

**MILLIY TEXNOLOGIK TADQIQOTLAR UNIVERSITETI  
«MISIS»NING OLMALIQ SHAHRIDAGI FILIALI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.22/30.12.2019.T.98.01 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH**

---

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR  
UNIVERSITETI**

**YUSUPOV URAL SADULLAYEVICH**

**MIS ISHLAB CHIQRISH TEXNOGEN CHIQINDILARINI  
QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQRISH**

**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**

**Olmaliq – 2025**

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

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

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

**Yusupov Ural Sadullayevich**

Mis ishlab chiqarish texnogen chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasini  
ishlab chiqish ..... 3

**Юсупов Урал Садуллаевич**

Разработка технологии переработки техногенных отходов медного  
производства..... 21

**Yusupov Ural Sadullaevich**

Development of a processing technology for technogenic waste from copper  
production. .... 40

**E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ

List of published works ..... 42

**MILLIY TEXNOLOGIK TADQIQOTLAR UNIVERSITETI  
«MISIS»NING OLMALIQ SHAHRIDAGI FILIALI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.22/30.12.2019.T.98.01 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH**

---

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR  
UNIVERSITETI**

**YUSUPOV URAL SADULLAYEVICH**

**MIS ISHLAB CHIQRISH TEXNOGEN CHIQINDILARINI 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)**

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

**Olmaliq – 2025**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.1.PhD/T4433 raqam bilan ro‘yxatga olingan.**

Doktorlik dissertatsiyasi Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universitetida bajarilgan.  
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida va «Ziyonet» Axborot ta’lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

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

**Rasmiy opponentlar:**

**Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Tolibov Behzod Ibrohimovich**  
texnika fanlari doktori, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

**O‘zbekiston Respublikasi Fanlar  
akademiyasi Umumiy va noorganik  
kimyo instituti**

Dissertatsiya himoyasi Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti «MISIS»ning Olmaliq shahridagi filiali huzuridagi DSc.22/30.12.2019.T.98.01 raqamli ilmiy kengash asosidagi bir martalik ilmiy kengashining 2025-yil «4» sentyabr soat 14<sup>00</sup> dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 110101, Olmaliq shahri, Amir Temur ko‘chasi, 56-uy. Tel.: (+998 70) 614-22-82, E-mail: [info@misis.uz](mailto:info@misis.uz)).

Dissertatsiya bilan Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti «MISIS»ning Olmaliq shahridagi filiali ining Axborot resurs markazida tanishish mumkin (№ 25-39-Д raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 110101, Olmaliq shahri, Amir Temur ko‘chasi, 56-uy. Tel.: (+998 70) 614-22-82.

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «22» avgust kuni tarqatildi.  
(2025 yil «22» avgustdagi №30 raqamli reyestr bayonnomasi)

**F.Ya. Umarov**

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

**G.S. Nutfulloyev**

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

**Sh.Sh. Zairov**

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

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

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati.** Jahonda zamonaviy metallurgiya sanoatida mis toshqollarini qayta ishlash, ularning tarkibidagi rangli va nodir metallarni ajratib olish hanuz dolzarb bo'lib, yiliga 26 mln tonnadan ortiq sof mis eritib olinadi. Uni eritish, konverterlash natijasida 100 mlndan ortiq tarkibi 1% gacha bo'lgan toshqol, texnogen chiqindi hosil bo'ladi. So'nggi 20 yil mobaynida 200 mln tonnadan ortiq toshqollar qayta ishlanmay, maxsus maydonlarda saqlanmoqda. Ularning tarkibidagi mis ajratib olish va qayta ishlash zaruriyati mavjud. Bunda piro va gidrometallurgiya usulida qayta ishlash barobarida, flotatsiya usulida boyitilib misli boyitma olish, bu o'z o'rnida qo'shimcha ikkilamchi texnogen chiqindilaridan mis ajratib olinishiga olib kelsa, undan tashqari minglab gektar yerlar bo'shab ekologik sof muhit paydo bo'ladi shu kabi masalalarning yechimiga alohida e'tibor qaratish kerakligi muhim ahamiyatga ega.

Dunyoda mis ishlab chiqarish toshqollarini qayta ishlash, uning tarkibidagi misni kamaytirish, ularning fizik-kimyoviy va mineralogik tarkibini o'rganish, pech ichida va pech tashqarisida alohida toshqollardan misni ajratib olish, misli toshqollarni polimetal ma'danlarga aralashtirib flotatsiya usulida boyitish, so'ng chiqindilardan qayta ishlab nafaqat rangli va nodir metallarni ajratib olish balki temirni ham alohida mahsulot sifatida olish, elektr energiyasini va cho'yanni shar o'rniga, qattiq eritish pechi toshqollarini qo'llash bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, texnogen chiqindini (xvostni) gidrometallurgiya usulida qayta ishlash texnologik sxemasini takomillashtirish, misli toshqollarni polimetal ma'danlarga aralashtirib flotatsiya usulida boyitish, po'lat sharlar va konverter toshqolida yanchilgan ma'danlarni flotatsiya usulida boyitishning texnologik ko'rsatkichlarini taqqoslash va optimal meyorini yaratishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda texnogen chiqindi hisoblangan toshqollarini qayta ishlash, kislorodli ma'shalli eritish va konverter pechidan hosil bo'lgan misli toshqollarni flotatsiya usulida qayta ishlash, boyitish va mis boyitmasi 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.

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

---

<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.

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 ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada va xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishi ustivor yo'nalishlariga bog'liqligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning VIII. «Yer to'g'risidagi fanlar (geologiya, geofizika, seysmologiya va mineral xom ashyolarni qayta ishlash)» ustivor yo'nalishlariga muvofiq bajarilgan.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Mis ishlab chiqarish toshqollarini qayta ishlash, uning tarkibidagi misni kamaytirish, ularning fizik-kimyoviy va mineralogik tarkibini o'rganish, pech ichida va pech tashqarisida alohida toshqollardan misni ajratib olish yoki missizlantirish borasida juda ko'p olimlar ilmiy tadqiqotlar olib borib, ma'danchilik va foydali qazilmalarni boyitish faniga katta hissa qo'shib kelgan. Jumladan, chet el olimlaridan: V.P. Bistrov, A.V. Vanyukov, V.A. Vanyukov, V.Y. Zaysev, V.P. Tarasov, V.V. Mechev, V.L. Belix, I.F. Xudyakov, S.S. Naboychenko, S. Kvyatkovskiy, A.P. Snurnikov, Y.B. Shmonin, Y.P. Kupryakov va boshqa bir qancha olimlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlar toshqollarini qayta ishlash, ularning tarkibidagi rangli va nodir metallarni ajratib olish hamda tadbiriq etish katta ahamiyatga ega hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasida toshqollarni qayta ishlashga bag'ishlangan, Shu bilan birga toshqoldagi misni missizlantirish bilan birga flotatsiya qilish bo'yicha A.A. Yusufxo'jayev, Q.S. Sanakulov, A.X. Xursanov, M.M. Yakubov, A.S. Xasanov, A.U. Samadov, B.I. Tolibov, D.B. Xoliqulov, U.M. Xalikulov, A.N. Shodiyev, S.R. Xudayarov, S.A. Abduraxmanov, T.O. Kamolov, A.A. Abduqodirov va boshqalar bajarishgan bo'lib, ularning ilmiy ishlarida Mis ishlab chiqarish toshqollarini qayta ishlash samaradorligini oshirilganini ko'rish mumkin.

Mis ishlab chiqarish toshqollarini qayta ishlash, uning tarkibidagi misni kamaytirish, ularning fizik-kimyoviy va mineralogik tarkibini o'rganish, pech ichida va pech tashqarisida alohida toshqollardan misni ajratib olish, misli toshqollarni polimetal ma'danlarga aralashtirib flotatsiya usulida boyitish, so'ng chiqindilardan piro va gidrometallurgiya usullari bilan qayta ishlab nafaqat rangli va nodir metallarni ajratib olish balki temirni ham alohida mahsulot sifatida olish, elektr energiyasi hamda ulardan samarali foydalanish juda ham dolzarb bo'lib kelmoqda.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti huzuridagi «Fan va taraqqiyot» Davlat unitar korxonasi ilmiy tadqiqot rejasiga muvofiq №02-2088.06.06.2012 y. «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ va «Fan va taraqqiyot» Davlat unitar korxonasi o'rtasidagi «Mis ishlab chiqarishning chiqindisiz, energiya va resurs tejankor ekologik toza texnologiyasini qo'llash» mavzusidagi va Toshkent davlat texnika universiteti №63-9845 yur «Mis eritish zavodining konverter toshqoli va aylanma materiallarini, rux zavodining klinkerini

qayta ishlash natijasida qo‘shimcha metallarni olish bilan ularni ishlab chiqarishda qo‘llash» (2021-2022 y.) mavzusidagi xo‘jalik shartnomalari doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** Mahalliy ikkilamchi texnogen chiqindi bo‘lgan mis eritish zavodi toshqollari va Qalmoqqir koni ma‘danlari flotatsiya usulida boyitish va hosil bo‘lgan chiqindilarni gidrometallurgiya usulida qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

Qalmoqqir sulfidli ma‘dan va mis eritish zavodi konverter toshqollarining miqdoriy, minerologik tuzilishi va kimyoviy birikmalarini tadqiq etish;

Qalmoqqir koni sulfidli ma‘danlarini yanchishda konverter toshqollarini yanchuvchi sifatida qayta ishlash usulini qo‘llash va asoslash;

po‘lat sharlar va konverter toshqolida yanchilgan ma‘danlarni flotatsiya usulida boyitishning texnologik ko‘rsatkichlarini taqqoslash va optimal meyorini yaratish;

ma‘dan va toshqollarni flotatsiyalashda maydalovchi sharlarga bog‘liqligi, reagentlar rejimini tanlash va hosil bo‘lgan chiqindini kuydirish va tanlab eritishning amaliy omillarini asoslash;

texnogen chiqindilarni (xvostlarni) piro-gidrometallurgik qayta ishlashning texnologik va apparatlar zanjir tasvirini takomillashtirilgan sxemasini ishlab chiqish va tavsiya etish.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida «Olmaliq KMK» AJ Qalmoqqir koni sulfidli ma‘dani, mis eritish zavodi konverter toshqoli va undan chiqqan suyuq texnogen chiqindi «xvost»lar va toshqollarning mineralogik va kimyoviy tarkibi, ularda misning saqlanish formalari, asosiy oksid va sulfid birikmallari olingan.

