich**  
texnika fanlari falsafa doktori, dotsent

**Rasmiy opponentlar:**

**Parmonov Sarvar Toshpo‘latovich**  
texnika fanlari doktori, dotsent

**Xo‘jamov Umidjon Umarkulovich**  
texnika fanlari falsafa doktori, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

**Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Qarshi davlat texnika universiteti huzuridagi PhD 03/25.12.2024.T.111.05 raqamli Ilmiy kengashning 202\_ yil “\_” \_\_\_\_\_ soat \_\_:\_\_ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik shoh ko‘chasi, 225-uy. Tel.: (75) 220-09-24; E-mail: [info@kstu.uz](mailto:info@kstu.uz). Qarshi davlat texnika universiteti majlislar zali).

Dissertatsiya bilan Qarshi davlat texnika universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№\_\_ raqam bilan ro‘yxatga olingan). Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik shoh ko‘chasi, 225-uy. Tel.: (75) 220-09-24.

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil “\_” \_\_\_ kuni tarqatilgan.

(2025 yil «\_» \_\_\_\_\_ №\_\_ 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 kotibi, t.f.f.d., dotsent

**B.R. Voxidov**

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

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda volfram o‘zining noyob fizik-kimyoviy xususiyatlari - yuqori qattiqligi, zichligi, issiqlik va yemirilishga chidamliligi bilan XXI asrning strategik muhim va o‘ta zarur metallaridan biri hisoblanadi. U mudofaa, aerokosmik, energetika, qurilish, elektronika va tog‘-kon sanoatida, shuningdek qattiq qotishmali asboblarni ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi. Volframning asosiy sanoat minerallari volframit va sheelit bo‘lib, ikkilamchi minerallar kam uchraydi. Jahon bozorida volframga talab yuqori, ishlab chiqarish hajmi cheklangan hamda zaxiralari muayyan hududlarda to‘planganligi sababli u strategik metall sifatida yanada qadrlanadi. Shu bois uni qazib olish, boyitish va ekologik xavfsiz qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Dunyodagi geosiyosiy omillar, tabiiy resurslarning cheklanganligi va sanoat ehtiyojining tobora ortib borishi sharoitida volfram tarkibli texnogen chiqindilarni (keklar, shlamlar, ishlab chiqarish qoldiqlari) kompleks qayta ishlash texnologiyalarini ishlab chiqish, texnogen chiqindilarni gravitatsiya va magnit usulda boyitish, boyitish mahsulotlarini ko‘machlab kuydirish, so‘ng suvli tanlab eritish va sun‘iy sheelit olish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, tarkibida  $WO_3$  bo‘lgan texnogen chiqindini boyitish texnologik sxemasini takomillashtirish, kompozit boyitmani piro va gidrometallurgik usullarda qayta ishlab, ko‘machlash, so‘ng kuyindini tanlab eritish, filtrlash, cho‘ktirish va sun‘iy sheelit olish optimal meyorini yaratishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda volfram tarkibli chiqindilarni gravitatsiya va magnitli usulda boyitish, yarim tayyor mahsulotda qimmatbaho komponentlarni piro va gidrometallurgiya usullarida ajratib olishda, uning eng maqbul texnologik rejimlarini ishlab chiqish bo‘yicha muayyan natijalarga erishishilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmonida<sup>1</sup> “Innovatsion loyihalarni amalga oshirish uchun barcha yo‘nalishlar bo‘yicha keng imkoniyatlarni yaratish, oliy o‘quv yurtlarida olib borilayotgan ilmiy tadqiqot ishlarini amaliyot bilan chambarchas bog‘lash, innovatsion tashabbuslarni hamda tadqiqotlarni qo‘llab quvvatlovchi zamonaviy mexanizmlarni tadbiiq etish...” kabi muhim vazifalar belgilangan. Bu borada belgilangan vazifalar ijrosini ta‘minlashda davlat siyosati doirasida qabul qilingan strategik dasturlar va me‘yoriy-huquqiy hujjatlar muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktabrdagi “2019-2030 yillar davrida O‘zbekiston Respublikasi “yashil iqtisodiyotiga 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

---

<sup>1</sup> 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 Farmoni.

me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada va xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII "Yer to'g'risidagi fanlar (geologiya, geofizika, seysmologiya, texnika va mineral xomashyolarni qayta ishlash)" ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

**Muammoni o'rganilganlik darajasi.** Tarkibida volfram bo'lgan texnogen chiqindilardan volframni ajratib olish, ularni ikkilamchi resurs sifatida qayta ishlash va qimmatbaho elementlarni olish maqsadida konsentratlarni qayta ishlash masalasi ko'plab olimlarning diqqat markazida bo'lib kelmoqda. Bu yo'nalish mineral xomashyoni chuqur va kompleks qayta ishlashning muhim bo'g'ini hisoblanadi. Ikkilamchi manbalardan metallarni ajratib olish jarayoni birlamchi rudalarni qayta ishlashga nisbatan ancha tejamkor bo'lib, ishlab chiqarish bosqichlarining qisqarishi hisobiga xarajatlar kamayadi. Shuningdek, ajratib olingan metallar qoldig'idan oqilona foydalanish imkoniyati chiqindisiz texnologiyalar tamoyillariga to'liq javob beradi.

Mazkur yo'nalishda xorijiy olimlari tomonidan keng qamrovli tadqiqotlar olib borilgan. Jumladan, A.N. Zelikman, B.G. Korshunov, A.V. Yelutin, L.S. Nikitina, V.Z. Tarasenko, N.M. Baytenov, A.N. Drevyankin, V.S. Chernishev, A.B. Stepanov, A.V. Shvab kabi olimlarning ilmiy ishlari texnogen chiqindilarni qayta ishlash, ularning tarkibidan noyob va qimmatbaho metallarni ajratib olish hamda amaliyotga tatbiq etishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Shuningdek, MDH mamlakatlari ilmiy maktablari vakillari – X.T. Sharipov, K.S. Sanaqulov, M.A. Shegay, A.S. Xasanov, E.A. Pirmatov, B.I. Tolibov, A.N. Shodiyev, A.A. Xasanov va boshqa bir qator olimlarning izlanishlari texnogen resurslarning metallurgiyadagi o'rnini qayta ko'rib chiqishga imkon berdi. Ularning ilmiy ishlari volfram va boshqa noyob elementlarni ikkilamchi manbalardan ajratib olish samaradorligini oshirish, texnologik sxemalarni takomillashtirish va innovatsion yechimlarni ishlab chiqishda muhim nazariy asos yaratdi. Shu sababli, texnogen chiqindilarni chuqur qayta ishlash, ulardan volfram va boshqa qimmatbaho metallarni ajratib olish masalasi bugungi kunda iqtisodiy samaradorlikni ta'minlash va ekologik barqarorlikni kafolatlash nuqtayi nazaridan dolzarb vazifa bo'lib qolmoqda.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalarini bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqotlari Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutining №414/M-sonli ilmiy-tadqiqot ishlari rejalariga muvofiq "Mis ishlab chiqarish sanoati chiqindi chang va gazlarni kompleks qayta ishlash asosida qo'shimcha rangli metallar (mis, qo'rg'oshin, rux, oltin va kumush) olish texnologiyasini ishlab chiqish" mavzusidagi ilmiy loyiha doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** Ingichka boyitish fabrikasining volfram tarkibli chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

### **Tadqiqotning vazifalari:**

volfram tarkibli texnogen xomashyoni boyitish va qayta ishlash bo'yicha ilgari o'tkazilgan tadqiqotlarning analitik tahlilini o'tkazish;

Ingichka boyitish fabrikasining volfram tarkibli chiqindining kimyoviy, mineralogik va granulometrik tarkibini o'rganish;

volfram boyitmasini ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan asosiy texnogen mahsulot bo'ylab volframning taqsimlanishini tadqiq etish;

volfram tarkibli texnogen chiqindini gravitatsion va magnitli boyitish hamda piro-gidrometallurgik qayta ishlash bo'yicha eksperimental tadqiqotlar o'tkazish;

boyitish fabrikasining tashlandiq chiqindilarini kompleks qayta ishlash uchun texnologik sxemasi va apparatlar zanjiri ishlab chiqish.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida Ingichka boyitish fabrikasining volfram tarkibli texnogen chiqindilari olingan.

**Tadqiqotning predmeti** volfram tarkibli texnogen chiqindilarni gravitatsiya va magitli usulida boyitish, olingan boyitmani piro va gidrometallurgiya usulida qayta ishlashning kompleks texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishini bajarishda zamonaviy nazariy va amaliy kompleks tadqiqot usullaridan, tahlilning fizik va kimyoviy usullari, jumladan, nodir va rangli metallar gidro- va pirometallurgiya sanoatining chiqindilarini qayta ishlash bo'yicha elektron mikroskop va rentgen fazaviy tahlil, mass-spektroskopiya tahlili (ICP-MS), fotokolorimetriya, atom-absorbsion tahlil usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

texnogen chiqindilarda volframning donador fraksiyalar bo'yicha miqdoriy taqsimlanish qonuniyatlari o'rganilgan va qayta ishlash uchun eng maqbul fraksiyalar aniqlangan;

Ingichka boyitish fabrikasining -1+0,125 mm fraksiyali chiqindilarini boyitish uchun markazdan qochma konsentrator va magnitli separatoridan foydalanishning samaradorligi ilmiy asoslangan;

boyitish jarayoni uchun vintli separator, markazdan qochma konsentrator va magnitli separatoridan tashkil topgan optimal texnologik sxema hamda apparatlar zanjiri ishlab chiqilgan;

volfram yarim mahsulotini ko'machlash va spekni suv bilan tanlab eritish natijasida volframning natriy volframat shaklida yuqori darajada ajralib olinishi aniqlangan;

ko'machlash, tanlab eritish, tozalash, cho'ktirish va sun'iy sheelit olish jarayonlari asosida boyitmalarni qayta ishlashning optimal parametrlari ishlab chiqilgan;

boyitish mahsulotini kombinatsiyalashgan piro- va gidrometallurgiya usulda qayta ishlashning texnologik sxemasi hamda apparatlar zanjiri sxemasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

texnogen xomashyoning granulometrik va mineralogik tarkibi hamda qimmatbaho komponentlarning fraksiyaviy taqsimlanishi aniqlanib, qayta ishlashning samarali usullari aniqlangan;

boyitish fabrikasi chiqindisini gravitatsion boyitishda markazdan qochma konsentrator va magnitli separatoridan foydalanishning yuqori samaradorligi aniqlangan;

texnogen xomashyoni qayta ishlash uchun ratsional sxema ishlab chiqilgan va uning qo'llanishi orqali  $WO_3$  – 41,25 % tarkibli kompozit boyitma olingan;

ko'machlab kuydirish va suvli tanlab eritishni birgalikda qo'llash natijasida volfram yuqori darajada eruvchan natriy volframat ko'rinishiga o'tishi aniqlangan;

ko'machlash, tanlab eritish, tozalash va cho'ktirish jarayonlarini o'z ichiga olgan piro va gidrometallurgik qayta ishlashning texnologik parametrlari o'rnatildi hamda tarkibida 72,1%  $WO_3$  bo'lgan sun'iy sheelit olingan;

qimmatbaho komponentlarni yuqori darajada ajratib olish imkonini beruvchi hamda amaldagi korxonada sharoitlariga moslashuvchan kombinatsiyalashgan texnologik va apparatlar zanjiri sxemalari ishlab chiqilgan.

**Olingan natijalarning ishonchliligi** Olingan natijalarning ishonchliligi muallif tomonidan avval laboratoriya sharoitida o'tkazilgan ilmiy eksperimentlar, keyin esa olingan natijalarni muhokama qilish, eng maqbul texnologik rejimni tanlash, Ingichka boyitish fabrikasining yarim sanoat miqyosida o'tkazilgan eksperimentlari, natijalarning ishonchliligini tasdiqlovchi tahlil natijalari, shuningdek zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari, ishlab chiqarish sinovlari natijalari bo'yicha "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJning akkreditatsiyadan o'tgan markaziy tahlil laboratoriyasining tadqiqotlari bilan asoslangan.

#### **Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati texnogen mineral chiqindilarni qayta ishlashda yangi yondashuv talab qiladi, bu volframning donadorlik fraksiyalari bo'yicha taqsimlanishining aniqlangan qonuniyatlariga asoslangan va markazdan qochma konsentratorlardan foydalangan holda gravitatsion va magnitli boyitishni qo'llash piro-gidrometallurgik qayta ishlashda yaratilgan texnologik sxemalar va ularning parametrlari volframni ajratib olish samaradorligini oshirish va sun'iy sheelit olish jarayonlarini optimallashtirishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati Ingichka boyitish fabrikasi chiqindilarini qayta ishlash uchun gravitatsion va magnit boyitishga asoslangan oqilona texnologik sxema yaratish, bu jarayonda 41,25%  $WO_3$  tarkibli kompozit boyitma va 72,1%  $WO_3$  tarkibli sun'iy sheelit olish imkonini beruvchi piro- va gidrometallurgik usullarni joriy etish hamda mineral xomashyodan kompleks foydalanish darajasini oshirish orqali texnogen chiqindilarni sanoat miqyosida qayta ishlash, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va ekologik yukni kamaytirishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Texnogen chiqindilardan volfram tarkibli mahsulotni gravitatsion boyitishning ishlab chiqilgan texnologiyasi bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Ingichka boyitish fabrikasining texnogen chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasi "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodi Ingichka boyitish fabrikasida qo'llanilgan ("O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJning 2025 yil 16 iyuldagi №03/04-

1015-sonli ma'lumotnomasi). Natijada yirikligi Ingichka boyitish fabrikasining - 1+0,125 mm fraksiyalari chiqindilarini gravitatsion boyitish uchun markazdan qochma konsentratoridan foydalanishning va magnitli separatsiyalash maqsadga muvofiqligi va samaradorligi ilmiy asoslangan va tarkibida 41,25 %  $WO_3$  bo'lgan kompozitsion konsentrat olish imkonini bergan;

Ingichka boyitish fabrikasi chiqindilaridan volframni gravitatsion boyitish usulida ajratib olish hamda piro va gidrometallurgik qayta ishlashning ishlab chiqilgan texnologiyasi "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodi Ingichka boyitish fabrikasida amaliyotga joriy etilgan ("O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJning 2025 yil 16 iyuldagi №03/04-1015-sonli ma'lumotnomasi). Natijada Ingichka boyitish fabrikasi chiqindilaridan olingan kompozitsion konsentratni qayta ishlash ya'ni, ko'machlash, tanlab eritish, tozalash va cho'ktirish jarayonlarini o'z ichiga olgan piro va gidrometallurgik qayta ishlashning texnologik parametrlari o'rnatildi, natijada 72,1%  $WO_3$  tarkibli sun'iy olish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 5 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 21 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 10 ta maqola, jumladan, 6 tasi respublika va 4 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 109 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida olib borilgan tadqiqotning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti va predmeti aniqlangan, tadqiqotning respublikada fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati, tadqiqot natijalarini amaliyotga tadbiq etish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Volfram tarkibli xomashyoni, shu jumladan rudalar, konsentratlar va texnogen chiqindilarni qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirishning dolzarb yo'nalishlari va istiqbollari**" deb nomlangan birinchi bobida Volfram tarkibli birlamchi va texnogen xomashyolarni qazib olish va qayta ishlashning zamonaviy holati, Volfram tarkibli mineral xomashyoni qayta ishlash bo'yicha oldingi tadqiqotlarning qisqacha bayoni, mahalliy texnogen hosilalarda volfram minerallarining joylashish shakllarini o'rganish, Ingichka boyitish fabrikasi chiqindilarini namuna olish va rudani tayyorlash bo'yicha tadqiqotlar, ularning istiqbollari va usullari haqida ma'lumot berilgan.