**Tadqiqotning predmeti** Qalmoqqir koni sulfidli ma‘danlarini konverter toshqollarini po‘lat shar o‘rniga yanchish, ularni taqqoslash, yanchilgan xom ashyoni flotatsiya usulida boyitish va piro-gidrometallurgiya usulida chiqindini qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirishdan 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:

mis eritish zavodi toshqollarida sulfid suspenziyasining shakllanishi, uning koalesensiyasi, kristallanish strukturasi tuzilishining harorat ta‘sirida o‘zgarishi ilmiy asoslangan;

toshqol yanchilish darajasining oshishiga va energiya sarfining 30% ga kamayishiga termik kuchlanish, toshqol tarkibidagi asosiy birikmalarning kristallanishi va sovutish tezligi ta‘sir etishi aniqlangan;

konvereter toshqollari bilan yanchilgan ma‘danlarni flotatsiya usulida boyitishning apparatlar zanjir sxemasi yaratilgan va ilmiy asoslangan;

toshqol va ma‘danlarni aniqlangan rejimda boyitishda hosil bo‘lgan chiqindilarni kuydirish va tanlab eritishning maqbul rejimlari ishlab chiqilgan;

toshqollarni flotatsiyalashdan so‘ng hosil bo‘lgan suyuq chiqindilarni

gidrometallurgiya usulida qayta ishlash texnologik zanjir sxemasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

alohida siklda yanchish va flotatsiyalash va nihoyat toshqolni ma'dan bilan o'zaro 1:1 nisbatda yanchish va flotatsiyalash jarayonida mis tarkibi 2,14 % tashkil etib, chiqindida uning tarkibi 0,20 % ni tashkil etdi, ajratib olish darajasi 82,86%-88,5 % ni hamda 2-Mis boyitish fabrikasida madanlarni yanchish uchun shar o'rniga qattiq toshqolning ishlatilishi natijasida tegirmonning ishlab chiqarish unumdorligini 5,6 % ga kamaytirib bir vaqtning o'zida elektr energiya sarfini 20,5 % ga iqtisod qilishi asoslangan;

hosil bo'lgan chiqindi avvaliga pirometallurgiya usulida kuydirilib, so'ng sulfat kislotada tanlab eritildi va unda mis, temir alohida ajratib olinib takomillashtirilgan texnologiyasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** Olingan natijalarning ishonchliligi muallif tomonidan avval laboratoriya sharoitida o'tkazilgan ilmiy eksperimentlar, keyin esa olingan natijalarni muhokama qilish, eng maqbul texnologik rejimni tanlash, kombinatning tajriba-sinov fabrikasining yarim sanoat miqyosida o'tkazilgan eksperimentlari, natijalarning ishonchliligini tasdiqlovchi tahlil natijalari, shuningdek zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari, ishlab chiqarish sinovlari natijalari bo'yicha «Olmaliq KMK» AJning akkreditatsiyadan o'tgan markaziy tahlil laboratoriyasining tadqiqotlari bilan asoslangan.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati yanchilgan toshqolni sulfidli ma'dan bilan birgalikda flotatsiyalashning samaradorligi olingan mahsulotlarning mineralogik, kimyoviy tarkiblarini o'rganish va flotatsion boyitishda reagentning sarfi maydalik darajasi va eng asosiysi misning boyitmaga ajralib chiqish darajasining yuqoriligi hamda unga sarflangan elektr energiya sarfining kamligi bilan izohlanadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati tegirmon aylanish tezligini oshirish orqali uning ishlab chiqarish unumdorligi sezilarli darajada oshganligi, flotatsiya jarayonida ma'dan va toshqol 1:1 nisbatda qo'shib boyitilganda misni boyitmaga ajratib olish darajasi 82,86% tashkil etilishi hamda flotatsion boyitishning chiqindisi kuydirilgandan so'ng, gidrometallurgik usulda qayta ishlanib, tarkibidagi qoldiq mis va temir alohida mahsulotlarga ajratib olish imkoniyati ishlab chiqishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Mis ishlab chiqarish texnologiyasini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish ilmiy asoslash bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

konverter toshqollari bilan yanchilgan ma'danlarni flotatsiya usulida boyitishning apparatlar zanjir sxemasi Mis eritish zavodi konverter toshqolini flotatsiya usulida kombinatning 2-Mis boyitish fabrikasida boyitish jarayonida qo'llanilgan («Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJning 2024 yil 27 iyundagi SL-0555-son ma'lumotnomasi). Natijada, misni ajratib olish darajasi 2-3,5 % ga oshgan va maydalash jarayonida elektr energiya sarfi 20,5% ga tejalgan iqtisodiy samara olish imkonini bergan;

Mis ishlab chiqarish texnogen chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasi Mis eritish zavodi konverter toshqolini flotatsiya usulida kombinatning 2-Mis boyitish fabrikasida boyitish jarayonida joriy etilgan («Olmaliq kon-metallurgiya kombinati») AJning 2024 yil 27 iyundagi SL-0555-son ma'lumotnomasi). Natijada, 85,93 foiz bo'lgan 14,7 foizli Cu boyitmasini olish, ikklamchi chiqindida Cu usuli 0,33 foizni tashkil etish va mis, temir ajratib olish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 6 ta konferensiyalarda, shu jumladan 2 respublika ilmiy-amaliy va 4 xalqaro anjumanlarida muhokamadan o'tgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 14 ta ilmiy ish nashr etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan doktorlik dissertatsiyasining asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 8 ta respublikada va 2 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 114 betni tashkil etadi.

#### **DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI**

**Kirish** qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurligi asoslangan, maqsadi va vazifalari shakllantirilib, tadqiqot obyekti va predmeti ko'rsatilgan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi ilm-fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi aniqlangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari keltirilgan, ularning ishonchliligi asoslangan, natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, ishlanmalarni amalga oshirish natijalari, ishni sinovdan o'tkazish natijalari va nashr etilgan ishlar hamda dissertatsiya tuzilishi, shuningdek tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy qilinishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiya ishining «**Mis ishlab chiqarishda xom ashyo va texnogen chiqindilarni qayta ishlash texnologiyalarining zamonaviy holatini nazariy va adabiyotlar tahlili**» deb nomlangan birinchi bobida jahon miqyosida mis ishlab chiqarishning asosiy qismi pirometallurgik usullarga to'g'ri kelishi, eritish jarayonida katta hajmda misli toshqollar hosil bo'lishi va ularni qayta ishlash masalalariga bag'ishlangan ilmiy tadqiqotlar tahlil qilingan. Dunyo bo'yicha mis ishlab chiqarish hajmi va unga mos ravishda toshqollar chiqishi to'g'risida statistik ma'lumotlar keltiriladi. Mavjud toshqollarni qayta ishlashning dolzarbligi, ularda misdan tashqari oltin, kumush va boshqa qimmatbaho metallar saqlanishi va ularni iqtisodiy va ekologik nuqtai nazardan qayta tiklash zarurligi asoslangan.

Mavjud ilmiy manbalar asosida toshqollarning mineralogik va kimyoviy tarkibi, ularda misning saqlanish formalari, asosiy oksid va sulfid birikmalarining yo'qotilish sabablari ko'rsatilgan. Ayrim mamlakatlarda konverter va kislorodli pech toshqollarini qayta ishlash tajribalari, misni ajratib olish samaradorligi, texnologik sxemalar va texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar qiyosiy tahlil qilingan.

Dunyoda va MDH hududida toshqollarni qayta ishlash uchun pirometallurgik, gidrometallurgik, elektrometallurgik va flotatsion texnologiyalar qo'llanilish tendensiyalari, ularning afzallik va kamchiliklari, laboratoriya va sanoat

miqyosidagi natijalar ko'rsatib o'tilgan. Xususan, toshqollarni sekin sovutish, maydalash, flotatsiya orqali mis va boshqa metallarni boyitish, shuningdek, toshqollarni sement ishlab chiqarish va qurilish materiallariga yo'naltirish kabi yo'nalishlar alohida ko'rib chiqilgan.

Dissertatsiya ishining «**Mis ma'danlari va toshqollarini maydalash, flotatsiya usulida boyitish va gidrometallurgiya jarayon tajribalarini o'tkazish usuli, tadqiqot obyektlarini asoslash**» deb nomlangan ikkinchi bobida -

Qalmoqqir koni ma'danlari va mis eritish toshqollarini maydalash, yanchish va flotatsiya usulida boyitish tajribalarini o'tkazish usullari va tadqiqot obyektlari asoslangan, so'ng ularni maydalash koeffitsiyentini aniqlash metodikalari ishlab chiqilgan va ketma-ketlikda keltirilgan.

Qalmoqqir ma'dani va konverter toshqolini fazali hamda kimyoviy tahlillari 1 va 2-jadvallarda keltirilgan.

### 1-jadval

#### Ma'dan va toshqolni kimyoviy tahlili natijalari

Tarkibi, %	Toshqol	Madan
Mis (Cu)	2,02	0,5
Rux (Zn)	0,15	-
Molibden (Mo)	-	0,016
Temir (Fe)	48,45	6,85
Oltinugurt (S)	0,5	1,27
Alyuminiy uch oksidi (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1,44	17,72
Kremniy ikki oksidi (SiO <sub>2</sub> )	27,74	53,57
Kalsiy oksidi (CaO)	1,56	0,84
Magniy oksidi (MgO)	0,22	3,03

Tajribalarni o'tkazishda, ma'dan va toshqollarning asosiy fizik-kimyoviy xususiyatlari, jumladan, tegirmonda yanchish sharoitlari, moddiy tarkibi, mineralogik tuzilishi va flotatsiya jarayoni uchun kerakli reagentlar miqdori va konsentratsiyasi aniqlab chiqildi. Bunda tegirmon aylanish tezligi, yanchuvchi jismning to'ldirish koeffitsiyenti va bo'laklar o'lchami kabi asosiy texnologik parametrlar optimallashtirildi.

### 2-jadval

#### Mis birikmasini fazali tahlil natijalari

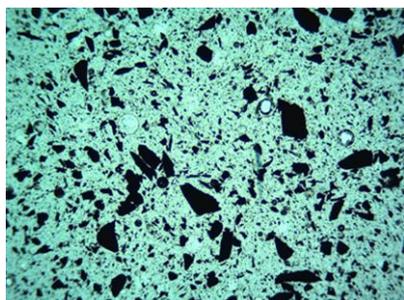
Namuna	Mutloq, %				Nisbiy, %			
	Cu umumiy	Cu birlamchi	Cu ikkilamchi	Cu oksidli	Cu umumiy	Cu birlamchi	Cu ikkilamchi	Cu oksidli
Toshqol	2,07	0,11	1,5	0,46	100	5,32	72,48	22,2
Madan	0,54	0,42		0,12	100	77,9		22,1

Toshqoldagi mis birikmasining fazali tahlili 3-jadvalda keltirilgan.

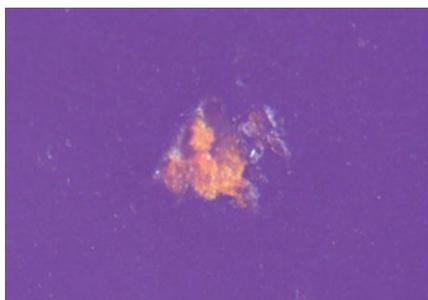
### 3-jadval

#### Toshqoldagi mis birikmasining fazali tahlili

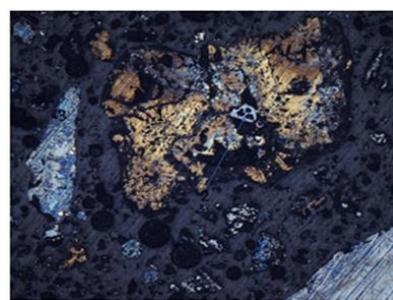
Mis miqdori, %				Misni taqsimlanishi, %			
Umumiy	I-sulfid	II-sulfid	oksid	Umumiy	I-sulfid	II-sulfid	oksid
2,89	0,46	2,23	0,20	100	14,3	76,70	9,00



**1-rasm. 40 marta kattalashtirilgan toshqol. Bog'lovchi massasi shisha asosli**



**2-rasm. Toshqol tarkibida yaxshi tiklangan mis shteyni borligini ko'rsatadi va u misli-qizil rangga ega**



**3-rasm. Bornit (1), xalkozin (2), kovellin (3). Kattalashtirilgan 100<sup>x</sup>**

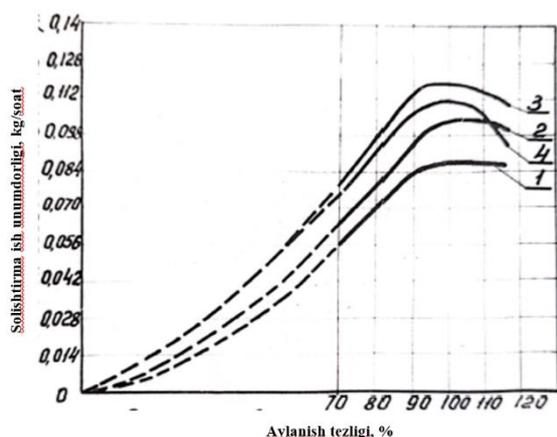
Ma'dan va toshqollarni barcha va alohida flotatsiya usulida boyitish metodikasi, maydalash samaradorligi, flotoreagentlarning suyultirish uchun uning miqdori va konsentratsiyalari qanday tayyorlash usullari, formulalar orqali hisoblash keltirilgan. Ushbu rasm va jadvallardan ma'lumki mis birikmasi asosan sulfid bilan sun'iy xalkozin, kovellin va bornit holida joylashgan. Bunda mis birikmasi yaxshi flotatsiya qilinadi.

Dissertatsiyaning «**Mis ma'danlarini maydalashda yanchuvchi sifatida konverter toshqollarini qayta ishlash**» deb nomlangan uchinchi bobida konverter toshqollarini yanchuvchi sifatida qo'llash imkoniyatlarini o'rganish maqsadida o'tkazilgan laboratoriya va yarimsanoat tajriba natijalari batafsil tahlil qilingan. Zamonaviy boyitish fabrikalarida yanchuvchi vositalar sifatida odatda po'lat sharlar ishlatiladi, biroq ularni konverter toshqollari bilan almashtirish texnik va iqtisodiy nuqtai nazardan dolzarb masala hisoblanadi.

**4-jadval**

**Qayta hosil bo'lgan - 0,074 mm, kg/l\*soat bo'yicha tegirmonlarning solishtirma ishlab chiqarish unumdorligi**

To'lish koeffitsiyenti, %	Tegirmonlarning aylanish tezligi, kritikdan % bo'yicha			
	75	85	95	110
50	0,065	0,078	0,086	0,087
55	0,075	0,086	0,110	0,101
65	0,090	0,110	0,119	0,112
70	0,090	0,110	0,115	0,094
Po'lat sharlar 50	0,120	-	-	-



**4-rasm. Tegirmonning solishtirma ish unumdorligining aylanish tezligi va tegirmonga mahsulotlar to'ldirish darajasi bog'liqligi.**

Dastlabki tajribalar tegirmonlarning aylanish optimal tezligini aniqlash va yanchuvchi sifatida konverter toshqollarini ishlatish samaradorligini baholashga qaratildi. Natijalarga ko'ra, tegirmonning ishlab chiqarish unumdorligi konverter toshqollari qo'llanilganda po'lat sharlar

bilan solishtirganda 1,5–5,6 % kamayadi, biroq elektr energiya sarfi 17–20,5 % ga

kamayadi. Bu esa energiya tejankorlik nuqtai nazaridan yuqori samaradorlikni ko'rsatadi.

Grafikdan ko'rinib turganidek tegirmonlarning aylanish optimal tezligini aniqlash bo'yicha to'ldirish koeffitsiyenti: *1-40 %; 2-55 %; 3-60%, 4-65%* va tegirmonlar aylanishining optimal tezligi kritikdan 90+96 % va to'lish koeffitsiyenti 62 % ni tashkil etdi. Yarimsanoat sinovlari markazdan yuklanadigan tegirmonlarda amalga oshirildi. Tegirmonga yuklanadigan toshqollarning granulometrik tarkibi va massasi aniqlandi, natijada toshqollar hajmi tegirmon hajmining 53,8 % ni tashkil etdi.

### 5-jadval

#### Konverter toshqoli yordamida ma'danni yanchishda smenalardagi tegirmonning ishlash ko'rsatkichlari (tegirmonning aylanish tezligi kritikka nisbatan 85,0 %)

Smena	Tegirmonning ish. chiq unum, t/soat			Quyilma qattiqqa nisbatan zichligi, %	Quyilmada -0,074mm o'lcham bo'yicha chiqishi %	Elektr energiya sarfi, kVt-soat/t	
	Ma'dan bo'yicha	-0,074 mm sinf bo'yicha	Tegirmon hajmi bo'yicha			Ma'dan	-0,074 mm sinf bo'yicha
1	1,88	1,18	0,28	32	61,1	26,6	46,1
2	1,37	0,87	0,24	29	51,0	27,8	57,0
3	1,89	0,89	0,20	30	50,2	31,9	62,1
4	2,28	1,27	0,35	31	60,0	23,0	47,9
5	2,27	1,29	0,28	32	51,2	22,6	47,0
6	2,39	1,25	0,31	30	52,5	23,4	45,0
7	2,46	1,28	0,32	33	54,2	19,3	36,2
8	2,43	1,59	0,39	29	66,9	18,5	28,9
O'rtacha	2,12	1,20	0,29	30	55,8	24,1	46,2

Keltirilgan jadvaldagi o'rtacha natijalarni taqqoslash shuni ko'rsatdiki, ham ma'dan bo'yicha, ham qayta yanchilgan 0,074 mm sinf bo'yicha ishlab chiqarish unumdorligi tegirmonlarni kritikka nisbatan aylanish sonini 80 dan 100 % ga oshirish orqali ko'payadi.

### 6-jadval

#### Po'lat sharlar bilan yanchilgan ma'danni flotatsiyalash siklining ko'rsatkichlari

Smena №	Reagentlar sarfi g/t			Boyitma chiqishi, %	Mis ulushi, %			Misni ajratib olish darajasi, %
	Natriy sulfid	Ksantat	Piridin		Ma'dan	Boyitma	Chiqindi	
1	100	110	130	10,55	1,70	13,80	0,32	84,6
2	140	120	120	9,50	1,60	14,00	0,30	82,3
3	105	90	95	9,55	1,50	13,00	0,30	82,1
4	140	100	100	9,25	1,40	14,40	0,25	86,3
5	115	85	105	12,00	1,80	13,50	0,30	84,5
6	130	105	110	11,00	1,85	15,65	0,25	88,7
O'rtacha	121	101	110	10,3	1,64	14,05	0,28	84,7

Elektr energiyasi diapazonda tadqiq qilinayotgan kritikka nisbatan 80 % dan 85,0 % tezliklarda ko‘tariladi, unda elektr energiya sarfi 38,1 Kvt/t atrofida bo‘lsa, 90,0% da tushadi va 100 gacha ko‘tarilganda elektr energiya sarfi yana oshadi. Bundan bilib turibmizki, optimal samaradorlik tezligi kritikka nisbatan 90,0 + 99 % oraliqda yotadi, unda elektr energiya sarfi 46,3 Kvt/t ortishi kuzatildi.

Po‘lat sharlar va konverter toshqollari yordamida yanchilgan ma‘danlarning flotatsiya natijalari o‘rganildi.

**7-jadval**

**Konverter toshqollari bilan yanchilgan ma‘danni flotatsiyalash siklining ko‘rsatkichlari**

Smena №	Reagentlar sarfi g/t			Boyitma chiqishi, %	Mis ulushi, %			Misni ajratib olish darajasi, %
	Natriy sulfid	Ksantat	Piridin		Ma‘dan	Boyitma	Chiqindi	
1	85	80	63	13,5	2,30	15,16	0,36	86,30
2	150	100	100	7,3	2,10	27,68	0,24	87,10
3	120	120	130	12,50	2,20	14,70	0,26	89,6
4	125	115	140	14,20	2,15	13,20	0,21	89,9
<b>O‘rtacha</b>	120	103	107	11,87	2,18	17,68	0,26	88,2

**8-jadval**

**Konverter toshqollari hamda po‘lat sharlar yordamida yanchilgan ma‘danni flotatsiyalash sikli**

Mahsulotlar nomlanishi	Po‘lat sharlar bilan yanchish			Konverter toshqol bilan yanchish		
	Chiqish, %	Mis ulushi, %	Ajratib olish darajasi, %	Chiqish, %	Mis ulushi, %	Ajratib olish darajasi, %
<b>Ma‘dan</b>	100	1,70	100	100	2,25	100
<b>Dag‘al boyitma</b>	19,02	9,15	95,2	19,24	11,41	97,1
<b>Asosiy flotatsiya chiqindisi</b>	96,55	0,33	18,5	95,70	0,34	15,9
<b>Nazorat flotatsiya sanoat mahsuloti</b>	7,73	1,02	4,6	5,58	1,31	3,6
<b>Tozalash chiqindisi</b>	7,84	3,32	15,1	9,36	4,25	19,4
<b>Tayyor boyitma</b>	11,18	14,20	86,3	9,88	16,25	88,0
<b>Ikkilamchi chiqindisi</b>	88,82	0,26	13,7	90,12	0,22	12,0

Yuqoridagi ma‘lumotlardan ko‘rinib turibdiki, ikkala holatda ham mahsulotlarning chiqishi bir xilligicha qolmoqda. Faqatgina e‘tibor bersak, konverter toshqoli yordamida yanchilgan ma‘dan flotatsiya qilishdan chiqqan mahsulotda mis ulushi bir qancha ko‘proqni ko‘rsatmoqda.

Misni ajratib olish darajasi konverter toshqollari bilan yanchilganda 88,5%, po‘lat sharlar bilan yanchilganda esa 86,3% ni tashkil etdi. Boyitmadagi mis tarkibi mos ravishda 16,25% va 14,20% ni tashkil qildi. Flotatsiya jarayonidagi reagentlar sarfi va mahsulot chiqishi amalda bir xil bo‘lib, konverter toshqollari yordamida mis minerallarining yuzasini yaxshiroq ochish mumkinligi tasdiqlandi.

Dissertatsiyaning «Konverter toshqoli va Qalmoqqir koni madanlarini boyitish va piro, gidrometallurgik jarayonlar asosida mis olish texnologiyasi» deb nomlangan to‘rtinchi bobida Olmaliq kon-metallurgiya kombinati konverter toshqollari va Qalmoqqir koni ma’danlarini flotatsiya usulida boyitish texnologiyasi va texnogen chiqindilarni gidrometallurgik qayta ishlash bo‘yicha amalga oshirilgan tadqiqot natijalari yoritilgan. Qalmoqqir konidan keltirilgan mis ma’dani ikki bosqichli maydalashdan o‘tkazilib, fraksiyasi -0,2 mm gacha tayyorlandi. Olingan namunalarning granulometrik va mineralogik tahlillari amalga oshirildi. Toshqol va ma’danlarning kimyoviy tarkibi va mis birikmalarining fazali taqsimoti jadvallarda ko‘rsatildi (masalan, mis asosan sulfidli va metallik holda uchraydi).