Jahon sanoatining zamonaviy holatini tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, volfram turli sohalar uchun muhim va strategik ahamiyatga ega xomashyo bo'lib, uning

resurslari cheklangan, bu esa birlamchi va ikkilamchi xomashyo manbalaridan kompleks foydalanish zarurligini taqozo etadi.

Tadqiqotlar shuni tasdiqlaydiki, ikkilamchi resurslar, jumladan, volfram tarkibli chiqindilar va sanoat chiqindilari xo‘jalik aylanmasiga jalb qilish uchun muhim salohiyatga ega bo‘lib, bu birlamchi konlarga yuklamani kamaytirish va sohaning resurs samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Boyitish chiqindilarining keng ko‘lamda to‘planishi ekologik vaziyatning yomonlashishiga olib keladi va ekologik yo‘naltirilgan utilizatsiya va qayta ishlash texnologiyalarini joriy etishni talab qiladi, bu esa qimmatbaho komponentlarni ajratib olish uchun qo‘shimcha imkoniyatlar yaratadi.

Jahon amaliyotida rudalarni ham, chiqindilarni ham boyitish va qayta ishlashning turli usullari (gravitatsion, flotatsion, gidrometallurgik, pirometallurgik) muvaffaqiyatli amalga oshirilmoqda, ammo texnogen resurslarni qayta ishlashga jalb qilish darajasi hali ham yetarli emas.

To‘planib qolgan chiqindilarni qayta ishlashning mavjud texnologik sxemalari yuqori energiya sig‘imi, ko‘p operatsiyaliligi va yakuniy konsentratlarning nisbatan past chiqishi bilan tavsiflanadi, bu esa jarayonlarning usullari va apparatli rasmiylashtirilishini yanada takomillashtirishni talab qiladi.

Texnogen hosilalarda volfram odatda sheelit shaklida, shuningdek, boshqa minerallar bilan murakkab assotsiatsiyalar shaklida uchraydi, bu esa uni ajratib olish jarayonini murakkablashtiradi va xomashyoni qayta ishlash va tayyorlashga kompleks yondashuvni talab qiladi.

Ingichka boyitish fabrikasining to‘plangan chiqindilarida volfram minerallarining tarkibi va mavjudlik shaklini o‘rganish natijasida volframni qayta ajratib olish uchun sezilarli zaxiralar mavjudligi, shuningdek, mahalliy texnogen obyektlar uchun maxsus texnologiyalarni ishlab chiqish muhimligi tasdiqlandi.

Jahon va mahalliy tajribalarni umumlashtirish hamda zamonaviy ilmiy ishlanmalar va sanoat tajribalarini tahlil qilish volfram tarkibli chiqindilarni samarali qayta ishlash sohasidagi keyingi tadqiqotlar va ishlanmalarning yuqori ilmiy va amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatmoqda.

Dissertatsiyaning **“Texnogen mineral xomashyoning mineralogik va granulometrik tarkibini o‘rganish”** deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot obyekti, Ingichka boyitish fabrikasi chiqindilarining kimyoviy va mineralogik tarkibini o‘rganish, granulometrik tarkibni aniqlash bo‘yicha tadqiqotlar, texnogen chiqindilarning granulometrik tarkibi va volframning yiriklik sinflari bo‘yicha taqsimlanishi nazariy asoslari haqida ma’lumotlar berilgan.

Volframning sinflar bo‘yicha taqsimlanishi nuqtayi nazaridan  $-0,1+0,063$  mm fraksiya umumiy  $WO_3$  miqdorining 21,45% ni, chiqish ulushi esa 4,93% ni tashkil etadi. Volframning yana  $37,58\% -0,125+0,063$  mm (8,11% unum) sinfida to‘plangan. Bu esa umumiy boyitish samaradorligini oshirish maqsadida ushbu mayda sinflarni ajratib olish va alohida qayta ishlash maqsadga muvofiqligini ta’kidlaydi.

**Texnogen chiqindilarning granulometrik tarkibi va volframning yiriklik sinflari bo'yicha taqsimlanishi**

Yiriklik sinfi, mm	Chiqish, %	Jami chiqish, %	Tarkibi W, %	Mutlaq taqsimot W	Nisbiy taqsimot W
+4-2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-2+1	13,95	15,82	0,05	0,6750	10,15
-1+0,5	24,67	40,49	0,06	1,1900	17,56
-0,5+0,25	32,98	73,47	0,05	1,4800	21,91
-0,25+0,125	19,65	93,12	0,04	0,6400	9,47
-0,125+0,063	4,93	98,05	0,36	1,4500	21,45
-0,063+0	3,82	100,00	0,17	0,7600	11,46
<b>Jami</b>	100,00	—	0,06	<b>6,1950</b>	100,00

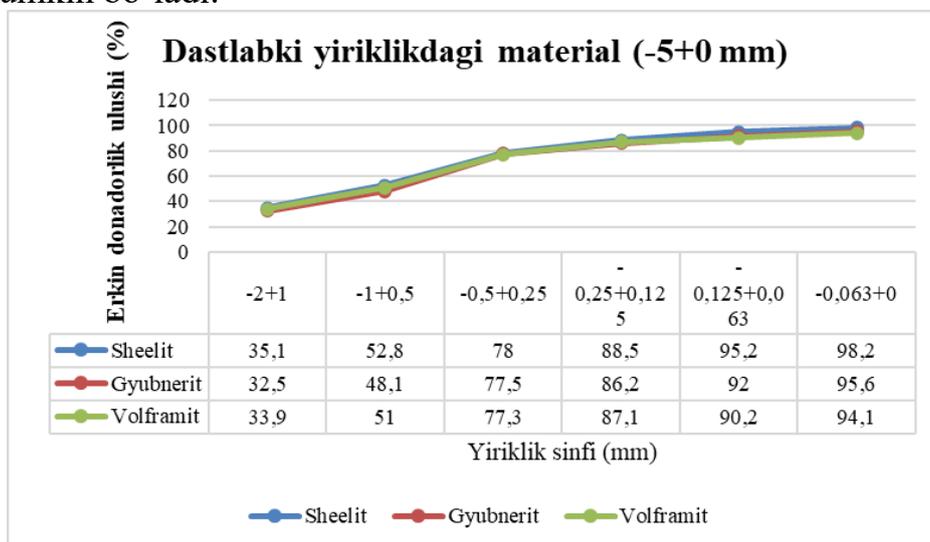
2-jadvaldagi natijalar tahlili shuni ko'rsatadiki, -4+2 mm yiriklikdagi mineral xomashyo tarkibida na sheelit, na gyubnerit zarralari va na ularning birikmalari (srostkalari) uchramaydi. -2+1 mm yiriklik sinfida esa ushbu foydali minerallarning erkin zarralari sezilarli darajada aniqlangan: sheelit – 35,1%, gyubnerit – 32,5%, shu bilan birga ular srostkalar ko'inishida mos ravishda 60,4% va 60,7% ni tashkil etadi. -1+0,5 mm sinfi esa o'tish xarakteriga ega bo'lib, unda sheelit va gyubnerit erkin zarralari (52,8% va 48,1%) hamda srostkalari (41,9% va 45,2%) deyarli bir xil nisbatda mavjud.

**Dastlabki va yanchilgan mineral xomashyoning yiriklik sinflari bo'yicha sheelit va gyubnerit zarralari va qo'shilmalarining taqsimlanishi**

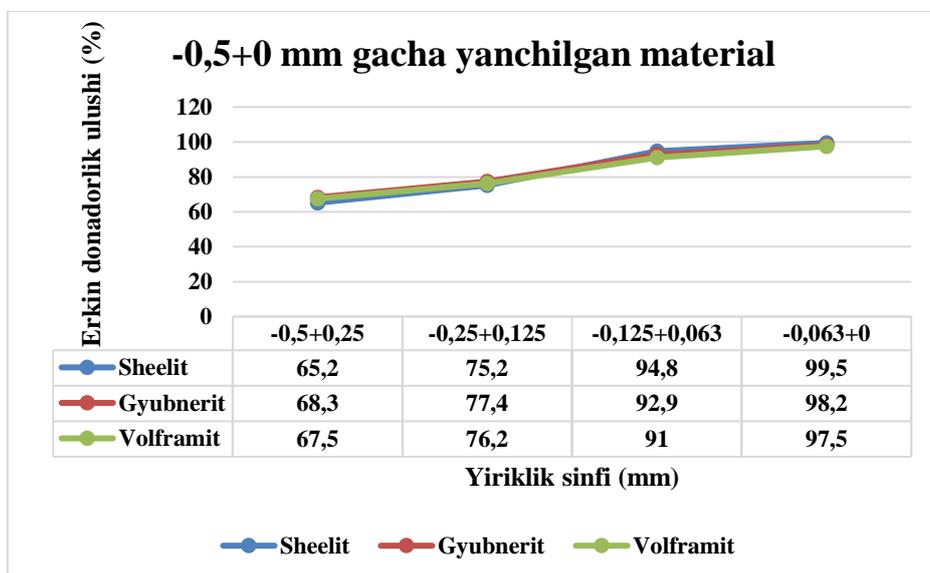
Sinf, mm	Sheelit Erkin don.gi	Sheelit Srostiklar	Gyubnerit Erkin don.gi	Gyubnerit Srostiklar	Volframit Erkin don.gi	Volframit Srostiklar
<b>Dastlabki yiriklikdagi material (-5 +0 mm)</b>						
-4+2	—	—	—	—	—	—
-2+1	35,1	60,4	32,5	60,7	33,9	62,05
-1+0,5	52,8	41,9	48,1	45,2	51,0	19,7
-0,5+0,25	78,0	21,0	77,5	20,4	77,3	21,0
-0,25+0,125	88,5	11,1	86,2	12,2	87,1	11,5
-0,125+0,063	95,2	4,1	92,0	8,0	90,2	8,1
-0,063+0	98,2	2,0	95,6	4,8	94,1	5,3
<b>Miqdor</b>	63,5	36,5	61,0	39,0	60,1	39,9
<b>-0,5 +0 mm gacha yanchilgan material</b>						
-0,5+0,25	65,2	34,8	68,3	31,7	67,5	32,5
-0,25+0,125	75,2	24,8	77,4	22,6	76,2	23,8
-0,125+0,063	94,8	5,2	92,9	7,1	91,0	9,0
-0,063+0	99,5	0,5	98,2	1,8	97,5	2,5
<b>Miqdor</b>	76,4	23,6	79,2	20,8	77,8	22,2

Yirikligi kichikroq bo'lgan  $-0,5+0,25$  mm,  $-0,25+0,125$  mm,  $-0,125+0,063$  mm va  $-0,063+0$  mm sinflarda esa sheelit va gyubneritning erkin zarralari srostkalariga nisbatan ancha ustunlik qiladi. Masalan,  $-0,5+0,25$  mm sinfida ushbu erkin zarralar mos ravishda 78,0% va 77,5% ni tashkil etsa, srostkalar ulushi atigi 21,0% va 20,4% ni tashkil qiladi.  $-0,063+0$  mm sinfida esa bu ko'rsatkichlar yanada yuqori bo'lib, erkin zarralar ulushi sheelit uchun 98,2%, gyubnerit uchun 95,6%, srostkalar esa mos ravishda 2,0% va 4,8% ni tashkil etadi.

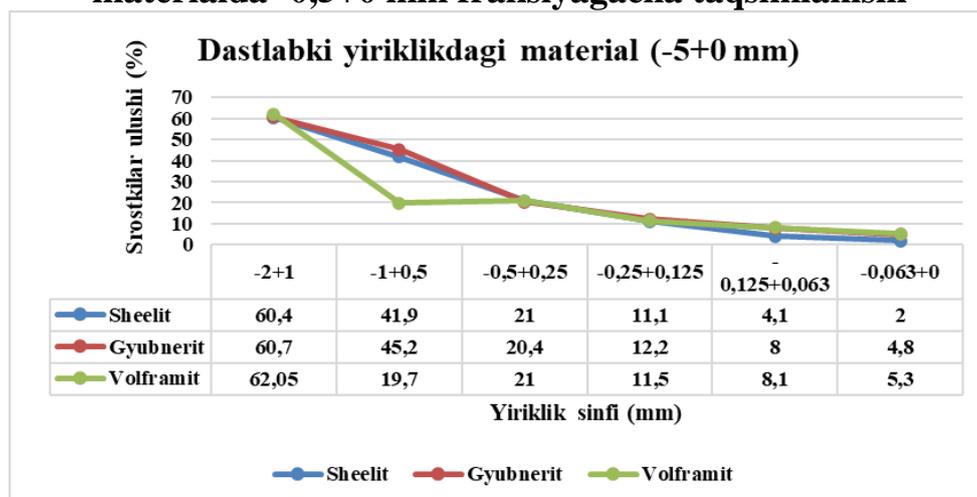
Ushbu ma'lumotlardan kelib chiqib, mineral xomashyoni avval loylardan tozalagan holda, 0,1 mm yiriklik mezoniga ko'ra sinflarga ajratish maqsadga muvofiq ekani aniqlanadi. Yirik fraksiyalarda mavjud bo'lgan erkin zarralarni bevosita konsentratsiya qilish, srostkalar bilan boyitilgan chiqindilarni esa qayta maydalash tavsiya etiladi. Ushbu maydalangan va loydan tozalangan chiqindilarni – 0,125+0,063 mm sinfdagi boshlang'ich xomashyoga qo'shib, ularni gravitatsion boyitishning ikkinchi bosqichiga yuborish foydali bo'ladi. Bu orqali mayda sheelit va gyubnerit zarralarini samarali ajratib olish va ularni oraliq mahsulot sifatida ajratish mumkin bo'ladi.



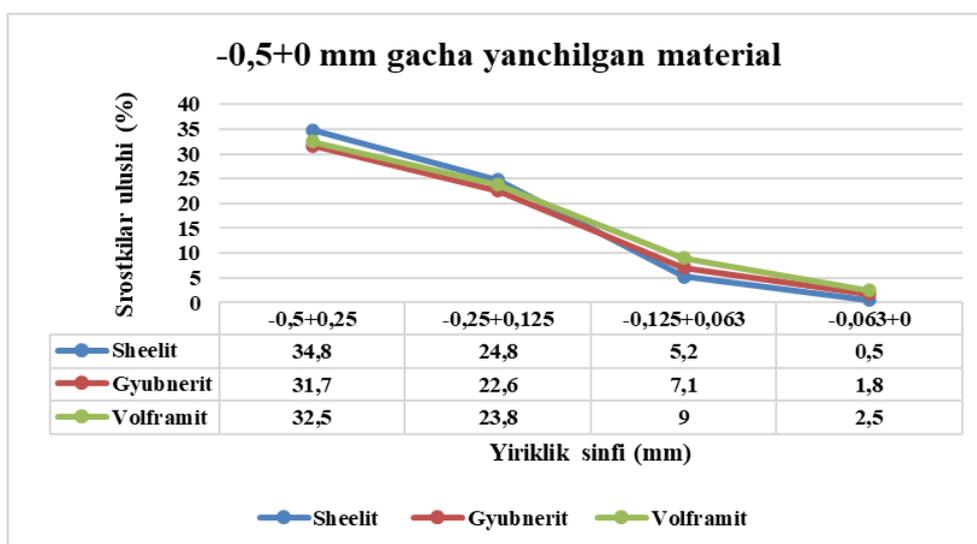
**2-rasm. Sheelit, gyubnerit va wolframit erkin zarralarining dastlabki material yirikligida ( $-5+0$  mm) taqsimlanishi**



**3-rasm. Sheelit, gyubnerit va volframit erkin zarralarining yanchilgan materialda -0,5+0 mm fraksiyagacha taqsimlanishi**



**4-rasm. Sheelit, gyubnerit va volframit birikmalarining dastlabki material yirikligida (-5+0 mm) taqsimlanishi**



**5-rasm. Sheelit, gyubnerit va volframit birikmalarining yanchilgan materialda -0,5+0 mm fraksiyagacha taqsimlanishi**

Tadqiqotning obyekti sifatida Ingichka boyitish fabrikasining kompleks tahlil qilish va keyinchalik qayta ishlash uchun yaroqli murakkab ko‘p komponentli texnogen material bo‘lgan chiqindilari tanlangan.

Kimyoviy tahlil shuni ko‘rsatdiki, chiqindilarning asosiy tarkibiy qismlari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  va boshqa oksidlar bo‘lib, qimmatbaho komponentlar (W, Mo, Au va boshqalar) sezilarli miqdorda mavjud bo‘lib, bu chiqindilarni ikkilamchi qayta ishlashning istiqbolliligini tasdiqlaydi.

Mineralogik tahlilda mineral fazalarning keng spektri aniqlandi: kvarts va plagioklazdan sheelit, gyubnerit, sulfidlar va sof tug‘ma metallargacha, bunda foydali komponentlarning asosiy massasi mayda va o‘rta fraksiyalarda to‘plangan.

Zamonaviy usullar (XRF, SEM-EDX, lazer difraksiyasi) yordamida o‘tkazilgan tadqiqotlar chiqindilarning fazaviy, kimyoviy va granulometrik tarkibini

batafsil tavsiflash imkonini berdi, bu esa optimal boyitish texnologiyalarini tanlash uchun muhimdir.

Granulometrik tahlillar shuni ko'rsatdiki, volframning eng ko'p miqdori - 0,1+0,063 mm fraksiyalarga to'g'ri keladi, garchi ular chiqindilarning umumiy hajmida kichik massaga ega bo'lsa ham, bu aynan shu sinflarni selektiv ajratib olishning maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi.

Sheelit va gyubneritning erkin zarralari mayda yiriklik sinflarida, birikmalar esa yirik fraksiyalarda ustunlik qilishi aniqlandi, bu esa dastlabki xomashyoni dastlabki tasniflash va alohida qayta ishlash zarurligini belgilaydi.

Qimmatbaho minerallarning mayda zarralarini maksimal darajada ajratib olish uchun 0,1 mm yiriklik bo'yicha tasniflash, chiqindilarni alohida boyitish va qo'shimcha maydalashning majburiy bosqichidan iborat texnologik sxema taklif etildi.

Olingan natijalar texnogen mineral xomashyolarni o'rganishga kompleks yondashuvning yuqori informativligini ko'rsatadi va Ingichka fabrikasi chiqindilarini samarali qayta ishlash bo'yicha keyingi tadqiqotlar yo'nalishlarini asoslash imkonini beradi.

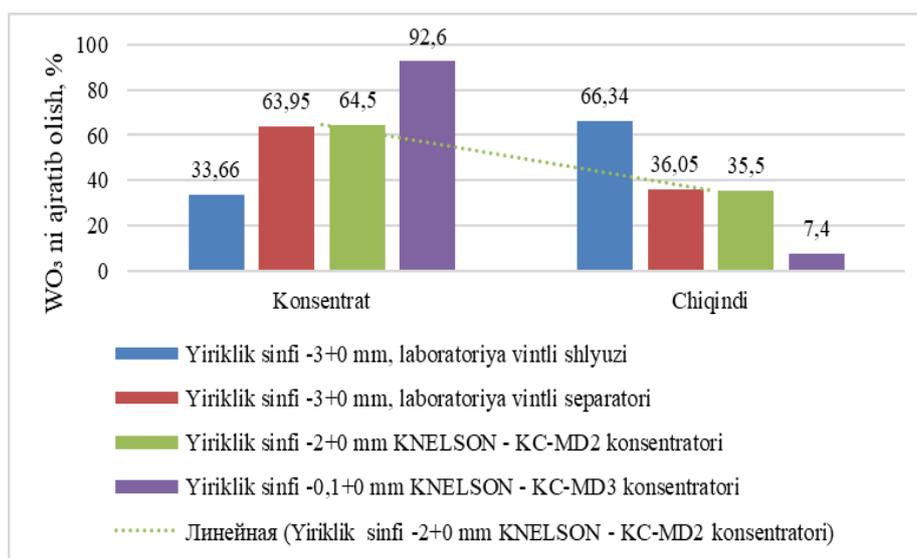
Dissertatsiyaning **“Boyitish fabrikasi chiqindilarini boyitish usullarini o'rganish va aniqlash hamda ularning asosiy parametrlarini aniqlash”** deb nomlangan uchinchi bobida dastlabki xomashyoning gravitatsion tahlili bo'yicha laboratoriya sinovlarini o'tkazish, kuchsiz magnitlangan mineral namunalarning magnet ta'sirchanligi sinovlarini o'tkazish bo'yicha tadqiqotlar, texnogen xomashyoni qo'shimcha boyitish uchun turli gravitatsion agregatlarni tadqiq qilish, texnogen chiqindidan olingan namuna eksperimental laboratoriya sharoitida tajriba-sinov ishlari olib borildi.

Ingichka fabrikasi chiqindilarini ko'rsatilgan apparatlarda sinashning batafsil natijalari 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

### Ingichka fabrikasining texnogen chiqindilarini turli qurilmalarda boyitish natijalari

Mahsulot	$\gamma$ , %	$\gamma^{WO_3}$ , %	$\gamma \beta^{WO_3}$ , %	$E^{WO_3}$ , %
Yiriklik sinfi -3+0 mm, laboratoriya vintli shlyuzi				
Konsentrat	15,75	0,38	5,985	33,66
Chiqindi	84,25	0,14	11,795	66,34
<b>Dastlabki namuna</b>	<b>100,00</b>	<b>0,18</b>	<b>17,780</b>	<b>100,00</b>
Yiriklik sinfi -3+0 mm, laboratoriya vintli separatori				
Konsentrat	15,5	0,726	11,2552	63,95
Chiqindi	84,5	0,075	6,3448	36,05
<b>Dastlabki namuna</b>	<b>100,00</b>	<b>0,176</b>	<b>17,6000</b>	<b>100,00</b>
Yiriklik sinfi -2+0 mm KNELSON - KC-MD2 konsentratori				
Konsentrat	23,54	0,46	10,836	<b>64,5</b>
Chiqindi	76,46	0,078	5,964	35,5
<b>Dastlabki namuna</b>	<b>100,00</b>	<b>0,179</b>	<b>17,9150</b>	<b>100,00</b>
Yiriklik sinfi -0,1+0 mm KNELSON - KC-MD3 konsentratori				
Konsentrat	44,5	0,749	33,336	<b>92,60</b>
Chiqindi	55,5	0,048	2,664	7,40
<b>Dastlabki namuna</b>	<b>100,00</b>	<b>0360</b>	<b>36,000</b>	<b>100,00</b>



**6-rasm. Laboratoriya shlyuzi, vintli separator va KNELSON (KC-MD2 va KC-MD3) konsentratorlaridan foydalangan holda turli yiriklikdagi sinflardan volfram trioksidini ( $WO_3$ ) qiyosiy ajratib olish**

Gravitatsion boyitish Ingichka fabrikasi texnogen xomashyosining barcha o‘rganilgan yiriklik sinflari uchun samarali, ammo eng yuqori  $WO_3$  ajralishi -0,1+0 mm gacha yanchib, keyinchalik gravitatsion ajratishda erishiladi.

Fraksion tahlil shuni ko‘rsatdiki, og‘ir fraksiyalarda  $WO_3$  miqdori keskin ortadi va foydali komponentning maksimal konsentratsiyasi -0,125+0,063 mm yiriklikda erishiladi.

Magnitli ajratish usuli gravitatsion konsentratlarning sifatini sezilarli darajada oshiradi. Bu, ayniqsa, chiqindilarni dastlabki maydalashdan so‘ng kuchsiz va kuchli magnet maydonlarini ketma-ket qo‘llash orqali amalga oshirilganda yaqqol namoyon bo‘ladi.

Dastlabki xomashyo tarkibidagi ko‘pchilik qimmatbaho minerallar birikmalar ko‘rinishida bo‘ladi, shuning uchun mineral zarralarning ochilish darajasini oshirish uchun ularni qayta yupqa tasniflash va yanchish zarur.

Gravitatsion agregatlarning qiyosiy sinovlari (vintli shlyuz, vintli separator, konsentratsion stol, KNELSON markazdan qochma konsentratori) markazdan qochma qurilmalar uchun  $WO_3$  ni ajratib olishning eng yuqori ko‘rsatkichlarini aniqlandi.

Birlamchi chiqindilarda  $WO_3$  ning sezilarli qismi saqlanib qoladi, shuning uchun ularni qo‘shimcha maydalash va qayta boyitish foydali komponentning umumiy chiqishini yanada oshirish imkonini beradi.

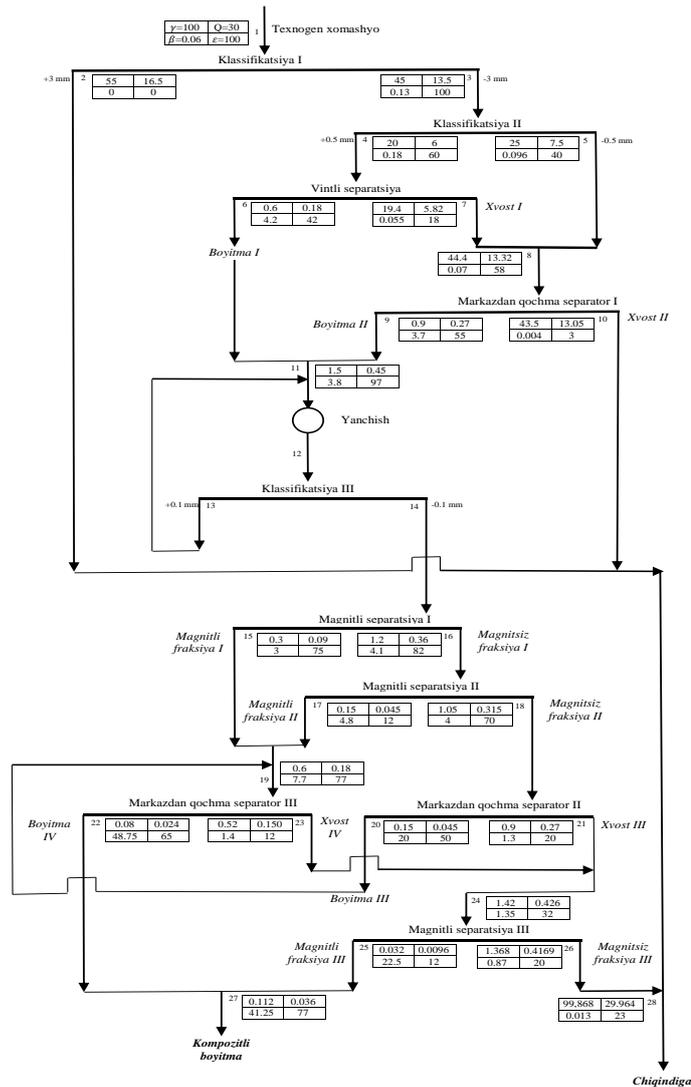
Boyitmalarning mineralogik tahlili shuni ko‘rsatdiki,  $WO_3$  ning asosiy tashuvchilari sheelit va gyubnerit bo‘lib, boyitmaning asosiy massasi nomagnit minerallar bilan ifodalanadi, bu esa kompleks ajratish usullarini qo‘llashni talab qiladi.

Dissertatsiyaning **“Ingichka boyitish fabrikasining to‘plangan chiqindilarini boyitishning oqilona texnologik sxemasini ishlab chiqish”** deb nomlangan to‘rtinchi bobida Ingichka fabrikasining texnogen chiqindilarini boyitish sxemasini optimallashtirish, volfram konsentratini qayta ishlash texnologiyasini

ishlab chiqish, Ingichka fabrikasining mineral xom ashyosidan volframni ajratib olish texnologik jarayonlarining tavsifi, taklif etilayotgan sxemaning texnik-iqtisodiy hisobi, boyitish va metallurgik jarayonning texnologik sxemalari jahon tajribasi va qayta ishlanadigan xomashyoning o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda kompleks tahlil qilindi va optimal modellari bo'yicha taklif va tavsiyalar berilgan.

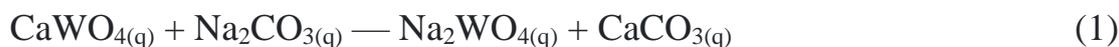
Texnogen xomashyoni boyitishning texnologik sxemasini ishlab chiqishda quyidagilar hisobga olindi:

- yaqin va uzoq xorij mamlakatlari boyitish fabrikalarining mayda xol-xol sheelit rudalarini qayta ishlash texnologik sxemalari;
- zamonaviy qo'llaniladigan asbob-uskunalarining texnik tavsiflari va ularning o'lchamlari;
- bir vaqtning o'zida ikkita operatsiyani amalga oshirish uchun bir xil uskunadan foydalanish imkoniyati, masalan, minerallarni yirikligi bo'yicha ajratish va suvsizlantirish;
- texnologik sxemani apparatura bilan rasmiylashtirish uchun iqtisodiy xarajatlar;
- volfram konsentratlarining sifatiga qo'yiladigan GOST talablari.