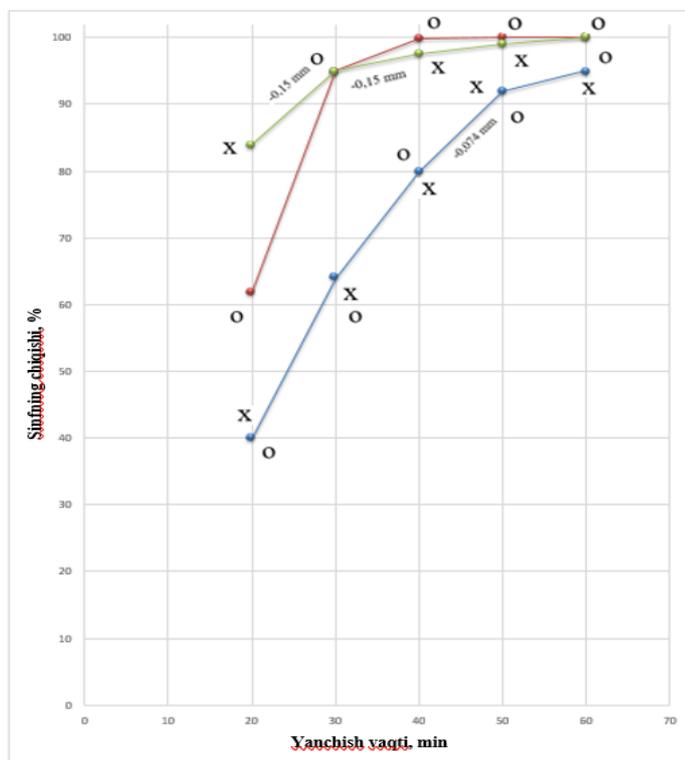
Laboratoriya flotamashinada toshqol-ma’dan aralashmasining (1:1 nisbatda) flotatsiya tajribalari olib borildi. Reagent sifatida butil ksantogenat (60–70 g/t) va qarag‘ay moyi qo‘llanildi. Flotatsiya muhiti pH=7,1–7,2 darajasida tabiiy holda saqlandi. Yanchuvchi sifatida po‘lat sharlar va konverter toshqollari alohida va aralash holda o‘rganildi.

Natijalarga ko‘ra:

-yanchuvchi sifatida faqat po‘lat sharlar: misni ajratib olish darajasi 86,3%, boyitmadagi mis – 14,2%.

-yanchuvchi sifatida konverter toshqollari: misni ajratib olish 88,0%, boyitmadagi mis – 16,25%.

-aralash yanchuvchi (50% po‘lat shar + 50% toshqol): misni ajratib olish 87,9%, boyitmada mis 15,9%.



Izoh: x-Konverter toshqoli, o-Qalmoqqir ma’dani

**5-rasm. Konverter toshqollari va Qalmoqqir koni mis ma’danining maydalik sinfiga qarab chiqishining yanchish vaqtiga nisbati. Flotatsiyalash davomiyligi – 7 min**

Bunda yanchuvchi sifatida toshqollardan foydalanish energetik xarajatlarni kamaytirib, misni ajratib olish samaradorligini oshirgani qayd etildi.

**9-jadval**

**Toshqolni flotatsiyalash jarayonida misni ajratib olishda butil ksantogenati va SSM-2 reagentlar sarfiga bog‘liqlik natijalari**

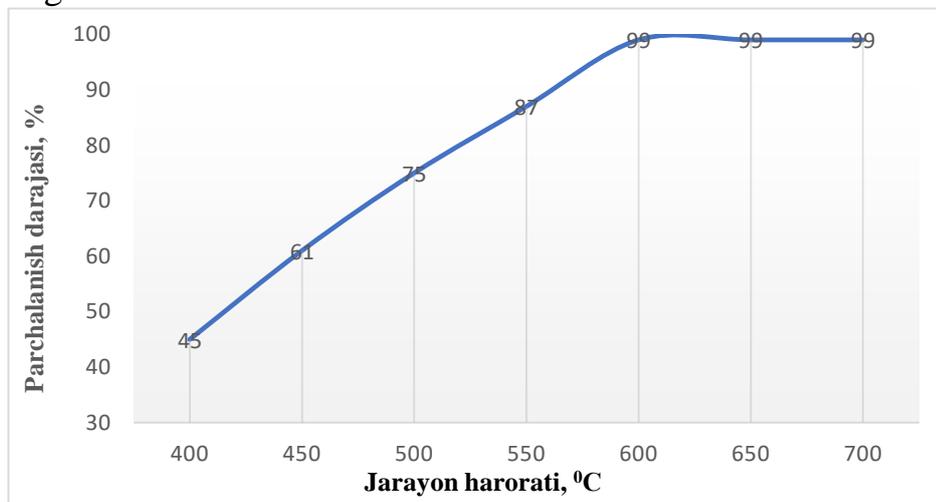
Mahsulotlar nomlanishi	Chiqishi, %	Mis ulushi, %	Misni ajr olish daraja, %	Butil ksantogenat sarfi, g/t	SSM-2 sarfi, g/t	Asosiy flotatsiya pH muhiti
Mis boyitmasi	6,17	26,39	69,63	30		
Misli oraliq mahsulot	9,17	4,14	16,27	+	-	7,1
Chiqindi	84,66	0,39	14,10	20		
Toshqol	100	2,33	100			
Mis boyitmasi	5,72	27,72	67,7	50		
Misli oraliq mahsulot	9,84	4,8	20,07	+	-	7,1
Chiqindi	84,44	0,34	12,23	40		
Toshqol	100	2,35	100			
Mis boyitmasi	5,83	27,48	71,05	70		
Misli oraliq mahsulot	9,92	4,10	18,1	+	-	7,2
Chiqindi	84,25	0,29	10,85	60		
Toshqol	100	2,25	100			
Mis boyitmasi	13,74	14,76	85,93	100		
Misli oraliq mahsulot	4,92	1,32	2,74	+	-	6,9
Chiqindi	81,34	0,33	11,33	70		
Toshqol	100	2,36	100			
Mis boyitmasi	7,15	24,28	70,4			
Misli oraliq mahsulot	7,75	4,27	13,4	-	30	6,9
Chiqindi	85,1	0,47	16,2		+	
Toshqol	100	2,47	100		20	
Mis boyitmasi	9,47	19,41	76,67			
Misli oraliq mahsulot	6,55	2,96	8,08	-	50	6,9
Chiqindi	83,98	0,44	15,25		+	
Toshqol	100	2,40	100		30	
Mis boyitmasi	10,7	17,64	78,66			
Misli oraliq mahsulot	5,5	2,76	6,34	-	70	6,9
Chiqindi	83,8	0,43	15,0		+	
Toshqol	100	2,4	100		40	

9-jadvalda butil ksantogenatning va SSM-2 sarfining tajriba natijalari keltirilgan. Tajriba sharoitlari bundan avvalgi ishlab turgan seriyada kabi jarayonni olib boriladi. Toshqol massasi 97 % ining yanchilish sinfi — 0,074 mm bo‘ldi.

Texnogen chiqindilarni gidrometallurgik qayta ishlash tajribalari shuni ko‘rsatdiki flotatsiyadan keyingi texnogen chiqindilar sun‘iy fayalit, magnetit va boshqa silikati minerallardan tashkil topgan bo‘lib, tarkibida mis va boshqa

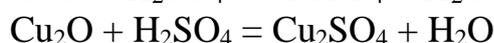
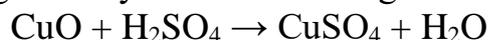
qimmatbaho komponentlar saqlanadi. Chiqindilar kuydirilib, sulfat kislotasi eritmasi bilan tanlab eritildi.

Tajribalar natijasida kuydirish tajribalari natijalaridan kelib chiqib, jarayon uchun eng maqbul harorat 600°C ekanligi aniqlandi kuydirish vaqti esa 1 soat etib belgilandi.

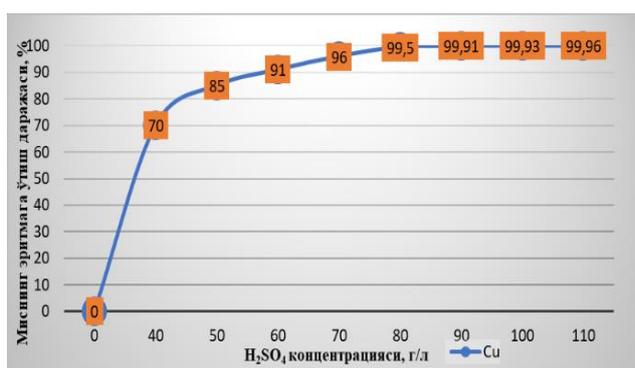


**6-rasm.**  
Texnogen chiqindi tarkibidagi fayalit birikmasi parchalanish darajasining jarayon haroratiga bog‘liqligi

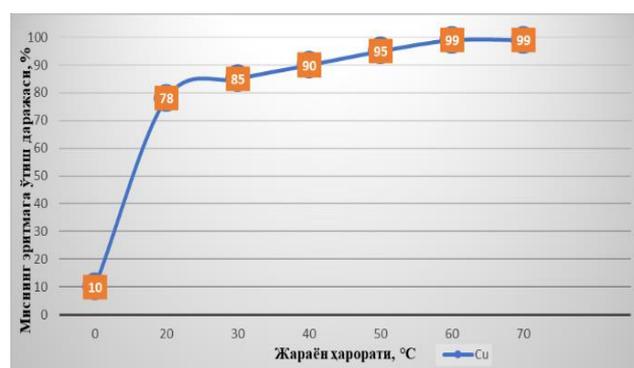
Mis oksidlarining sulfat kislotasi eritmasida eruvchanlik koeffitsiyenti tanlab eritish jarayonining davomiyligi, harorati va erituvchi konsentratsiyasiga bog‘liq. Ushbu parametrlarni hisobga olgan holda kuyindi tarkibidan misni imkon qadar to‘liq ajratib olish maqsadida tanlab eritish tajribalari har xil harorat, vaqt davomiyligi va sulfat kislotasi konsentratsiyasida amalga oshirildi. Mis oksidi sulfat kislotasi ishtirokida quyidagi reaksiya asosida eritmaga o‘tadi:



Sulfat kislotasi eritmasi konsentratsiyasi 80 g/l, harorat 60°C, ishlov berish vaqti 1 soatda misning 80–85% eritmaga o‘tkazildi, eritmadagi mis natriy sulfidi bilan cho‘ktirilib, mis sulfidi shaklida qayta tiklandi. (6-8 rasmlar).



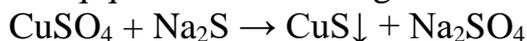
**7-rasm.** Misning eritmaga o‘tish darajasining sulfat kislotasi konsentratsiyasiga bog‘liqligi



**8-rasm.** Misning eritmaga o‘tish darajasining jarayon haroratiga bog‘liqligi

Tanlab eritish jarayoni tugagach mis tarkibli eritma cho‘kmadan filtrlash yo‘li bilan ajratildi. Filtrlash jarayoni kislotabardosh qotishmadan tayyorlangan 0,4 m<sup>3</sup> hajmli nutch filtrda, vakuum nasos yordamida amalga oshirildi. Olingan eritmaga eritmadagi misning miqdoriga 1,25 barobar ekvivalent miqdorda natriy sulfidi

qo‘shib eritmadagi mis ionlari sulfid holatida cho‘ktirildi. Cho‘ktirish jarayoni aralashtirgichli reaktorda 30 daqiqa davomida amalga oshirildi.