7-rasm. Boyitishning sifat-miqdoriy sxemasi

Boyitish jarayonidan olingan kompozitsion konsentratlarni sanoatda qayta ishlash uchun volfram konsentratini parchalashning eng keng tarqalgan usuli soda bilan ko‘machlash usuli qo‘llanildi. Mayin yanchilgan va yaxshi aralashirilgan konsentrat va soda 600 - 1100 °C haroratgacha qizdirilganda quyidagi reaksiyalar sodir bo‘ldi:

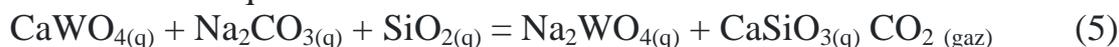


$$\Delta G = 6688 + 11,16 T \quad (2)$$



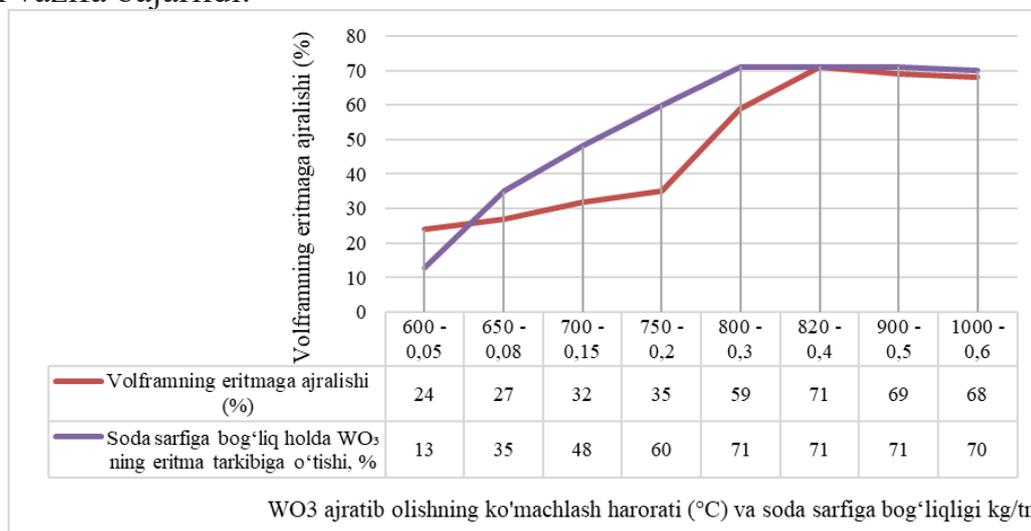
$$\Delta G = 186428 - 148,93 T \quad (4)$$

Namunaviy sheelit konsentratlarini qayta ishlashda ikkilamchi sheelit hosil bo‘lishining oldini olish maqsadida shixta tarkibiga kvarts qumi kiritildi. Bu kalsiyning qiyin eriydigan silikat birikmalarga bog‘lanishini ta‘minlaydi va tanlab eritish sharoitini barqarorlashtiradi.



$$\Delta G = 245366 - 304,72 T \quad (6)$$

Shunday qilib, Grafik asosida (8-rasm) sodali ko‘machlashning optimal sharoitlari - 820 °C harorat va 0,3 kg/tonna soda sarfi - WO<sub>3</sub> ning eritmaga maksimal ajralishini 71% gacha ta‘minlashi aniqlandi. Haroratning yoki soda dozasining yanada oshirilishi ajralmaning ortishiga olib kelmaydi. Shunday qilib, ko‘machlash va tanlab eritish parametrlarini tanlash muvaffaqiyatli amalga oshirildi. Past navli sanoat mahsulotidan WO<sub>3</sub> ni soda bilan ko‘machlash orqali ajratib olish bo‘yicha qo‘yilgan vazifa bajarildi.



**8-rasm. Ko‘machlash harorati va soda sarfining WO<sub>3</sub> ni eritmaga ajratib olish darajasiga ta’siri**

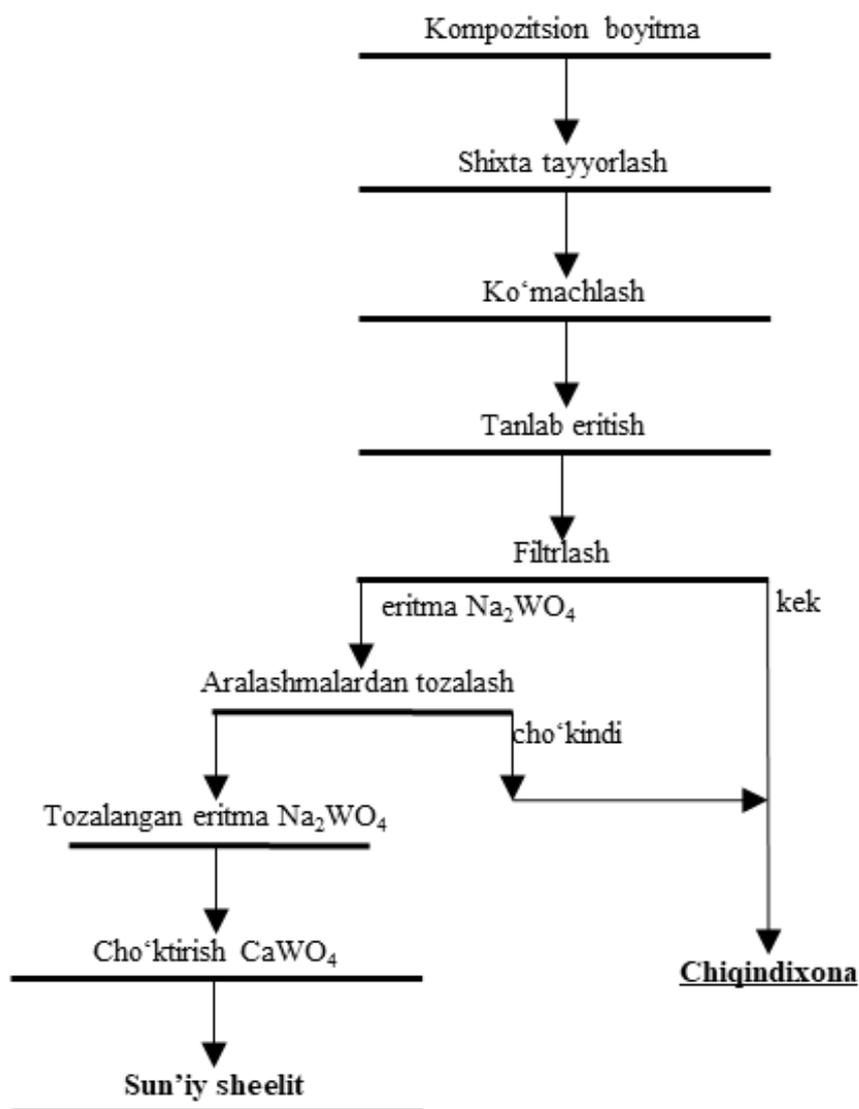
### Sun’iy sheelit olish

Aralashmalardan tozalash bosqichidan so‘ng hosil bo‘lgan kek tanlab eritish jarayoniga yo‘naltirildi. Natijada olingan eritma ortiqcha ishqoriy reaksiyani neytrallash uchun ishlov berildi. Bu jarayon maxsus reaktorda xlorid kislotasi yordamida uzluksiz tarzda amalga oshirilib, eritmaning pH ko‘rsatkichi 9,5 darajasiga yetkazildi.

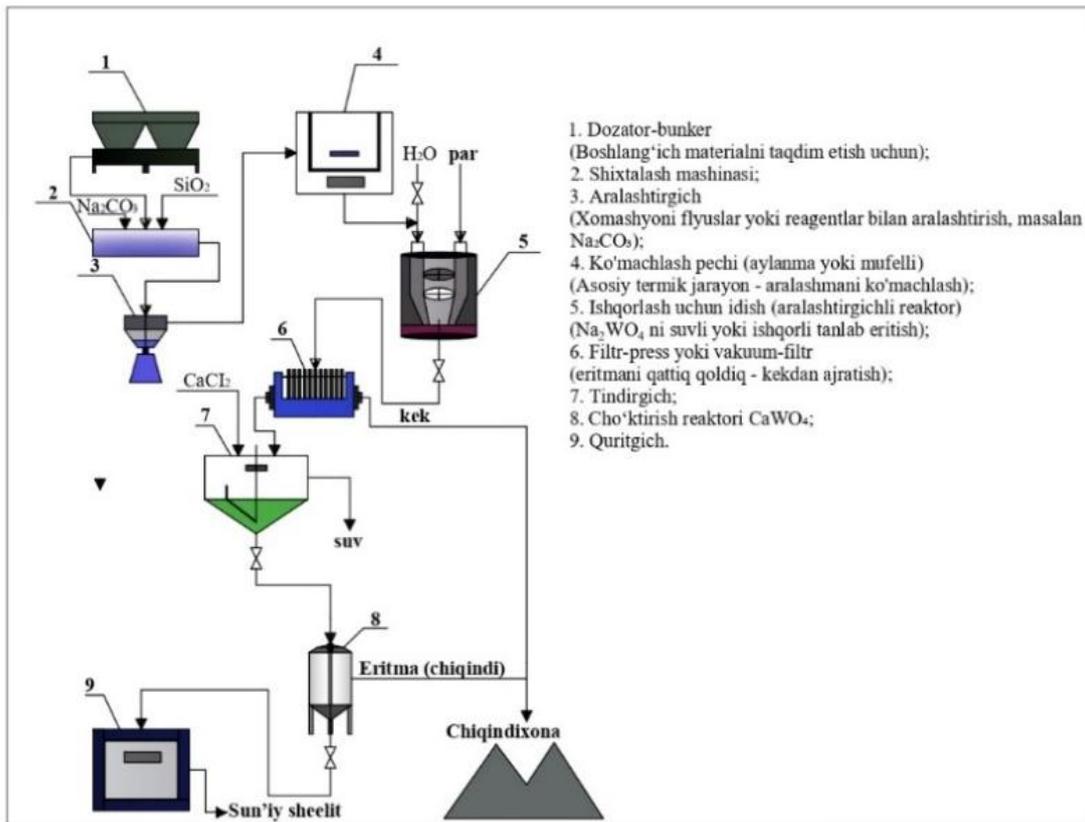
Sun'iy sheelitni cho'ktirish jarayoni oldindan 100 °C haroratgacha isitilgan eritmaga 40 foizli kalsiy xlorid eritmasini qo'shish orqali amalga oshirildi. Cho'ktirish muddati taxminan 2 soatni tashkil etdi. Jarayon parametrlarining barqarorligini va bir tekis issiqlik almashinuvini ta'minlash maqsadida bug'li qoplama (parovaya rubashka) va mexanik aralastirgichlar bilan jihozlangan reaktorlarning kaskadli tizimidan foydalanildi.

Hosil bo'lgan sheelit kristallari lentali filtrlar yordamida ajratib olindi va so'ngra ionsizlantirilgan suv bilan yuvildi. Filtrlash bosqichining solishtirma unumdorligi soatiga 400 kg/m<sup>2</sup> ga yetdi.

Kristallarni quritish 150-200 °C haroratda qoldiq namlik 5 foizdan oshmaguncha olib borildi. O'tkazilgan jarayonlar natijasida tarkibida 72,1 foiz WO<sub>3</sub>, 0,11 foiz kremniy va 0,36 foiz fosfor mavjud bo'lgan sun'iy sheelit olindi va natijada yakuniy mahsulotdan volfram angidridining 71 foizi ajralishiga erishildi. Natriy volframat eritmasidan volframni ajratib olish darajasi 92-94 foizni tashkil etdi. Bu esa qo'llanilgan texnologiyaning samaradorligini tasdiqlaydi.



**9-rasm. Konditsion volfram konsentratlarini qayta ishlashning texnologik sxemasi**



**10-rasm. Konditsion volfram konsentratlarini qayta ishlashning texnologik sxemasi (apparatura sxemasi)**

## XULOSA

Texnogen chiqindilardan volframni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqishga yo'naltirilgan bajarilgan ilmiy-tadqiqot ishlari natijasida ilmiy yangilik va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan quyidagi xulosalar shakllantirilgan:

1. Ingichka boyitish fabrikasi chiqindilarida volframning fraksiyalar bo'yicha taqsimlanish qonuniyatlari aniqlandi. Sheelitning eng ko'p miqdori - 1+0,125 mm fraksiyada to'planganligi aniqlandi va ushbu fraksiyani boyitish uchun ustuvor sifatida ajratish imkonini beradi.

2. -1+0,125 mm fraksiyani qayta ishlash uchun markazdan qochma gravitatsiya va magnitli separatsiyani qo'llashning samaradorligi ilmiy asoslandi, bu esa volframni ajratib olishning yuqori ko'rsatkichlarini ko'rsatgan eksperimental tadqiqotlar natijalari bilan tasdiqlandi.

3. Vintli separator, markazdan qochma konsentrat va magnitli separatorni o'z ichiga olgan boyitishning ratsional texnologik sxemasi ishlab chiqildi. Sxema tashlandiq chiqindilarning xususiyatlariga moslashtirilgan va ularni samarali qayta ishlashni ta'minlaydi.

4. Volframni natriy volframat ko'rinishidagi eruvchan shaklga o'tkazish uchun ko'machlashni qo'llash va keyinchalik spekni suv bilan tanlab eritishning maqsadga muvofiqligi tajribada tasdiqlangan.

5. Konsentratlarni qayta ishlashning optimal parametrlari aniqlandi, shu jumladan ko‘machlash, suvli tanlab eritish, eritmalarni tozalash va yakuniy mahsulotni cho‘ktirish bosqichlari. Sun‘iy sheelit olish texnologiyasi ishlab chiqildi.

6. Boyitish mahsulotlarini pirometallurgik va gidrometallurgik qayta ishlashning kombinatsiyalashgan sxemasi taklif etildi. Xomashyodan yuqori darajadagi kompleks foydalanish va ekologik xavflarni kamaytirish bilan volframni samarali ajratib olishni ta‘minlaydigan apparatlar zanjiri sxemasi ishlab chiqilgan.

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

---

**КАРШИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**БОЙМУРОДОВ НАЖМИДДИН АБДУКОДИРОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОЛЬФРАМА ИЗ  
ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

**04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых, 05.02.01 – Материаловедение в  
машиностроении. Литейное производство. Термическая обработка и обработка  
металлов давлением. Металлургия черных, цветных и редких металлов  
(технические науки)**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Карши – 2025**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2025.3.PhD/T5655.**

Диссертация выполнена в Каршинском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.kstu.uz](http://www.kstu.uz)) и на информационно-образовательном портале «Ziynet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководители:**

**Хасанов Абдирашид Салиевич**  
доктор технических наук, профессор

**Туробов Шахриддин Насритдинович**  
доктор философии технических наук, доцент

**Официальные оппоненты:**

**Пармонов Сарвар Тошпулатович**  
доктор технических наук, доцент

**Хўжамов Умиджон Умаркулович**  
доктор философии технических наук, доцент

**Ведущая организация:**

**Термезский государственный университет  
инженерии и агротехнологий**

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 года в \_\_:\_\_ часов на заседании Научного совета PhD.03/25.12.2024.T.111.05. Адрес: 180100, г. Карши, проспект Мустакиллик, дом 225. Зал заседаний Каршинского государственного технического университета. Тел.: (75) 220-09-24; E-mail: [info@kstu.uz](mailto:info@kstu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Каршинского государственного технического университета (зарегистрирован за №\_\_\_\_) Адрес: 180100, г. Карши, проспект Мустакиллик, дом 225. Тел.: (75) 220-09-24.

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

(реестр протокола рассылки №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.).