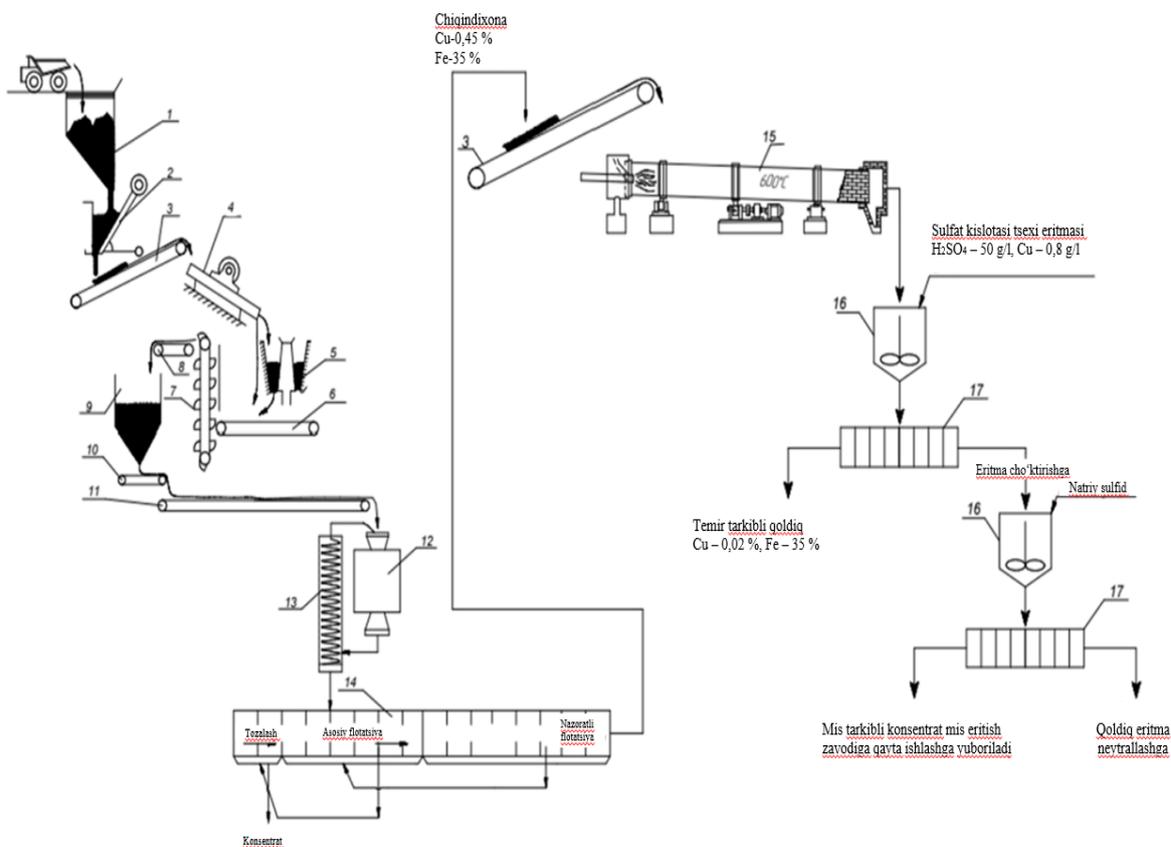


Mis ionlari eritmadan to‘liq cho‘ktirilgach eritma dekantatsiyalandi hamda cho‘kma quritilib, misning miqdori bo‘yicha tahlil qilindi.

Mazkur texnologiya (9-rasm) bo‘yicha ma‘danni o‘zini qayta ishlash bilan solishtirilganda tegirmonning ishlab chiqarish unumdorligi 29,6 % kamaydi, konverter toshqolini mis ma‘dani bilan o‘zaro 1:1 nisbatda aralashtirib ikki bosqichli qayta ishlash sinov tajriba natijalari quyidagicha ko‘rsatkichlar olindi: Konverter toshqol + ma‘dan aralashmasi tarkibida misning ulushi 2,32 % bo‘lganda misni boyitmaga ajratib olish darajasi 75,64 % bo‘lgan 19,2 % boyitma olishga muvaffaq bo‘lindi. Chiqindidagi misning ulushi esa 0,25 % tashkil qildi.

Iqtisodiy jihatdan eng maqbul va taklif etilayotgan variant esa sulfidli mis ma‘danlarini yanchish uchun konverter toshqollarini qo‘shib birga qayta ishlash hisoblanadi, biroq uni alohida monoseksiyada flotatsiyalash, konverter toshqolini esa alohida flotatsiya qilish sanoat miqyosida tavsiya etiladi.

Mis ishlab chiqarishda hosil bo‘lgan chiqindini gidrometallurgiya usulida qayta ishlash tajribalarining moddiy texnik balansi ishlab chiqildi va kuydirish tanlab eritish, filtrlash kabi jarayonlar alohida hisoblab chiqildi, unda misning ajratib olish darajasi 93,5 % ni tashkil etdi.



**9-rasm. Mis ishlab chiqarishda texnogen chiqindilarni qayta ishlashning zanjirli texnologik uskunalari sxemasi**

## XULOSA

Mis ishlab chiqarish texnogen chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish mavzusidagi texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar asosida nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Laboratoriya hamda yarimsanoat tajribalari konverter toshqollarini flotatsiya usulida qayta ishlash mumkinligini isbotlab berdi.

2. Yanchish jarayonida po'lat sharlar o'rniga konverter toshqollarini qo'llash shuni ko'rsatdiki, bunda tegirmonning aylanish optimal tezligi kritik tezlik bilan bir xil bo'ldi. Ushbu tezlikda tegirmonning ishlab chiqarish unumdorligi po'lat sharlar bilan yanchishga qaraganda ko'proq ya'ni 94,4 % yetdi, qolaversa elektroenergiya sarfini ham 20,5 % ga qisqartirishga erishildi. Yanchish siklida konverter toshqolini sarfi umumiy ma'dan massasining 3 % ini tashkil qildi.

3. Tajriba sinov davrida quyidagi texnologik ko'rsatkichlar qayd etildi: Tarkibida 1,70 % Cu bo'lgan ma'danni po'lat sharlar bilan yanchilganda tarkibida 14,20 % Cu bo'lgan boyitma olindi, bunda boyitmaga misni ajratib olish darajasi 86,3 % tashkil etdi. Ikkilamchi chiqindida esa misning ulushi 0,26 % ko'rsatdi.

4. Konverter toshqoli bilan ma'danni yanchilganda olingan aralashma tarkibida mis 2,25 % tashkil etdi, uni flotatsiya qilinganda tarkibida 16,25 % Cu bo'lgan boyitma olindi. Ajratib olish darajasi 88,5 % bo'ldi. Chiqindida esa Cu ulushi 0,22 % tashkil etdi, bu o'z o'rnida gidrometallurgiya usulida misni va temirni alohida ajratib olish texnologiyasi takomillashtirildi.

Alohida siklda konverter toshqollarini qayta ishlash sinovlari shuni ko'rsatdiki, ularni ratsional qayta ishlash sxemasi har bir oraliq siklda flotatsiyalanadigan ikki bosqichli yanchishni o'z ichiga oladi.

Iqtisodiy jihatdan eng maqbul va taklif etilayotgan variant esa sulfidli mis ma'danlarini yanchish uchun konverter toshqollarini qo'shib birga qayta ishlash hisoblanadi.

5. Tajriba sanoat miqyosida o'rganilganligi bo'yicha tarkibida 2,36 % Cu bo'lgan toshqoldan misni ajratib olish darajasi 85,93 % bo'lgan 14,7 % boyitma olish imkonini berdi. Ikkilamchi chiqindida Cu ulushi 0,33 % tashkil etdi.

Ushbu holatda tegirmonning ishlab chiqarish unumdorligi 38 % kamayib, elektroenergiya va po'lat sharlar sarfi mos ravishda 92 % va 62 % ortadi. Ksantogenat sarfi ham 1,5 barobar ko'payadi.

6. Konverter toshqolini mis ma'dani bilan o'zaro 1:1 nisbatda aralashtirib ikki bosqichli qayta ishlash sinov tajriba natijalari quyidagicha ko'rsatkichlar olindi: Konverter toshqol + ma'dan aralashmasi tarkibida misning ulushi 2,32 % bo'lganda misni boyitmaga ajratib olish darajasi 75,64 % bo'lgan 19,2 % boyitma olishga muvaffaq bo'lindi. Chiqindidagi misning ulushi esa 0,25 % tashkil qildi. Bunda madanni o'zini qayta ishlash bilan solishtirilganda tegirmonning ishlab chiqarish unumdorligi 29,6 % kamaydi, elektroenergiya sarfi esa 58,8 %, po'lat sharlar sarfi ham 48,5 % ko'paydi shuningdek, ksantogenat sarfi 1,7 martaga oshdi, shuning uchun ham shar o'rniga toshqol qo'llanildi.

7. 600 °C da 1 soat kuydirilgandan so‘ng hosil bo‘lgan kuyindi 80 g/l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eritmasida 60 °C da 1 soat tanlab eritildi. Misning 85 % gacha qismi eritmaga o‘tdi, undan keyin Na<sub>2</sub>S eritmasi bilan cho‘ktirilib, qo‘shimcha mis keki olindi.

8. Mis ishlab chiqarishda hosil bo‘lgan chiqindini piro-gidrometallurgiya usulida qayta ishlash tajribalari natijasida umumiy zanjirli texnologik uskunalar sxemasi yaratildi. Jarayon ketma-ketligi va uning moddiy texnik balansi ishlab chiqildi va past haroratda kuydirish, sulfat kislotada tanlab eritish so‘ng filtrlash kabi jarayonlar alohida hisoblab chiqildi, unda misning ajratib olish darajasi 93,5 % ekanligi nazariy va amaliy isbotlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.22/30.12.2019.Т.9 8.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ФИЛИАЛЕ НАЦИОНАЛЬНОГО  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА «МИСИС» В Г. АЛМАЛЫК**

---

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ЮСУПОВ УРАЛ САДУЛЛАЕВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ  
ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**05.02.01-Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.  
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Metallургия черных,  
цветных и редких металлов» (технические науки)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

**Алмалык – 2025**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за №В2025.1. PhD/Т4148.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (русском, узбекском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Хасанов Абдирашид Салиевич</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Холикулов Дониёр Бахтиерович</b> доктор технических наук, профессор <b>Толибов Бехзод Иброхимович</b> доктор технических наук, доцент
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Институт общей и неорганической химии</b> <b>Академии наук Республики Узбекистан</b>

Защита диссертации состоится «4» сентября 2025 г. в 14<sup>00</sup> на заседании Научного совета DSc.22/30.12.2019.Т.98.01 при Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС» в городе Алмалык. Адрес: 110101, г. Алмалык, ул. Амира Темура, 56. Тел.: (+99870) 614-22-82, e-mail: [info@misis.uz](mailto:info@misis.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Алмалыкского филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» (зарегистрирована под № 25-39-Д). Адрес: 110101, г. Алмалык, ул. Амира Темура, 56. Тел.: (+998 70) 614-22-82.

Автореферат диссертации разослан «22» августа 2025 года.  
(протокол реестра рассылки №30 от «22» августа 2025 года).

**Ф.Я. Умаров**  
Председатель Научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

**Г.С. Нутфуллоев**  
Ученый секретарь Научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
д.т.н., доцент

**Ш.Ш. Заиров**  
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 переработка медных шлаков, извлечение из них цветных и редких металлов в современной металлургической промышленности по-прежнему актуальна, ежегодно выплавляется более 26 миллионов тонн чистой меди. В результате её плавки и конвертирования образуются более 100 миллионов тонн шлаков, техногенных отходов, содержащих до 1% меди. За последние 20 лет более 200 млн тонн шлаков остаются переработанными и хранятся на специальных площадках. В связи с этим возникла необходимость извлечения и переработка меди из них. При этом, наряду с пиро- и гидрометаллургической переработкой, необходимо уделить особое внимание на решение таких вопросов, как получение медного концентрата путем флотации, что приведёт к извлечению меди из вторичных техногенных отходов и позволит освободить тысячи гектаров земель и создать экологически чистую среду.

В мире ведутся научные исследования по переработке медеплавильных шлаков, снижению содержания меди в них, изучению их физико-химического и минералогического состава, извлечению меди из отдельных шлаков внутри и вне печи, обогащения меди из отвальных шлаков методом флотации путем смешивания их с полиметаллическими рудами, последующей переработке отходов не только для извлечения цветных и благородных металлов, но и для получения железа в качестве отдельного продукта, использованию твердых шлаков плавильных печей вместо чугуновых шаров при измельчении руд. В связи с этим особое внимание уделяется совершенствованию технологической схемы гидрометаллургической переработки техногенных отходов (хвостов), флотационному обогащению медных шлаков путем смешивания их с полиметаллическими рудами, сравнению технологических показателей флотационного обогащения руд, измельченных стальными шарами и конвертерными шлаками и определению оптимальных режимов.