**А.Н.Шодиев**

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

**О.А.Каюмов**

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

**Б.Р.Вахидов**

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

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире вольфрам благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам — высокой твёрдости, плотности, стойкости к тепловому воздействию и коррозии — считается одним из стратегически важных и особо необходимых металлов XXI века. Он широко применяется в оборонной промышленности, аэрокосмических технологиях, энергетике, строительстве, электронике, а также в производстве инструментов из твёрдых сплавов. Основными промышленными минералами вольфрама являются вольфрамит и шеелит, тогда как вторичные минералы встречаются сравнительно редко. Высокий спрос на вольфрам на мировом рынке, ограниченные объёмы производства и сосредоточенность запасов в отдельных регионах придают ему ещё большую ценность как стратегическому металлу. В связи с этим совершенствование технологий его добычи, обогащения и экологически безопасной переработки имеет важное научно-практическое значение.

В условиях глобальных геополитических факторов, ограниченности природных ресурсов и возрастающих промышленных потребностей актуальность разработки технологий комплексной переработки вольфрамсодержащих техногенных отходов (кеков, шламов, производственных остатков) значительно возрастает. В настоящее время существуют современные хвостохранилища с содержанием до 0,1 %  $WO_3$ , которые рассматриваются как важный вторичный источник вольфрама при внедрении ресурсосберегающих технологий и принципов устойчивого развития. В этом плане переработка таких отходов играет не только роль повышения экономической эффективности, но и обеспечивает экологическую безопасность, освобождение земельных ресурсов, а также удовлетворение потребностей промышленности в стратегических металлах.

В Республике проведены обширные исследования в области совершенствования технологии обогащения вольфрамовых руд, разработки эффективных схем переработки концентратов редких металлов и техногенных образований (кеков, шламов, отходов). В ходе этих работ выявлены закономерности количественного распределения вольфрама по фракциям и научно обосновано применение процессов гравитационного обогащения. Однако полученные результаты также показывают необходимость поиска оптимальных решений для более полного и рационального использования вольфрамового сырья. Следует отметить, что научные и технологические разработки по извлечению вольфрама из техногенных отходов в нашей стране формируются как важный инновационный резерв для промышленности. Стратегические программы и нормативно-правовые документы, принятые в рамках государственной политики, играют важную роль в обеспечении выполнения поставленных задач.

В Стратегии развития «Новый Узбекистан» на 2022–2026 годы определено приоритетное направление — «глубокая переработка минерального сырья, развитие высокотехнологичной металлургии,

сокращение зависимости от импорта и рациональное использование вторичных ресурсов». Настоящее диссертационное исследование в определённой мере направлено на реализацию задач, обозначенных в Указе Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», Постановлении Президента № ПК-4124 от 17 января 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», а также Постановлении Президента № ПК-295 от 28 июня 2022 года «О мерах по расширению технологических цепочек переработки медного сырья и сырья редких металлов» и других нормативно-правовых документах, относящихся к данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

**Степень изученности проблемы.** Извлечение вольфрама из техногенных отходов, их переработка в качестве вторичного ресурса и получение ценных элементов при переработке концентратов находится в центре внимания многих учёных. Данное направление является важным звеном глубокой и комплексной переработки минерального сырья. Процесс извлечения металлов из вторичных источников значительно более экономичен по сравнению с переработкой первичных руд, так как за счёт сокращения производственных стадий снижаются издержки. Кроме того, возможность рационального использования остаточных продуктов полностью соответствует принципам безотходных технологий.

В этом направлении зарубежными учёными проведены обширные исследования. В частности, научные труды таких учёных, как А.Н. Зеликман, Б.Г. Коршунов, А.В. Елютин, Л.С. Никитина, В.З. Тарасенко, Н.М. Байтенов, А.Н. Древянкин, В.С. Чернышев, А.Б. Степанов, А.В. Шваб, имеют важное значение в области переработки техногенных отходов, извлечения из них редких и ценных металлов и внедрения этих процессов в практику.

Кроме того, исследования представителей научных школ стран СНГ — Х.Т. Шарипова, К.С. Санакулова, М.А. Шегая, А.С. Хасанова, Е.А. Пирматова, Б.И. Толибова, А.Н. Шодиева, А.А. Хасанова и ряда других учёных — позволили пересмотреть роль техногенных ресурсов в металлургии. Их научные работы создали важную теоретическую основу для повышения эффективности извлечения вольфрама и других редких элементов из вторичных источников, совершенствования технологических схем и разработки инновационных решений. Поэтому проблема глубокой переработки техногенных отходов, извлечения из них вольфрама и других ценных металлов остаётся сегодня актуальной задачей как с точки зрения обеспечения экономической эффективности, так и в аспекте экологической устойчивости.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательской работы Каршинского инженерно-экономического института №414/М от 14 сентября 2022 года на тему «Разработка технологии получения дополнительных цветных металлов (меди, свинца, цинка, золота и серебра) на основе комплексной переработки пыли и газов отходов медной промышленности».

**Целью исследования** является исследование и разработка технологии переработки лежалых хвостов, содержащих вольфрам Ингичкинской обогатительной фабрики.

**Задачи исследования:**

аналитический обзор проведенных ранее исследований по обогащению и переработки вольфрамсодержащего техногенного сырья;

исследование химического, минералогического и гранулометрического состава вольфрамсодержащих отходов Ингичкинской обогатительной фабрики;

исследование распределения вольфрама по всему пространству основного техногенного образования при производстве вольфрамового концентрата;

Провести экспериментальные исследования по гравитационному и магнитному обогащению, а также по пиро- и гидрометаллургической переработке вольфрамсодержащих техногенных отходов;

проведение экспериментальных исследований по гравитационной и магнитной обогатимости, а также пиро-гидрометаллургической переработки вольфрамсодержащих техногенных отходов;

разработка комплексной технологической схемы и цепи аппаратов для переработки хвостов обогатительной фабрики.

**Объектом исследований** являются содержащие вольфрам лежалые техногенные отходы Ингичкинской обогатительной фабрики.

**Предметом исследования** является разработка комплексной технологии переработки техногенных отходов.

**Методы исследования.** При выполнении диссертационной работы использованы современные теоретические и практические комплексные методы исследований, физические и химические методы анализа, в том числе при переработке отходов гидро- и пирометаллургической промышленности цветных и редких металлов применялись электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, масс-спектрометрия (ICP-MS), фотоколориметрия и атомно-абсорбционный анализ.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

выявлены закономерности количественного распределения вольфрама по зерновым фракциям в техногенных отходах и определены наиболее перспективные фракции для дальнейшего обогащения и переработки;

научно обоснована целесообразность и эффективность использования центробежного концентратора и магнитного сепаратора для обогащения отходов Ингичкинской обогатительной фабрики во фракции  $-1+0,125$  мм;

разработана рациональная технологическая схема и схема цепи аппаратов обогащения, включающая винтовой сепаратор, центробежный концентратор и магнитный сепаратор;

выявлено, что применение спекающего обжига для вольфрамового промпродукта, а также выщелачивание спёка водой обеспечивает высокое извлечение вольфрама в форме вольфрамата натрия;

разработаны оптимальные параметры переработки концентратов, с применением спекания, выщелачивания, очистки и осаждения, а также получения искусственного шеелита;

разработана технологическая схема комбинированной пиро и гидрометаллургической переработки продукта обогащения, а также разработана схема цепи аппаратов.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

определен гранулометрический состав, минералогический состав и распределение ценного компонента по фракциям минерального техногенного сырья и оптимальные методы переработки;

установлена высокая эффективность применения гравитационного обогащения с использованием центробежного концентратора и последующей магнитной сепарацией;

разработана рациональная схема переработки техногенных отходов, включающая и получен композитный концентрат содержанием  $WO_3$  - 41,25%;

выявлено, что применение спекающего обжига в сочетании с водным выщелачиванием обеспечивает высокий уровень перевода вольфрама в растворимую форму – вольфрамат натрия;

установлены технологические параметры пиро и гидрометаллургической переработки, включающих процессы спекания, выщелачивания, очистки и осаждения, в результате которых был получен искусственный шеелит с содержанием 72,1 %  $WO_3$ ;

разработана и рекомендована комбинированная технологическая схема и схема цепи аппаратов, обеспечивающая высокую степень извлечения ценных компонентов и пригодная для последующей адаптации к условиям действующего предприятия.

**Достоверность полученных результатов** обоснована проведёнными автором сначала в лабораторных условиях научными экспериментами, последующим обсуждением полученных данных, выбором наиболее оптимального технологического режима, а также опытно-промышленными экспериментами на Ингичкинской обогатительной фабрике. Надёжность результатов подтверждена аналитическими исследованиями, современными физико-химическими методами анализа, производственными испытаниями, а также исследованиями аккредитованной Центральной аналитической лаборатории АО «Узбекский технологический металлокомбинат».

### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в необходимости нового подхода к переработке техногенных минеральных отходов, основанного на выявленных закономерностях распределения вольфрама по зерновым фракциям и подтверждённого применением гравитационного и магнитного обогащения с использованием центробежных концентраторов. Разработанные технологические схемы и их параметры для пиро- и гидрометаллургической переработки позволяют повысить эффективность извлечения вольфрама и оптимизировать процессы получения искусственного шеелита.

Практическая значимость результатов исследования состоит в создании рациональной технологической схемы переработки отходов Ингичкинской обогатительной фабрики на основе гравитационного и магнитного обогащения. В процессе её применения обеспечивается получение композитного концентрата с содержанием 41,25 %  $WO_3$  и искусственного шеелита с содержанием 72,1 %  $WO_3$ . Внедрение пиро- и гидрометаллургических методов позволяет повысить уровень комплексного использования минерального сырья, обеспечить переработку техногенных отходов в промышленном масштабе, рационально использовать природные ресурсы и снизить экологическую нагрузку.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных и экспериментальных результатов по разработанной технологии гравитационного обогащения вольфрамосодержащего продукта из техногенных отходов:

Технология переработки техногенных отходов Ингичкинской обогатительной фабрики была внедрена на заводе по производству редких металлов и твёрдых сплавов Ингичкинской обогатительной фабрики АО «Узбекский технологический металлокомбинат» (опытно-промышленные испытания проводились с 2 апреля по 25 апреля 2025 года, а 16 июля 2025 года АО «Узбекский технологический металлокомбинат» представило акт о внедрении и справку №03/04-1015). В результате научно обоснована целесообразность и эффективность использования центробежного концентратора и магнитной сепарации для гравитационного обогащения отходов фракции  $-1+0,125$  мм Ингичкинской обогатительной фабрики, что позволило получить композиционный концентрат с содержанием 41,25 %  $WO_3$ .

На основании разработанной технологии извлечения вольфрама из отходов Ингичкинской обогатительной фабрики методом гравитационного обогащения с последующей пиро- и гидрометаллургической переработкой, данная технология была внедрена на заводе по производству редких металлов и твёрдых сплавов Ингичкинской обогатительной фабрики АО «Узбекский технологический металлокомбинат» (опытно-промышленные испытания проводились с 2 апреля по 25 апреля 2025 года, а 16 июля 2025 года АО «Узбекский технологический металлокомбинат» представило акт о внедрении и справку №03/04-1015). В результате были установлены технологические

параметры переработки композиционного концентрата отходов Ингичкинской обогатительной фабрики, включающие процессы обжига, избирательного выщелачивания, очистки и осаждения, что позволило получить искусственный шеелит с содержанием 72,1 % WO<sub>3</sub>.

**Апробация результатов исследования.** Апробация результатов данного исследования произведена на 5 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 21 научных работ, из них: в научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, опубликовано 10 статей, в том числе, 6 из которых в республиканском и 4 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 109 страниц компьютерного текста.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, рекомендации по внедрению в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе **«Актуальные направления и перспективы совершенствования технологий переработки вольфрамсодержащего сырья, включая руды, концентраты и техногенные отходы»** приведены сведения о современном состоянии добычи и переработки вольфрамсодержащего первичного и техногенного сырья, краткий обзор предыдущих исследований по переработке вольфрамсодержащего минерального сырья, изучение форм размещения минералов вольфрама в местных техногенных образованиях, исследования по опробованию отходов Ингичкинской обогатительной фабрики и подготовке руды, их перспективы и методы.

Анализ современного состояния мировой промышленности показал, что вольфрам является критическим и стратегически важным сырьём для различных отраслей, а его ресурсы ограничены, что обуславливает необходимость комплексного использования как первичных, так и вторичных источников сырья.

Исследования подтверждают, что вторичные ресурсы, включая вольфрамсодержащие хвосты и промышленные отходы, обладают существенным потенциалом для вовлечения в хозяйственный оборот, что

позволит снизить нагрузку на первичные месторождения и повысить ресурсную эффективность отрасли.

Масштабное накопление отходов обогащения ведёт к ухудшению экологической обстановки и требует внедрения экологически ориентированных технологий утилизации и переработки, что открывает дополнительные возможности для извлечения ценных компонентов.

В мировой практике успешно реализуются различные методы обогащения и переработки как руд, так и отходов (гравитационные, флотационные, гидрометаллургические, пирометаллургические), однако уровень вовлечения техногенных ресурсов в переработку пока остаётся недостаточным.

Существующие технологические схемы переработки лежалых хвостов характеризуются высокой энергоёмкостью, многооперационностью и относительно невысоким выходом конечных концентратов, что требует дальнейшего совершенствования методов и аппаратурного оформления процессов.

В техногенных образованиях вольфрам, как правило, находится в форме шеелита, а также в виде сложных ассоциаций с другими минералами, что усложняет процесс его извлечения и обуславливает необходимость комплексного подхода к переработке и подготовке сырья.

Исследованы состав и формы нахождения вольфрамсодержащих минералов в лежалых хвостах Ингичкинской обогатительной фабрики подтверждает наличие значительных резервов для повторного извлечения вольфрама, а также важность разработки специализированных технологий для местных техногенных объектов.

Обобщен мировой и отечественной опыта, а также анализ современных научных разработок и промышленных экспериментов, указывает на высокую научную и практическую значимость дальнейших исследований и разработок в области эффективной переработки вольфрамсодержащих отходов.

Во второй главе диссертации под названием **«Изучение минералогического и гранулометрического состава минерального техногенного сырья»** приведены сведения об обследовании химического и минералогического состава хвостов Ингичкинской обогатительной фабрики, исследованиях по определению гранулометрического состава, гранулометрического состава техногенных отходов и теоретических основах распределения вольфрама по классам крупности.

С точки зрения распределения вольфрама по классам, на фракцию – 0,1+0,063 мм приходится 21,45% от общего количества WO<sub>3</sub> при доле выхода 4,93%. Ещё 37,58% вольфрама сосредоточено в классе –0,125+0,063 мм (8,11% выхода). Это подчёркивает целесообразность выделения и отдельной переработки этих мелких классов с целью повышения общей эффективности обогащения.

Таблица 1.

**Гранулометрический состав техногенных отходов и распределение вольфрама по классам крупности**

Класс крупности, мм	Выход, %	Суммарный выход, %	Содержание W, %	Абс. распределение W	Отн. распределение W
+4-2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-2+1	13,95	15,82	0,05	0,6750	10,15
-1+0,5	24,67	40,49	0,06	1,1900	17,56
-0,5+0,25	32,98	73,47	0,05	1,4800	21,91
-0,25+0,10	19,65	93,12	0,04	0,6400	9,47
-0,10+0,063	4,93	98,05	0,36	1,4500	21,45
-0,063+0	3,82	100,00	0,17	0,7600	11,46
<b>Итого</b>	100,00	—	0,06	<b>6,1950</b>	100,00

Анализ результатов, приведённых в таблице 2, показывает, что минеральное сырьё фракции -4+2 мм не содержит зёрен шеелита и гюбнерита, а также их агрегатов. В пределах класса -2+1 мм наблюдается значительное присутствие свободных зёрен этих минералов: 35,1% — шеелит, 32,5% — гюбнерит, при этом их агрегатные формы составляют 60,4% и 60,7% соответственно. Фракция -1+0,5 мм отличается практически равным распределением минеральных форм: содержание свободных зёрен шеелита составляет 52,8%, гюбнерита — 48,1%, а их сростки — 41,9% и 45,2%, соответственно, что указывает на переходный характер данного класса.

Таблица 2.

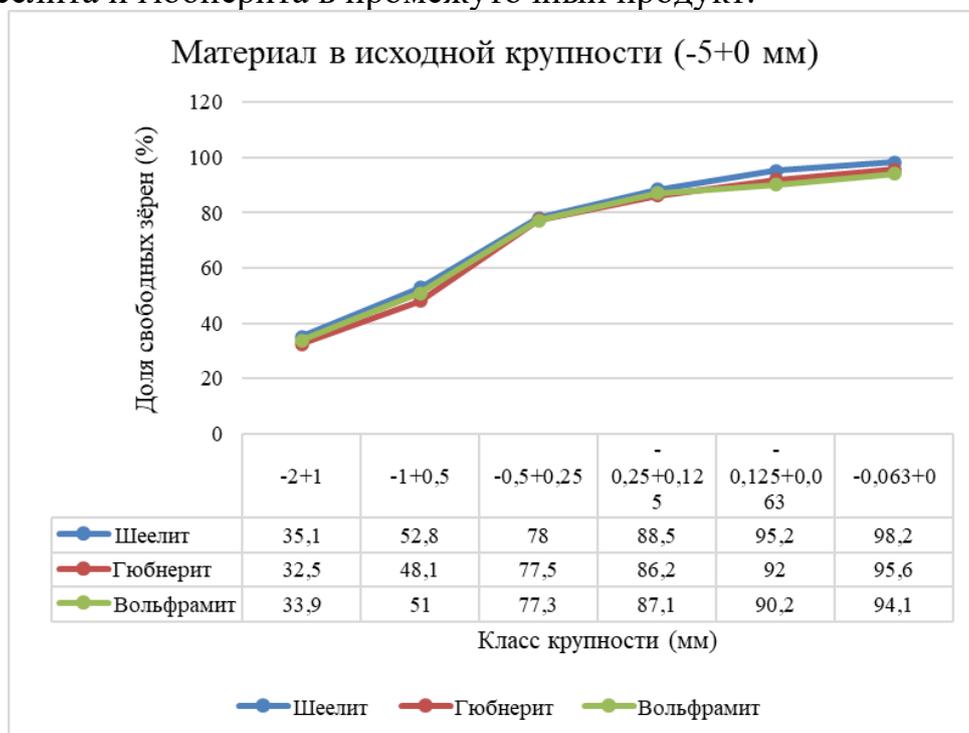
**Распределение зерен и сростков шеелита и гюбнерита по классам крупности исходного и измельченного минерального сырья**

Класс, мм	Шеелит Св.	Шеелит Ср.	Гюбнерит Св.	Гюбнерит Ср.	Вольфрамит Св.	Вольфрамит Ср.
<b>Материал в исходной крупности (-5+0 мм)</b>						
-4+2	—	—	—	—	—	—
-2+1	35,1	60,4	32,5	60,7	33,9	62,05
-1+0,5	52,8	41,9	48,1	45,2	51,0	19,7
-0,5+0,25	78,0	21,0	77,5	20,4	77,3	21,0
-0,25+0,125	88,5	11,1	86,2	12,2	87,1	11,5
-0,125+0,063	95,2	4,1	92,0	8,0	90,2	8,1
-0,063+0	98,2	2,0	95,6	4,8	94,1	5,3
<b>Сумма</b>	63,5	36,5	61,0	39,0	60,1	39,9
<b>Материал, измельчённый до -0,5+0 мм</b>						

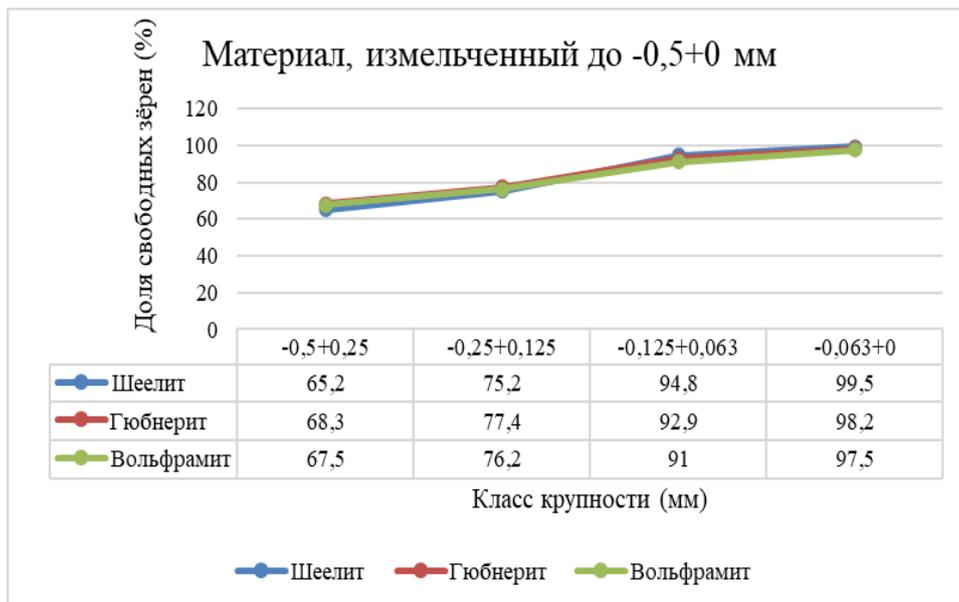
-0,5+0,25	65,2	34,8	68,3	31,7	67,5	32,5
-0,25+0,125	75,2	24,8	77,4	22,6	76,2	23,8
- 0,125+0,063	94,8	5,2	92,9	7,1	91,0	9,0
-0,063+0	99,5	0,5	98,2	1,8	97,5	2,5
<b>Сумма</b>	76,4	23,6	79,2	20,8	77,8	22,2

Для более мелких фракций, таких как -0,5+0,25 мм, -0,25+0,125 мм, -0,125+0,063 мм и -0,063+0 мм, характерна явно выраженная доминанта свободных зёрен по сравнению со сростками. В частности, во фракции -0,5+0,25 мм содержание свободных шеелитовых и гюбнеритовых зёрен достигает 78,0% и 77,5%, тогда как содержание сростков ограничено 21,0% и 20,4%. В классе -0,063+0 мм доля свободных форм увеличивается до 98,2% и 95,6%, соответственно, с минимальным содержанием агрегатов — 2,0% и 4,8%.

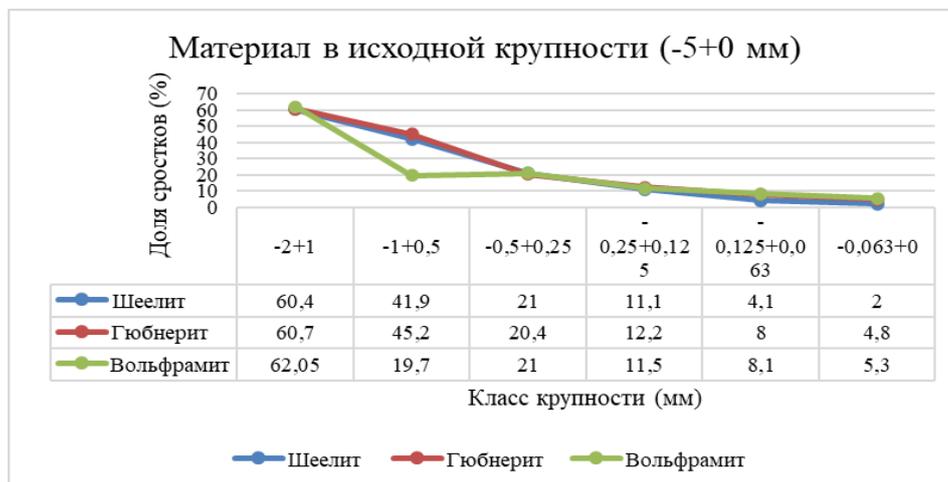
Учитывая полученные данные, представляется целесообразным предварительно классифицировать обесшламлённое минеральное сырьё по фракции 0,1 мм. Для более крупных классов предлагается направлять свободные зёрна шеелита и гюбнерита в концентрат, а обогащённые сростками хвосты подвергать дополнительному измельчению. После измельчения и повторного обесшламливания эти материалы следует объединить с исходной фракцией -0,1+0,044 мм и направить на повторную гравитационную операцию для эффективного извлечения тонких свободных зёрен шеелита и гюбнерита в промежуточный продукт.



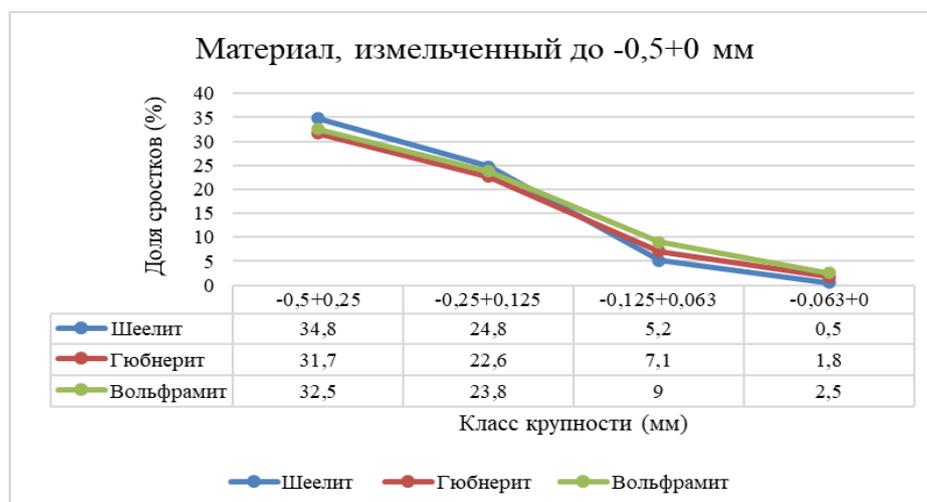
**Рис.2. Распределение свободных зёрен шеелита, гюбнерита и вольфрамита в исходной крупности материала (-5+0 мм)**



**Рис.3. Распределение свободных зёрен шеелита, гюбнерита и вольфрамита в измельчённом материале до фракции -0,5+0 мм**



**Рис.4. Распределение сростков шеелита, гюбнерита и вольфрамита в исходной крупности материала (-5+0 мм)**



**Рис.5. Распределение сростков шеелита, гюбнерита и вольфрамита в измельчённом материале до фракции -0,5+0 мм**

Объектом исследований выбраны лежалые хвосты Ингичкинской обогатительной фабрики, представляющие собой сложный многокомпонентный техногенный материал, подходящий для комплексного анализа и последующей переработки.

Химический анализ показал, что основные компоненты хвостов —  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и другие оксиды, при этом ценные компоненты (W, Mo, Au и др.) содержатся в следовых количествах, что подтверждает перспективность вторичной переработки отходов.

Минералогический анализ выявил широкий спектр минеральных фаз: от кварца и плагиоклаза до шеелита, гюбнерита, сульфидов и самородных металлов, при этом основная масса полезных компонентов сосредоточена в мелких и средних фракциях.

Проведённые исследования с применением современных методов (XRF, SEM-EDX, лазерная дифракция) позволили детально охарактеризовать фазовый, химический и гранулометрический состав хвостов, что важно для выбора оптимальных технологий обогащения.

Гранулометрический анализ показал, что наибольшее содержание вольфрама приходится на фракции  $-0,125+0,063$  мм, несмотря на их небольшую массу в общем объёме отходов, что указывает на целесообразность селективного извлечения именно этих классов.

Установлено, что свободные зёрна шеелита и гюбнерита преобладают в тонких классах крупности, а сростки — в более крупных фракциях, что определяет необходимость предварительной классификации и отдельной переработки исходного сырья.

Предложена технологическая схема с обязательной стадией классификации по крупности 0,1 мм, отдельного обогащения и доизмельчения хвостов с целью максимального извлечения тонких зёрен ценных минералов.

Полученные результаты демонстрируют высокую информативность комплексного подхода к изучению техногенного минерального сырья и позволяют обосновать направления дальнейших исследований по эффективной переработке отходов Ингичкинской фабрики.

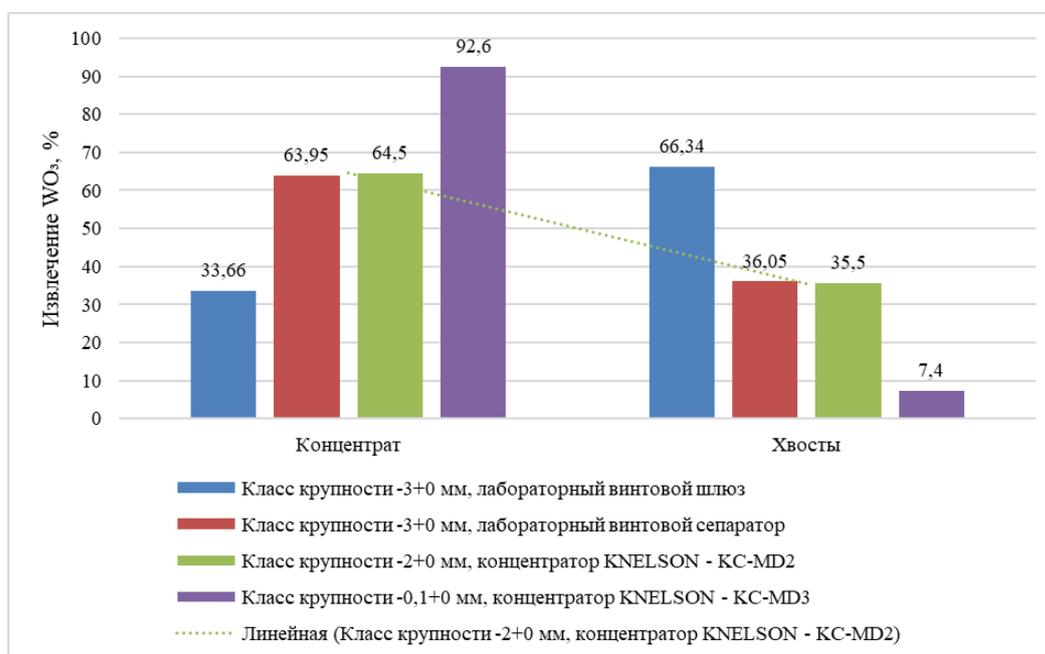
В третьей главе диссертации **«Исследование и определение способов обогащения и выявление основных параметров обогащения отходов обогатительной фабрики»** проведены лабораторные испытания по гравитационному анализу исходного сырья, исследования по проведению испытаний магнитной восприимчивости слабо намагниченных минеральных образцов, исследование различных гравитационных агрегатов для дообогащения техногенного сырья, опытно-экспериментальные испытания образца, полученного из техногенного отхода в экспериментальных лабораторных условиях.