В республике достигнуты определенные результаты по переработке шлаков кислородно-факельной плавки, флотационного обогащения шлаков конвертирования медных штейнов с извлечением меди в концентрат, разработке оптимальных технологических режимов переработки техногенных отходов. В Указе Президента Республики Узбекистан определены такие важные задачи, как: «Создание широких возможностей для реализации инновационных проектов по всем направлениям, тесное увязывание научно-исследовательских работ, проводимых в высших учебных заведениях, с практикой, внедрение современных механизмов поддержки инновационных инициатив и исследований....»

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4477 от 4 октября 2019 года «Об утверждении стратегии перехода Республики Узбекистан» на «зеленую экономику на период 2019-2030 годов» № ПП-4715 от 15 мая 2020 года «О мерах по

дальнейшему расширению объемов промышленного производства в Ташкентской области,» № ПП-5159 от 24 июня 2021 года «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей,»<sup>1</sup> а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** Многие ученые проводили научные исследования в области переработки шлаков медеплавильного производства, снижения содержания в них меди, изучения их физико-химического и минералогического состава, извлечения меди из отдельных шлаков или их обезмеживание внутри и вне печи и внесли значительный вклад в развитие металлургии и обогащения полезных ископаемых. В частности, исследования зарубежных ученых: В.П. Быстрова, А.В. Ванюкова, В.А. Ванюкова, В.Ю. Зайцева, В.П. Тарасова, В.В. Мечева, В.Л. Белых, И.Ф. Худякова, С.С. Набойченко, С. Квятковского, А.П. Снурникова, Ю.Б. Шмони́на, Ю.П. Купрякова и ряда других ученых имеют большое значение для переработки шлаков, извлечения из них цветных и благородных металлов, а также их применения.

В Республике Узбекистан разработаны научно-исследовательские работы, посвященные переработке шлаков, в том числе по флотационному обеднению медных шлаков, в частности повышение эффективности переработки шлаков медного производства отражены в научных работах А.А. Юсупходжаева, К.С. Санакулова, А.Х. Хурсанова, М.М. Якубова, А.С.Хасанова, А.У.Самадова, Б.И.Толибова, Д.Б.Холикулова, У.М.Халикулова, А.Н. Шодиева, С.Р. Худоярова, С.А. Абдурахманова, Т.О. Камолова, А.А. Абдукодирова и других.

Переработка медных шлаков, снижение содержания меди в них, изучение их физико-химического и минералогического состава, извлечение меди из отдельных шлаков внутри и вне печи, обогащение медьсодержащих шлаков методом флотации путем смешивания их с полиметаллическими рудами, а затем повторная переработка отходов пирро- и гидрOMETаллургическими способами для извлечения не только цветных и благородных металлов, но и получения железа в качестве отдельного продукта, а также эффективное использование электроэнергии становятся очень актуальными.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего учебного учреждения, где выполняется диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № ПП-5159 от 24 июня 2021 года «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей».

исследовательских работ Государственного унитарного предприятия «Фан ва тараккиёт» при Ташкентском государственном техническом университете имени И.Каримова №02-2088.06.06.2012 г. Работа проведена в рамках хозяйственных договоров между АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» и ГУП «Фан ва тараккиёт» на тему «Применение безотходной, энерго - и ресурсосберегающей экологически чистой технологии производства меди,» а также Ташкентского государственного технического университета №63-9845 юр на тему «Применение в производстве конвертерного шлака и оборотных материалов медеплавильного завода, клинкера цинкового завода с получением дополнительных металлов в результате их переработки» (2021-2022 гг.).

**Целью исследования** является совершенствование технологий обогащения шлаков медеплавильного завода и руд месторождения Кальмакыр флотационным методом, а также гидрометаллургической переработки образующихся при этом отходов.

**Задачи исследования:**

исследование количественного, минералогического строения и химических соединений Кальмакырской сульфидной руды и конвертерного шлака медеплавильного завода;

обоснование и применение способа переработки конвертерных шлаков в качестве мелющей среды при измельчении сульфидных руд месторождения Кальмакыр;

сравнение технологических показателей флотационного обогащения руд, измельченных стальными шарами и конвертерным шлаком с определением оптимальных параметров;

исследование флотуемости руд и шлаков в зависимости от мелющей среды, выбор режима реагентов и обоснование практических факторов обжига и выщелачивания образующихся отходов;

разработка и рекомендация технологической схемы пиро- и гидрометаллургической переработки техногенных отходов (хвостов) и усовершенствованной схемы цепи аппаратов.

**Объектом исследования** являются сульфидная руда месторождения Кальмакыр АО «Алмалыкский ГМК», конвертерный шлак медеплавильного завода и жидкие техногенные отходы «хвосты», а также отвальные шлаки, их минералогический и химический состав, формы нахождения меди в них, основные оксидные и сульфидные соединения.

**Предметом исследований** является технология измельчения сульфидных руд месторождения Кальмакыр с использованием конвертерных шлаков вместо стальных шаров, их сравнение, обогащение измельченного сырья методом флотации и совершенствование технологии переработки отходов пиро- и гидрометаллургическим способом.

**Методы исследований.** При выполнении диссертационной работы использованы современные теоретические и практические комплексные методы исследования, физико-химические методы анализа, в том числе

электронно-микроскопический и рентгенофазовый анализ, масс-спектрометрический анализ (ICP-MS), фотоколориметрия, атомно-абсорбционный анализ .

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

научно обосновано образование сульфидной суспензии в шлаках медеплавильного завода, ее коалесценция, изменение структуры кристаллизации под воздействием температуры;

установлено, что на увеличение степени измельчения шлака и снижение энергозатрат на 30% влияют термическое напряжение, кристаллизация основных соединений в шлаке и скорость охлаждения;

создана и научно обоснована схема цепи аппаратов флотационного обогащения измельченных руд конвертерными шлаками;

разработаны оптимальные режимы обжига и выщелачивания отходов, образующихся при обогащении шлаков и руд в определенном режиме;

разработана технологической схемы цепи аппаратов гидromеталлургической переработки жидких отходов, образующихся при флотационном обогащении шлаков.

**Практические результаты исследования** следующие:

в процессе измельчения и флотации в отдельном цикле и при измельчении и флотации шлака совместно с рудой в соотношении 1:1, содержание меди составило 2,14%, в отходах его содержание составило 0,20%, степень извлечения составило 82,86% - 88,5%, также обосновано, что в результате использования твердого шлака вместо шаров для измельчения руд на 2-й медно-обогатительной фабрике производительность мельницы снизилась на 5,6%, при этом одновременно достигнута экономия электроэнергии на 20,5%;

разработана усовершенствованная технология, при которой полученные отходы сначала обжигали пирометаллургическим способом, затем выщелачивали в серной кислоте с отдельным извлечением меди и железа.

**Достоверность результатов исследования** обоснована автором путем проведения научных экспериментов сначала в лабораторных условиях, затем обсуждения полученных результатов, выбора оптимального технологического режима, проведения полупромышленных экспериментов на опытно-обогатительной фабрике комбината, результатами анализа, подтверждающими достоверность результатов, а также современными методами физико-химического анализа, исследованиями аккредитованной центральной аналитической лаборатории АО «Алмалыкский ГМК» по результатам производственных испытаний.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в эффективности совместной флотации измельченного шлака с сульфидной рудой, что объясняется изучением минералогического и химического состава полученных продуктов, расходом реагента при флотационном обогащении,

степенью измельчения и, самое главное, высокой степенью извлечения меди в концентрат, а также низким расходом электроэнергии на этот процесс.

Практическая значимость исследования заключается в том, что за счет увеличения скорости вращения мельницы значительно повысилась ее производительность, степень извлечения меди в концентрат при обогащении руды и шлака в соотношении 1:1 во время флотации составила 82,86%, а отходы флотационного обогащения после обжига перерабатываются гидрометаллургическим методом, что служит для разработки способа извлечения остаточной меди и железа в отдельные продукты.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных результатов по научному обоснованию разработки технологии переработки техногенных отходов производства меди достигнуто следующее:

схема цепи аппаратов флотационного обогащения измельченных руд конвертерными шлаками была применена в процессе флотационного обогащения конвертерного шлака медеплавильного завода на 2-й медно-обогатительной фабрике комбината (справка АО "Алмалыкский горно-металлургический комбинат" № SL-0555 от 27 июня 2024 г.). В результате степень извлечения меди увеличилась на 2-3,5%, а расход электроэнергии в процессе измельчения сократился на 20,5%, что позволило получить экономический эффект;

технология переработки техногенных отходов производства меди, внедрена на 2-й медно-обогатительной фабрике комбината в процессе обогащения конвертерного шлака медеплавильного завода методом флотации (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» № SL-0555 от 27 июня 2024 г.). В результате удалось получить медный концентрат с содержанием Cu 14,7% при извлечении 85,93%, содержание Cu в хвостах составило 0,33%, а также железо.

**Апробация работы.** Результаты данного исследования были обсуждены на 6 конференциях, в том числе на 2 республиканских научно-практических и 4 международных конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, из которых 6 опубликованы в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 114 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснованы актуальность и необходимость темы диссертации, сформулированы цель и задачи, указаны объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным

направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, приведены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована их достоверность, раскрыта теоретическая и практическая значимость результатов, представлены сведения о внедрении разработок, результатах апробации работы и опубликованных трудах, а также о структуре диссертации и внедрении результатов исследования в практику.

В первой главе диссертационной работы под названием **«Теоретический и литературный анализ современного состояния технологий переработки сырья и техногенных отходов в медном производстве»** проанализированы научные исследования, посвященные тому, что основная часть мирового производства меди приходится на пирометаллургические методы, образованию большого объема медьсодержащих шлаков в процессе плавки и вопросам их переработки. Приводятся статистические данные об объеме производства меди в мире и соответствующем выходе шлаков. Обоснована актуальность переработки существующих шлаков, содержание в них золота, серебра и других ценных металлов, а также необходимость их восстановления с экономической и экологической точек зрения.

На основе существующих научных источников указаны минералогический и химический состав шлаков, формы нахождения меди в них, причины потери основных оксидных и сульфидных соединений. Проведен сравнительный анализ опыта переработки конвертерных и кислородно-печных шлаков в отдельных странах, эффективности извлечения меди, технологических схем и технико-экономических показателей.

Отражены тенденции применения пирометаллургических, гидрометаллургических, электрометаллургических и флотационных технологий для переработки шлаков в мире и на территории СНГ, их преимущества и недостатки, результаты лабораторных и промышленных испытаний. В частности, отдельно рассмотрены такие направления, как медленное охлаждение шлаков, измельчение, обогащение меди и других металлов флотацией, а также направление шлаков на производство цемента и строительных материалов.

Во второй главе диссертационной работы под названием **«Методы проведения экспериментов по измельчению, флотационному обогащению медных руд и шлаков и гидрометаллургическим процессам, обоснование объектов исследования»** обоснованы методы проведения

**Таблица 1.**

**Результаты химического анализа руды и шлака**

Состав, %	Шлак	Руда
Медь (Cu)	2,02	0,5
Цинк (Zn)	0,15	-
Молибден (Mo)	-	0,016
Железо (Fe)	48,45	6,85
Сера (S)	0,5	1,27

Оксид алюминия (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1,44	17,72
Оксид кремния (SiO <sub>2</sub> )	27,74	53,57
Оксиды кальция (CaO)	1,56	0,84
Оксид магния (MgO)	0,22	3,03

экспериментов по измельчению, дроблению и флотационному обогащению руд месторождения Кальмакыр и медеплавильных шлаков, а также объекты исследования, разработаны методики определения коэффициента измельчения и приведены в последовательности.