Подробные результаты тестирования хвостов Ингичкинской фабрики на указанных аппаратах приведены в таблице 3.

Таблица 3.

**Результаты обогащения техногенных отходов Ингичкинской фабрики  
на различных аппаратах**

Продукт	$\gamma$ , %	$\gamma^{WO_3}$ , %	$\gamma \beta^{WO_3}$ , %	$E^{WO_3}$ , %
Класс крупности -3+0 мм, лабораторный винтовой шлюз				
Концентрат	15,75	0,38	5,985	33,66
Хвосты	84,25	0,14	11,795	66,34
<b>Исходная проба</b>	<b>100,00</b>	<b>0,18</b>	<b>17,780</b>	<b>100,00</b>
Класс крупности -3+0 мм, лабораторный винтовой сепаратор				
Концентрат	15,5	0,726	11,2552	63,95
Хвосты	84,5	0,075	6,3448	36,05
<b>Исходная проба</b>	<b>100,00</b>	<b>0,176</b>	<b>17,6000</b>	<b>100,00</b>
Класс крупности -2+0 мм, концентратор KNELSON - KC-MD2				
Концентрат	23,54	0,46	10,836	<b>64,5</b>
Хвосты	76,46	0,078	5,964	35,5
<b>Исходная руда</b>	<b>100,00</b>	<b>0,179</b>	<b>17,9150</b>	<b>100,00</b>
Класс крупности -0,1+0 мм, концентратор KNELSON - KC-MD3				
Концентрат	44,5	0,749	33,336	92,60
Хвосты	55,5	0,048	2,664	7,40
<b>Исходная руда</b>	<b>100,00</b>	<b>0,360</b>	<b>36,000</b>	<b>100,00</b>



**Рис.6. Сравнительное извлечение триоксида вольфрама (WO<sub>3</sub>) из различных классов крупности при использовании лабораторного шлюза, винтового сепаратора и концентраторов KNELSON (KC-MD2 и KC-MD3)**

Гравитационное обогащение эффективно для всех исследованных классов крупности техногенного сырья Ингичкинской фабрики, однако наибольшие извлечения  $WO_3$  достигаются при доизмельчении до  $-0,1+0$  мм и последующем гравитационном разделении.

Фракционный анализ показал, что содержание  $WO_3$  резко возрастает в тяжелых фракциях, а максимальная концентрация полезного компонента достигается в крупности  $-0,1+0,044$  мм.

Магнитная сепарация существенно повышает качество гравитационных концентратов, особенно при последовательном применении слабого и сильного магнитного поля после предварительного измельчения хвостов.

Большинство ценных минералов в исходном сырье находятся в виде сростков, поэтому для увеличения степени раскрытия минеральных зерен необходима повторная тонкая классификация и измельчение.

Сравнительные испытания гравитационных агрегатов (винтовой шлюз, винтовой сепаратор, концентрационный стол, центробежные концентраторы KNELSON) выявили наивысшие показатели извлечения  $WO_3$  для центробежных устройств, особенно на материале мелкой крупности.

В первичных хвостах сохраняется значительная часть  $WO_3$ , поэтому их доизмельчение и повторное обогащение позволяют дополнительно увеличить общий выход полезного компонента.

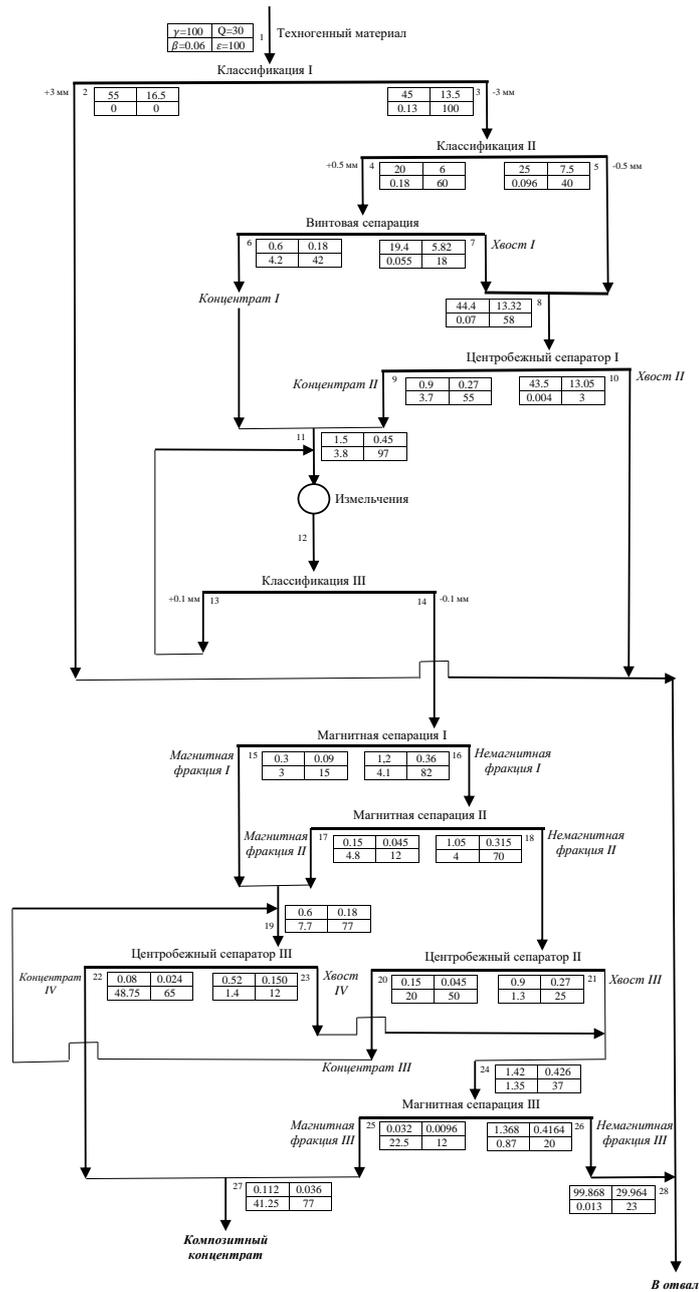
Минералогический анализ концентратов выявил, что основными носителями  $WO_3$  являются шеелит и гюбнерит, причем основная масса концентрата представлена немагнитными минералами, что требует применения комплексных методов разделения.

В четвертой главе диссертации **«Разработка рациональной технологической схемы обогащения лежалых хвостов Ингичкинской обогатительной фабрики»** проведен комплексный оптимизация схемы обогащения техногенных отходов Ингичкинской фабрики, разработки технологии переработки вольфрамового концентрата, описание технологических процессов извлечения вольфрама из минерального сырья Ингичкинской фабрики, технологических схем обогащения и металлургического процесса с учетом мирового опыта и специфики перерабатываемого сырья, а также даны предложения и рекомендации по оптимальным моделям.

При разработке технологической схемы обогащения техногенного сырья учитывали:

- технологические схемы переработки тонковкрапленных шеелитовых руд обогатительных фабрик стран ближнего и дальнего зарубежья;
- технические характеристики современного применяемого оборудования и его габариты;
- возможность использования одного и того же оборудования одновременной реализации двух операций, например, разделения минералов по крупности и обезвоживания;
- экономические затраты на аппаратурное оформление технологической схемы;

- требования ГОСТов, предъявляемые к качеству вольфрамовых концентратов.

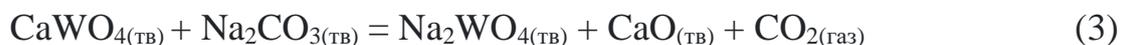


**Рис.7. Качественно-количественная схема обогащения**

Для промышленной переработки композиционных материалов, полученных в процессе обогащения, был применен наиболее распространенный метод разложения вольфрамового концентрата - спекание с содой. При нагревании тонкоизмельченного и хорошо перемешанного концентрата и соды до температуры 600 - 1100 °С происходили следующие реакции:



$$\Delta G = 6688 + 11,16 T \quad (2)$$



$$\Delta G = 186428 - 148,93 T \quad (4)$$

Для предотвращения образования вторичного шеелита при переработке типовых шеелитовых концентратов в состав шихты был введен кварцевый песок. Это обеспечивает связывание кальция с труднорастворимыми силикатными соединениями и стабилизирует условия селективного выщелачивания.



$$\Delta G = 245366 - 304,72 T \quad (6)$$

Таким образом, на основании Графика (рис. 8) установлено, что оптимальные условия содового спекания - температура 820 °С и расход соды 0,3 кг/тонну - обеспечивают максимальное извлечение  $\text{WO}_3$  в раствор до 71%. Дальнейшее повышение температуры или дозы соды не приводит к увеличению извлечения. Таким образом, выбор параметров спекания и селективного выщелачивания осуществлен успешно. Выполнена поставленная задача по извлечению  $\text{WO}_3$  из низкосортного промышленного продукта путем спекания его с содой.



**Рис.8. Влияние температуры спекания и расхода соды на степень извлечения  $\text{WO}_3$  в раствор**

### Получение искусственного шеелита

После стадии очистки от примесей сформировавшийся кек направлялся на операцию выщелачивания. Полученный в результате раствор подвергался нейтрализации избыточной щелочной реакции. Этот процесс проводился в непрерывном режиме с использованием соляной кислоты, доводя рН раствора до значения 9,5 в специальном реакторе.

Осаждение искусственного шеелита осуществлялось посредством добавления 40%-ного раствора хлорида кальция в раствор, предварительно нагретый до температуры 100 °С. Продолжительность осаждения составляла около 2 часов. Для обеспечения стабильности параметров и равномерного

теплообмена применялась каскадная система реакторов, оборудованных паровыми рубашками и механическими мешалками.

Кристаллы образовавшегося шеелита отделялись на ленточных фильтрах с последующей промывкой деионизированной водой. Удельная производительность стадии фильтрации достигала 400 кг/м<sup>2</sup>·ч.

Сушку кристаллов проводили при температуре 150-200°C до тех пор, пока остаточная влажность не превысила 5%.

В результате проведенных процессов был получен искусственный шеелит, содержащий 72,1% WO<sub>3</sub>, 0,11% кремния и 0,36% фосфора, в результате чего из конечного продукта удалось выделить 71% ангидрида вольфрама. Степень извлечения вольфрама из раствора вольфрамата натрия составила 92-94%. Это подтверждает эффективность применяемой технологии.

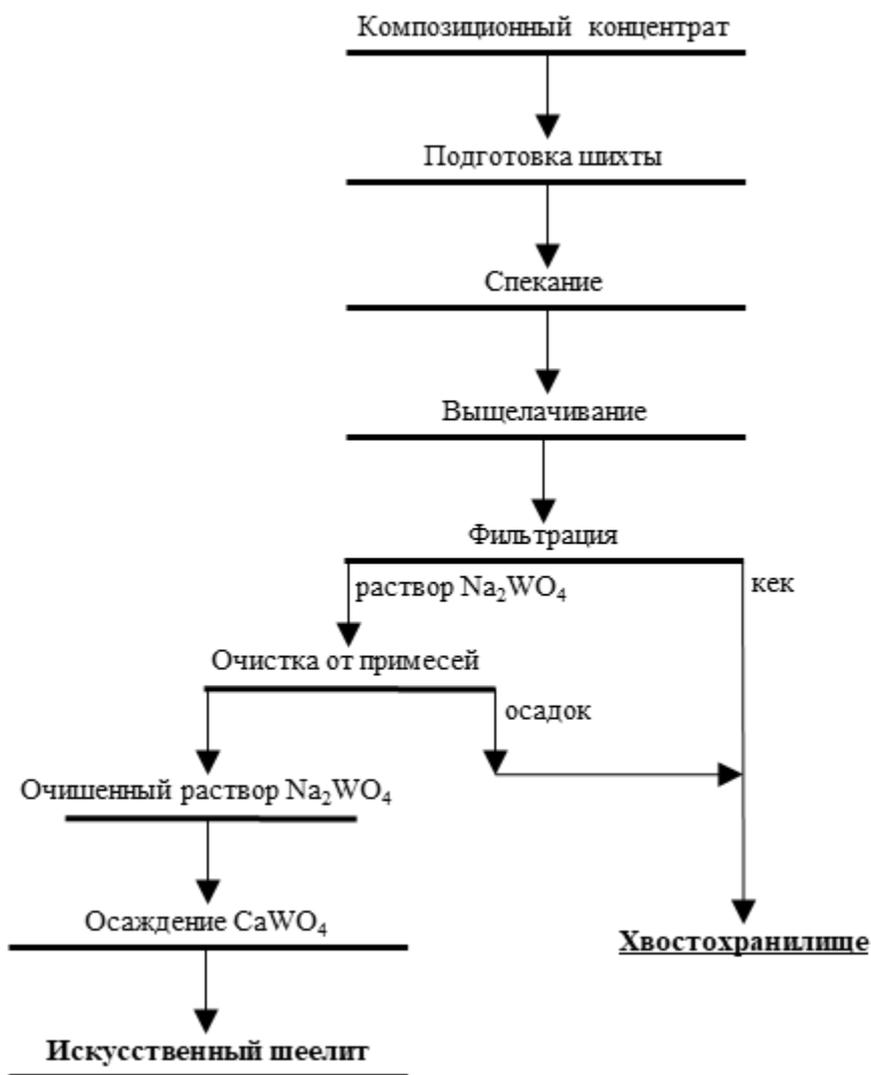
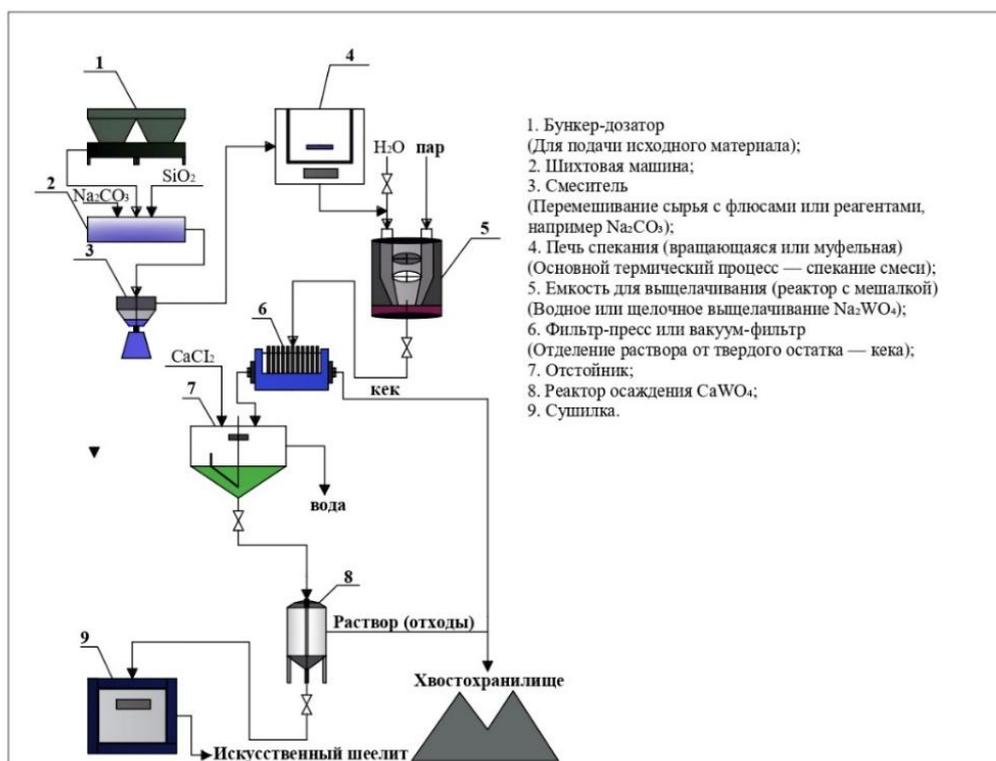


Рис.9. Технологическая схема переработки кондиционных вольфрамовых концентратов



**Рис. 10. Технологическая схема переработки кондиционных вольфрамовых концентратов (аппаратурная схема)**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных научно-исследовательских работ, направленных на разработку технологии извлечения вольфрама из техногенных отходов, сформулированы следующие выводы, имеющие научную новизну и практическую значимость:

1. Выявлены закономерности распределения вольфрама по зерновым фракциям в лежалых хвостах Ингичкинской обогатительной фабрики. Установлено, что наибольшее содержание шеелита сосредоточено в фракции  $-1+0,125$  мм, что позволяет выделить данную фракцию как приоритетную для обогащения.