Фазовый и химический анализ руды Кальмакыр и конвертерного шлака приведены в табл 1 и 2.

При проведении экспериментов были определены основные физико-химические свойства руд и шлаков, в том числе условия измельчения в мельнице, материальный состав, минералогическое строение, а также количество и концентрация реагентов, необходимых для процесса флотации. При этом оптимизированы основные технологические параметры, такие как скорость вращения мельницы, коэффициент заполнения мелющими телами и размер частиц.

**Таблица 2.**

### Результаты фазового анализа соединений меди

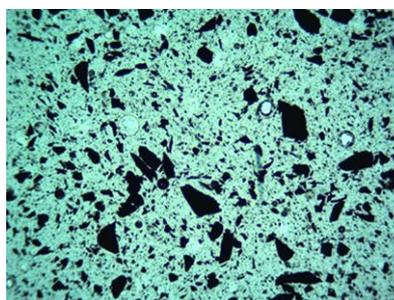
Образец	Абсолютное, %				Относительное, %			
	Cu общая	Cu первичная	Cu вторичная	Cu оксидная	Cu общая	Cu первичная	Cu вторичная	Cu оксидная
Шлак	2,07	0,11	1,5	0,46	100	5,32	72,48	22,2
Руда	0,54	0,42		0,12	100	77,9		22,1

Фазовый анализ соединений меди в шлаке представлен в табл 3.

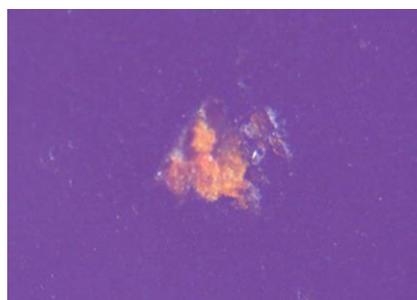
**Таблица 3.**

### Результаты фазового анализа соединений меди

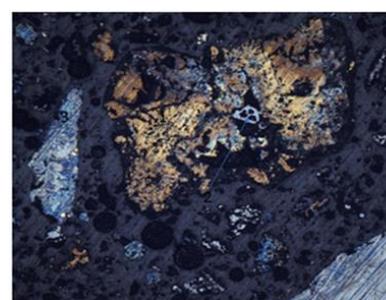
Содержание меди, %				Распределение меди, %			
Общее	I- сульфид	II- сульфид	оксид	Общее	I- сульфид	II- сульфид	оксид
2,89	0,46	2,23	0,20	100	14,3	76,70	9,00



**Рис. 1.** Шлак, увеличенный в 40 раз. Связующая масса имеет стекловидную основу.



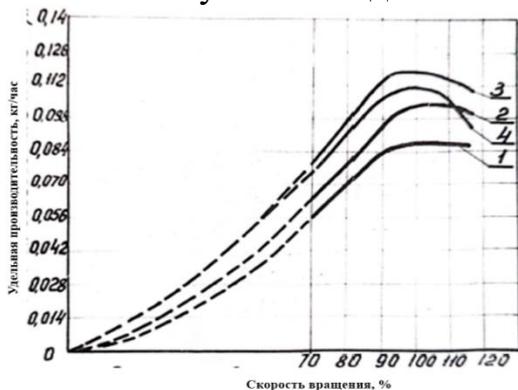
**Рис. 2.** Показывает наличие хорошо восстановленного медного штейна в составе шлака, который имеет медно-красный цвет.



**Рис. 3.** Борнит (1), халькозин (2), ковеллин (3). Увеличение 100х

Представлена методика обогащения руд и хвостов методом общей и селективной флотации, эффективность измельчения, способы приготовления флотореагентов с указанием их количества и концентрации для разбавления, а также расчеты по формулам. Из приведенных рисунков и таблиц видно, что соединения меди в основном представлены в виде сульфидов - искусственного халькозина, ковеллина и борнита. При этом соединения меди хорошо поддаются флотации.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «Переработка конвертерных шлаков в качестве мелющих тел при измельчении медных руд», подробно проанализированы результаты лабораторных и полупромышленных экспериментов, проведенных с целью изучения возможности использования конвертерных шлаков в качестве, мелющих тел. На современных обогатительных фабриках в качестве мелющих тел обычно используются стальные шары, однако замена их конвертерными шлаками является актуальной задачей с технической и экономической точки зрения.



**Рис. 4. Зависимость удельной производительности мельницы от скорости вращения и степени заполнения мельницы материалом.**

Первоначальные эксперименты были направлены на определение оптимальной скорости вращения мельниц и оценку эффективности использования конвертерного шлака в качестве измельчающего материала. Результаты показали, что производительность мельницы снижается на 1,5-5,6% при использовании конвертерных шлаков по сравнению со стальными шарами, однако потребление электроэнергии уменьшается на 17-20,5%. Это демонстрирует высокую эффективность с точки зрения энергосбережения.

Как видно из графика, коэффициент заполнения при определении оптимальной скорости вращения мельниц составил: 1 - 40%; 2 - 55%; 3 - 60%, 4 - 65%, а оптимальная скорость вращения мельниц составила 90+96% от критической, а коэффициент заполнения 62%. Полупромышленные испытания проводились на мельницах с центральной загрузкой. Был определен гранулометрический состав и масса шлаков, загружаемых в мельницу, в результате чего объем шлаков составил 53,8% от объема мельницы.

**Таблица 4**

**Удельная производительность мельниц по классу -0,074 мм, кг/л\*час**

Коэффициент заполнения, %	Скорость вращения мельниц, % от критической			
	75	85	95	110
50	0,065	0,078	0,086	0,087
55	0,075	0,086	0,110	0,101
65	0,090	0,110	0,119	0,112
70	0,090	0,110	0,115	0,094

Стальные шары 50	0,120	-	-	-
---------------------	-------	---	---	---

Таблица 5.

**Показатели работы мельницы в сменах при измельчении руды с использованием конвертерного шлака (скорость вращения мельницы 85,0 % от критической)**

Смена	Производительность мельницы, т/час			Плотность твердого в пульпе, %	Выход класса — 0,074 мм в пульпе, %	Расход электроэнергии, кВт-ч/т	
	По руде	По классу - 0,074 мм	По объему мельницы			Руды	По классу - 0,074 мм
1	1,88	1,18	0,28	32	61,1	26,6	46,1
2	1,37	0,87	0,24	29	51,0	27,8	57,0
3	1,89	0,89	0,20	30	50,2	31,9	62,1
4	2,28	1,27	0,35	31	60,0	23,0	47,9
5	2,27	1,29	0,28	32	51,2	22,6	47,0
6	2,39	1,25	0,31	30	52,5	23,4	45,0
7	2,46	1,28	0,32	33	54,2	19,3	36,2
8	2,43	1,59	0,39	29	66,9	18,5	28,9
Среднее	2,12	1,20	0,29	30	55,8	24,1	46,2

Сравнение средних результатов в приведенных таблицах показало, что производительность как по руде, так и по переизмельченному классу 0,074 мм увеличивается за счет увеличения числа оборотов мельниц относительно критического от 80 до 100%. Расход электроэнергии увеличивается в диапазоне исследуемых скоростей от 80% до 85,0% от критической, где расход электроэнергии составляет около 38,1 кВт/т, затем падает при 90,0% и снова возрастает при увеличении до 100. Из этого следует, что оптимальная эффективная скорость находится в диапазоне 90,0 + 99% от критической, где наблюдалось увеличение расхода электроэнергии до 46,3 кВт/т.

Были изучены результаты флотации руд, измельченных с использованием стальных шаров и конвертерных шлаков.

Таблица 6.

**Показатели цикла флотации руды, измельченной стальными шарами**

Смена №	Расход реагентов г/т			Выход концентрата, %	Содержание меди, %			Извлечение меди, %
	Сульфид натрия	Ксантан	Пиридин		Руда	Концентрат	Хвосты	
1	100	110	130	10,55	1,70	13,80	0,32	84,6
2	140	120	120	9,50	1,60	14,00	0,30	82,3
3	105	90	95	9,55	1,50	13,00	0,30	82,1
4	140	100	100	9,25	1,40	14,40	0,25	86,3
5	115	85	105	12,00	1,80	13,50	0,30	84,5
6	130	105	110	11,00	1,85	15,65	0,25	88,7
Среднее	121	101	110	10,3	1,64	14,05	0,28	84,7

Таблица 7.

**Показатели цикла флотации руды, измельченной конвертерными шлаками**

Смена №	Расход реагентов г/т			Выход концентрата, %	Содержание меди, %			Извлечение меди, %
	Сульфид натрия	Ксантат	Пиридин		Руда	Концентрат	Хвосты	
1	85	80	63	13,5	2,30	15,16	0,36	86,30
2	150	100	100	7,3	2,10	27,68	0,24	87,10
3	120	120	130	12,50	2,20	14,70	0,26	89,6
4	125	115	140	14,20	2,15	13,20	0,21	89,9
Среднее	120	103	107	11,87	2,18	17,68	0,26	88,2

Таблица 8.

**Цикл флотации руды, измельченной конвертерными шлаками и стальными шарами**

Наименование продуктов	Измельчение стальными шарами			Измельчение конвертерным шлаком		
	Выход, %	Содержание меди, %	Извлечение, %	Выход, %	Содержание меди, %	Извлечение, %
Руда	100	1,70	100	100	2,25	100
Черновой концентрат	19,02	9,15	95,2	19,24	11,41	97,1
Хвосты основной флотации	96,55	0,33	18,5	95,70	0,34	15,9
Промпродукт контрольной флотации	7,73	1,02	4,6	5,58	1,31	3,6
Отходы очистки	7,84	3,32	15,1	9,36	4,25	19,4
Готовый концентрат	11,18	14,20	86,3	9,88	16,25	88,0
Вторичные отходы	88,82	0,26	13,7	90,12	0,22	12,0

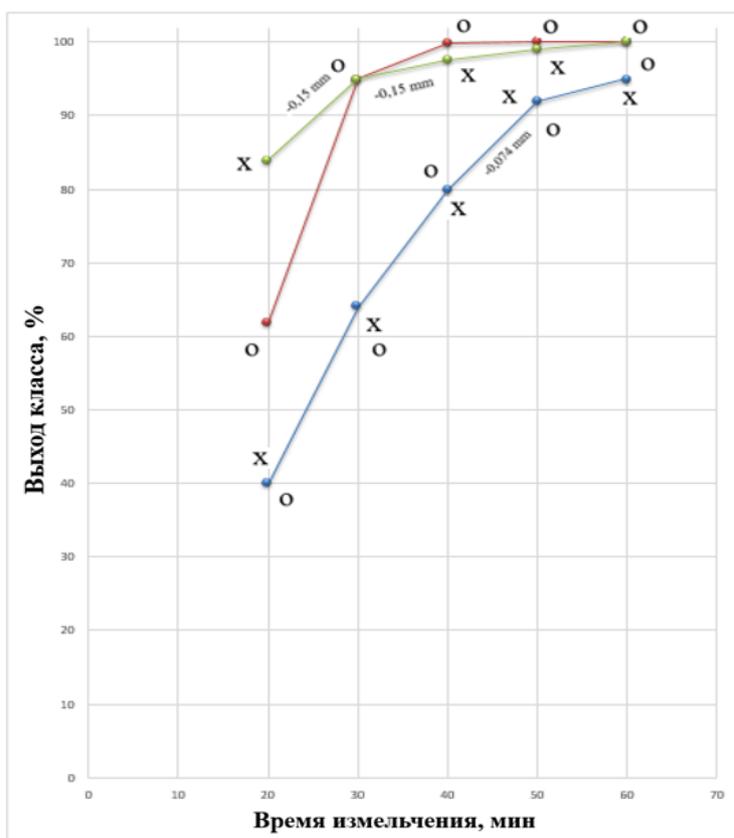
Из представленных выше данных видно, что выход продуктов в обоих случаях остается примерно одинаковым. Однако, если обратить внимание, то в продукте, полученном в результате флотации руды, измельченной конвертерным шлаком, содержание меди несколько выше.