2. Научно обоснована эффективность применения центробежной гравитации и магнитной сепарации для переработки фракции  $-1+0,125$  мм, что подтверждено результатами экспериментальных исследований, показавших высокие показатели извлечения вольфрама.

3. Разработана рациональная технологическая схема гравитационного обогащения, включающая винтовой сепаратор, центробежный концентратор и магнитный сепаратор. Схема адаптирована к характеристикам лежалых хвостов и обеспечивает их эффективную переработку.

4. Экспериментально подтверждена целесообразность применения спекающего обжига с последующим выщелачиванием спеков водой для перевода вольфрама в растворимую форму в виде вольфрамата натрия.

5. Определены оптимальные параметры переработки концентратов, включающие стадии спека, водного выщелачивания, очистки растворов и

осаждения конечного продукта. Разработана технология получения искусственного шеелита.

**6.** Предложена комбинированная схема пирометаллургической и гидрометаллургической переработки продуктов обогащения. Разработана соответствующая цепь аппаратов, обеспечивающая эффективное извлечение вольфрама с высоким уровнем комплексного использования сырья и снижением экологических рисков.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
PhD.03/25.12.2024.T111.05 AT THE KARSHI STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY**

---

**KARSHI STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**BOYMURODOV NAJMIDDIN ABDUKODIROVICH**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE SEPARATION OF  
WOLFRAM FROM TECHNOGENIC WASTE**

**04.00.14 - Mineral processing,  
05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and  
metal pressure treatment. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals (technical  
sciences).**

**DISSERTATION ABSTRACT  
for the Doctor of Philosophy (PhD) of Technical Sciences**

**Karshi - 2025**

**The topic of the dissertation of a Doctor of Philosophy (PhD) was registered at the Higher Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2025.3.PhD/T5655.**

The dissertation was completed at the Karshi State Technical University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council ([www.kstu.uz](http://www.kstu.uz)) and on the information and educational portal «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Scientific supervisor:**

**Khasanov Abdirashid Saliyevich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Turabov Shakhridin Nasritdinovich**  
Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Docent

**Official opponents:**

**Parmonov Sarvar Toshpulatovich**  
Doctor of Technical Sciences, Docent

**Xujamov Umidjon Umarkulovich**  
Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Docent

**Leading organization:**

**Termez State University of Engineering and Agrotechnology**

The defence of the dissertation will be held on «\_\_» \_\_\_\_\_, 2025 at \_\_:\_\_ at the meeting of the Scientific Council PhD 03/25.12.2024.T.111.05 at the Karshi state technical university. Address: 180100, Karshi city, Mustakillik avenue, 225. Conference hall of Karshi State Technical University. Phone.: (75) 220-09-24; E-mail: [info@kstu.uz](mailto:info@kstu.uz).

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Center of the Karshi State Technical University under № \_\_\_\_. Address: 180100, Karshi city, Mustakillik avenue, 225. Phone.: (75) 220-09-24.

The abstract of the dissertation is distributed on «\_\_» \_\_\_\_\_2025

(protocol at the register №\_\_ dated «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 y.).

**A.N. Shodiev**

Chairman of the Scientific Council  
for awarding the Scientific Degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**O.A.K ayumov**

Scientific Secretary of the Scientific Council  
Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Docent

**B.R. Vokhidov**

Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific  
Council for the award of academic degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

## **INTRODUCTION (abstract of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD))**

**The purpose of the research** is to research and develop a technology for processing waste containing tungsten from the Ingichka Processing Plant.

**The object of the research** is the tungsten-containing technogenic waste of the Ingichka Processing Plant.

**The scientific novelty of the research is:**

The patterns of the quantitative distribution of tungsten by grain fractions in technogenic waste were revealed, and the most promising fractions for further enrichment and processing were identified;

The expediency and effectiveness of using a centrifugal concentrator and magnetic separator for enriching Ingichka processing plant waste in the -1+0.125 mm fraction were scientifically substantiated;

a rational technological scheme and a chain diagram of enrichment apparatuses, including a screw separator, a centrifugal concentrator, and a magnetic separator, have been developed;

it has been established that the use of sintering roasting for the tungsten intermediate product, as well as the washing of the sintering with water, ensures high extraction of tungsten in the form of sodium tungstate;

optimal parameters for processing concentrates using sintering, leaching, purification, and sedimentation, as well as obtaining artificial scheelite, have been developed;

A technological scheme for the combined pyro- and hydrometallurgical processing of the beneficiation product has been developed, and a chain diagram of the apparatus has been developed.

**Implementation of research results.** Based on the scientific and experimental results obtained from the developed technology for gravitational enrichment of tungsten-containing products from technogenic waste:

The technology for processing technogenic waste from the Ingichka Enrichment Plant was implemented at the Ingichka Enrichment Plant of the Rare Metals and Hard Alloys Production Factory of JSC “Uzbekistan Technological Metals Combine” (as evidenced by the implementation certificate from JSC “Uzbekistan Technological Metals Combine” dated July 16, 2025, and reference document № 03/04-1015). As a result, the feasibility and effectiveness of using a centrifugal concentrator for gravitational enrichment and magnetic separation of waste with a fraction size of -1+0.125 mm from the Ingichka Enrichment Plant were scientifically substantiated. This process made it possible to obtain a composite concentrate containing 41.25% WO<sub>3</sub>.

The developed technology for extracting tungsten from the tailings of the Ingichka Enrichment Plant through gravitational enrichment, as well as pyro- and hydrometallurgical processing, has been implemented at the Rare Metals and Hard Alloys Production Plant of JSC “Uzbekistan Technological Metals Plant” (reference № 03/04-1015 dated July 16, 2025, from JSC “Uzbekistan Technological Metals Plant”). As a result, the technological parameters for pyro- and hydrometallurgical processing of the composite concentrate obtained from the Ingichka Enrichment

Plant tailings were established. This process includes roasting, selective leaching, purification, and precipitation, which made it possible to produce artificial tungsten trioxide ( $\text{WO}_3$ ) with a content of 72.1%.

**The structure and size of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The volume of the dissertation is 109 pages of computer text.

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

**I bo'lim (I часть; part I)**

1. Пирматов, Э. А., Шодиев, А. Н. У., & Боймуродов, Н. А. (2023). Изучение растворимых форм вольфрама и условий кристаллизации шеелита и вольфрамита. *Universum: технические науки*, (11-2 (116)), 15-19.

2. Туробов, Ш. Н., Боймуродов, Н. А., Хужакулов, А. М., & Султонов, Ш. А. (2025). ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЦЕССА АППАРАТНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ВОЛЬФРАМА В АВТОКЛАВАХ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. *Universum: технические науки*, 2(3 (132)), 15-20.

3. Turobov, S. N., Boymurodov, N. A., & Ho'jakulov, A. M. (2024). TECHNOGEN CHIQINDILARDAN VOLFRAMNI CHUQUR BOYITISH TECHNOLOGIK USULLARI VA SAMARADORLIGINI TADQIQ QILISH. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(4-1), 26-30.

4. Shodiev, A., Boymurodov, N., & Ravshanov, A. (2023). Study of the technology for extracting tungsten in the form of a semi-finished product and metallic form from industrial waste. *Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности*, 1(2), 87-91.

5. Shodiyev, A. N., Boymurodov, N. A. & Ho'jakulov, A. M. (2024). Tabiatda uchraydigan volfram rudasi turlari va uni boyitish jarayoni texnologiyasiga ilmiy yondashuv. *Kompozitsion materiallar*, (1), 135–138.

6. Туробов, Ш. Н., Боймуродов, Н. А., & Хужакулов, А. М. (2025). АНАЛИЗ ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ВОЛЬФРАМОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИНГИЧКА. *Universum: технические науки*, 7(4 (133)), 26-30.

7. Хасанов, А. А., Туробов, Ш. Н., Боймуродов, Н. А., & Хужакулов, А. М. (2024). СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ВОЛЬФРАМОВЫХ РУД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ. *Universum: технические науки*, 2(10 (127)), 24-27.

8. Туробов, Ш.Н., Боймуродов, Н.А., & Хужакулов, А.М. (2024). Исследование и анализ перспективных методов извлечения вольфрама из руд в технологии переработки. *Композиционные материалы*, (4), 118–121.

9. Туробов, Ш.Н., Боймуродов, Н.А., & Хужакулов, А.М. (2024). Направления переработки вольфрамового сырья в промышленных масштабах. *Композиционные материалы*, (4), 159–162.

10. Hasanov, A. S., Boymurodov, N. A., & Ho'Jakulov, A. M. (2025). METALLURGIYA SANOATI CHIQINDILARI TARKIBIDAN MASS-SPEKTROMETRDA VOLFRAMNI AJRALISHI METODIKASI ILMIY TAHLILI. *International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences*, 6(1), 60-67.

## II bo‘lim (II часть; part II)

11. Shodiev A., Boymurodov N., & Khujakulov A. (2024). TYPES OF TUNGSTEN ORE FOUND IN NATURE AND THE SCIENTIFIC SIGNIFICANCE OF ITS BENEFICIATION PROCESS. Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari V-xalqaro ilmiy-amaliy anjumani, 209-210.

12. Боймуродов, Н.А., Хужакулов, А.М., Исроилов, У.У., & Хазратов, Х.Л. (2024). Извлечения вольфрама из сырья в промышленных масштабах. Материалы международной научной и научно-технической конференции на тему «Перспективы геологии, горно-металлургии и нефтегазовой отрасли на юге Республики» (с. 251–254).

13. Боймуродов, Н.А., Хужакулов, А.М., Исроилов, У.У., & Хазратов, Х.Л. (2024). Анализ перспективных методов извлечения вольфрама при переработке руд. Материалы международной научной и научно-технической конференции на тему «Перспективы геологии, горно-металлургии и нефтегазовой отрасли на юге Республики» (с. 254–258).

14. Xasanov, A.S., Shodiyev, A.N., Boymurodov N.A., & Safarov, G‘.T. (2025). Sheelit konsentratini soda bilan kuypirish va tanlab eritish jarayoni o‘rganish. “O‘zbekistonda kon-metallurgiya xomashyolarini qayta ishlash texnologiyalarining dolzarb muammolari va yechimlari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari (2025 yil, 8-aprel, Olmaliq sh., O‘zbekiston) (bet 87–89).

15. Turobov, Sh.N., Boymurodov N.A., & Xo‘jakulov, A.M. (2024). Volfram rudalari va texnogen chiqindilardan volframni radiometrik boyitishning texnologik jarayonlarini o‘rganish. “Kimyo sanoatining dolzarb muammolari, innovatsion yechimlari va istiqbollari” xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari (bet 333–334).

16. Turobov, Sh.N., Shodiyev, A. N., Boymurodov N.A., & Xo‘jaqulov, A.M. (2024). O‘zbekistonda volfram qazilishi va uning chiqindilarini regeneratsiyalash jarayonini o‘rganish. “Mineral xomashyolarni qazib olish, qayta ishlashning istiqbollari yoshlari nigohida” mavzusidagi (“Olmaliq KMK” AJ ning 75 yilligiga bag‘ishlangan) Respublika ilmiy-texnik anjumani materiallari (bet 254–255).

17. Шодиев, А., Боймуродов, Н., Хужакулов, А., Равшанов, А., & Нарзуллаев, М. (2024). Исследование и обоснование технологии получения полуфабрикатов и вольфрама в металлическом виде из промышленных отходов. *Молодые ученые*, 2(1), 107-112.

18. Shodiyev, A. N., Boymurodov, N. A., Xujaqulov, A. M., & Isroilov, S. S. (2024). O‘zbekiston volfram konlari haqida umumiy tavsifini o‘rganish. *Ilm-fan va innovatsiya: Ilmiy-amaliy konferensiyasi*, 1(10), 154–159.

19. Shodiyev, A.N., Boymurodov N.A., Xushvaqtova, D.Sh., & Safarov, G‘.T. (2024). Volfram konsentratlarini kimyoviy-texnologik qayta ishlashni o‘rganish. “Respublika janubida geologiya, kon-metallurgiya va neft-gaz sohalarining istiqbollari” mavzusidagi xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik anjumani materiallari (bet 46–48).

20. Shodiyev, A.N., Boymurodov N.A., & Zuxurov, Y.T. (2023). Texnogen chiqindilardan volfram ajratib olish texnologiyasini yaratish [Dasturiy mahsulot]. O‘zbekiston Respublikasining Dasturiy mahsulotlar davlat reyestri, DGU 28535, 27-oktabr.

21. Boymurodov N.A., & Xo‘jaqulov, A.M. (2024). Tabiatda uchraydigan volfram rudasi turlari va uni boyitish jarayoni texnologiyasiga ilmiy yondashuv [Dasturiy mahsulot]. O‘zbekiston Respublikasining Dasturiy mahsulotlar davlat reyestri, DGU 36520, 17-aprel.

Avtoreferat “Sanoatda raqamli texnologiyalar” ilmiy-texnik jurnali  
tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi  
matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.  
10.09.2025-yil



Bosmaga ruxsat etildi: 16.09.2025-yil  
Bichimi 60x841/16, “Times New Roman”  
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i: 3. Adadi 60. Buyurtma №86  
Qarshi “INTELLEKT” nashriyotida chop etildi.  
Bosmaxona manzili: Qarshi sh. Mustaqillik shoh ko‘chasi 225-uy.