Степень извлечения меди составила 88,5% при измельчении конвертерным шлаком и 86,3% при измельчении стальными шарами. Содержание меди в концентрате составило соответственно 16,25% и 14,20%. Расход реагентов и выход продукта в процессе флотации были практически одинаковыми, что подтвердило возможность лучшего раскрытия поверхности минералов меди при использовании конвертерного шлака.

В четвертой главе диссертации под названием «Технология извлечения меди на основе обогащения конвертерного шлака и руд месторождения Кальмакыр пиро- и гидрометаллургическими процессами» освещены результаты исследований по технологии флотационного обогащения конвертерных шлаков Алмалыкского горно-металлургического комбината и руд месторождения Кальмакыр, а также по гидрометаллургической переработке техногенных отходов. Медная руда, доставленная с месторождения Кальмакыр, подверглась двухстадийному измельчению, и фракция была подготовлена до -0,2 мм. Был проведен гранулометрический и минералогический анализ полученных образцов. Химический состав шлака и руд, а также фазовое распределение соединений меди были показаны в таблицах (например, медь встречается в основном

в сульфидной и металлической форме).

**Рис. 5. Зависимость выхода классов крупности конвертерного шлака и медной руды месторождения Калмакыр от времени измельчения. Продолжительность флотации – 7 мин.**



Примечание: x-Конвертерный шлак, o-Калмакырская руда в естественных условиях при pH = 7,1–7,2. В качестве измельчающих тел отдельно и в смеси изучались стальные шары и конвертерные шлаки.

По результатам:

- в качестве мелющих тел стальные шары: извлечение меди 86,3%, медь в концентрате – 14,2%.
- в качестве мелющих тел конвертерные шлаки: извлечение меди 88,0%, медь в концентрате – 16,25%.
- смешанные мелющие тела (50% стальных шаров + 50% шлака): извлечение меди 87,9%, медь в концентрате 15,9%.

В данном случае отмечается, что использование шлака в качестве мелющих тел снижает энергетические затраты и повышает эффективность извлечения меди.

**Таблица 9.**

**Результаты зависимости извлечения меди при флотации шлака от расхода бутилового ксантогената и реагента СЦМ-2**

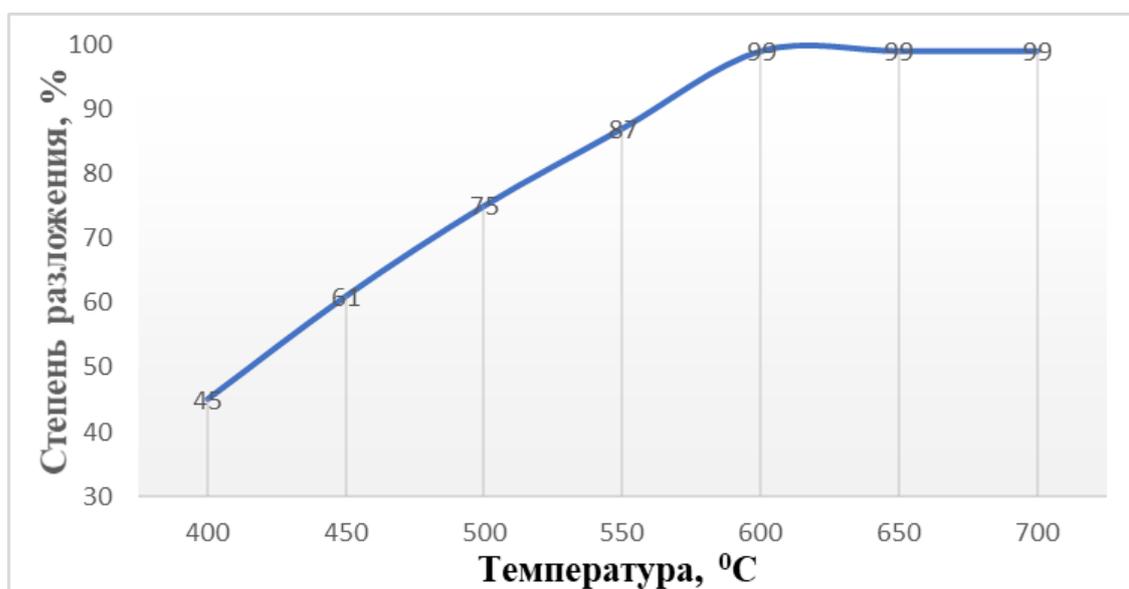
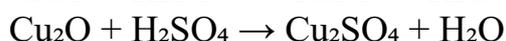
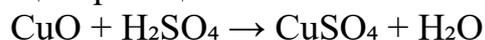
Наименование продуктов	Выход, %	Содержание меди, %	Извлечение меди, %	Расход бутилового ксантогената, г/т	Расход СЦМ-2, г/т	pH среды основной флотации
Медный концентрат	6,17	26,39	69,63			
Медьсодержащий промпродукт	9,17	4,14	16,27	30 +	-	7,1
Хвосты	84,66	0,39	14,10	20		
Шлак	100	2,33	100			
Медный концентрат	5,72	27,72	67,7			
Медьсодержащий промпродукт	9,84	4,8	20,07	50 +	-	7,1
Хвосты	84,44	0,34	12,23	40		
Шлак	100	2,35	100			
Медный концентрат	5,83	27,48	71,05			
Медьсодержащий промпродукт	9,92	4,10	18,1	70 +	-	7,2
Хвосты	84,25	0,29	10,85	60		
Шлак	100	2,25	100			
Медный концентрат	13,74	14,76	85,93			
Медьсодержащий промпродукт	4,92	1,32	2,74	100 +	-	6,9
Хвосты	81,34	0,33	11,33	70		
Шлак	100	2,36	100			
Медный концентрат	7,15	24,28	70,4			
Медьсодержащий промпродукт	7,75	4,27	13,4	-	30 +	6,9
Хвосты	85,1	0,47	16,2		20	
Шлак	100	2,47	100			
Медный концентрат	9,47	19,41	76,67			
Медьсодержащий промпродукт	6,55	2,96	8,08	-	50 +	6,9
Хвосты	83,98	0,44	15,25		30	
Шлак	100	2,40	100			
Медный концентрат	10,7	17,64	78,66			
Медьсодержащий промпродукт	5,5	2,76	6,34	-	70 +	6,9
Хвосты	83,8	0,43	15,0		40	
Шлак	100	2,4	100			

В табл 9. приведены экспериментальные результаты расхода бутилксантогената и СЦМ-2. Условия эксперимента аналогичны предыдущей рабочей серии - процесс проводился в тех же условиях. Класс измельчения рудной массы составил 97 % - 0,074 мм.

Опыт гидрометаллургической переработки техногенных отходов показал, что после флотации техногенные отходы состоят из искусственного фаялита, магнетита и других силикатных минералов, содержащих медь и другие ценные компоненты. Отходы обжигали и выщелачивали раствором серной кислоты.

На основе опытов по обжигу было установлено, что оптимальная температура процесса составляет 600°C, а продолжительность обжига определена как 1 час.

Коэффициент растворимости оксидов меди в растворе серной кислоты зависит от продолжительности процесса, температуры и концентрации растворителя. С учетом этих параметров были проведены опыты по выборочному растворению меди из состава прокаленного материала при различных температурах, продолжительности и концентрации серной кислоты. Оксиды меди при взаимодействии с серной кислотой переходят в раствор согласно следующим реакциям:

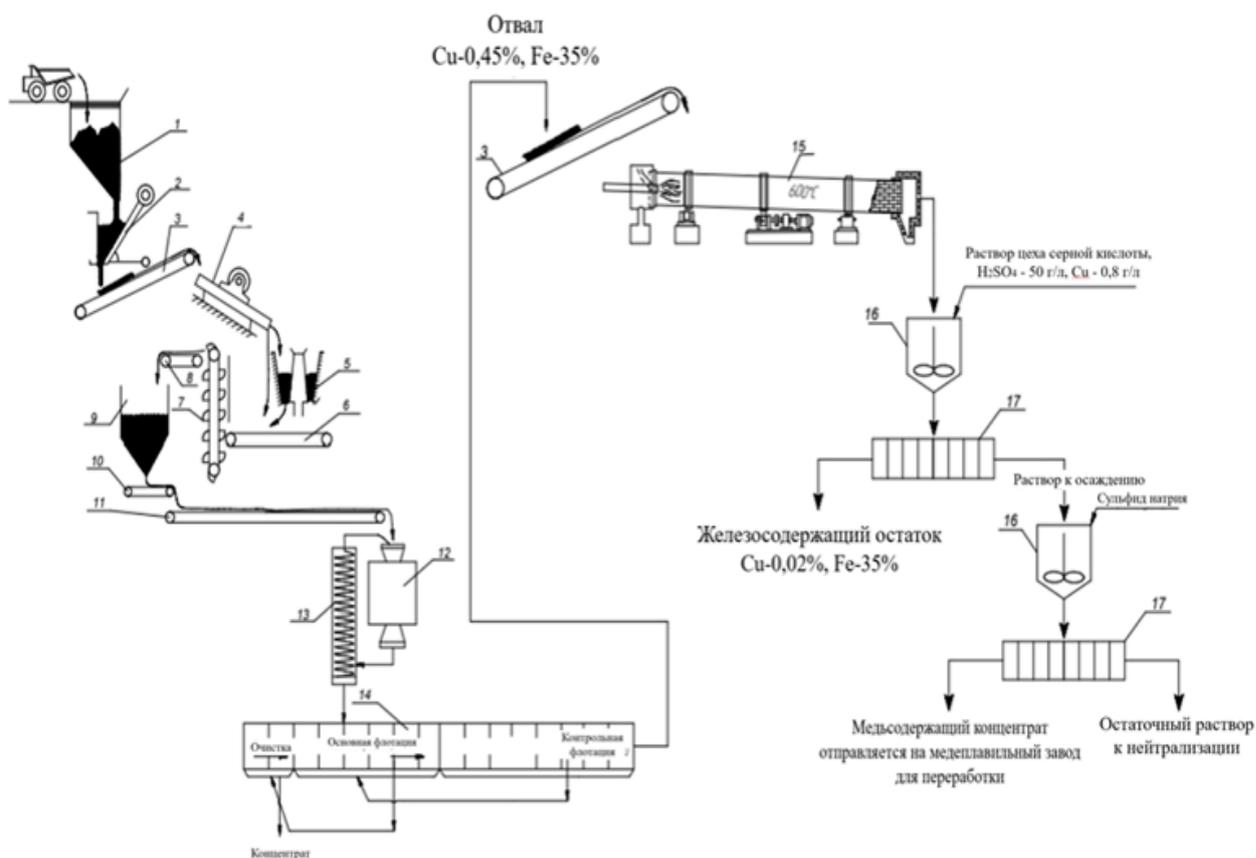


**Рис. 6. Зависимость степени разложения фаялитного соединения в составе техногенных отходов от температуры процесса**

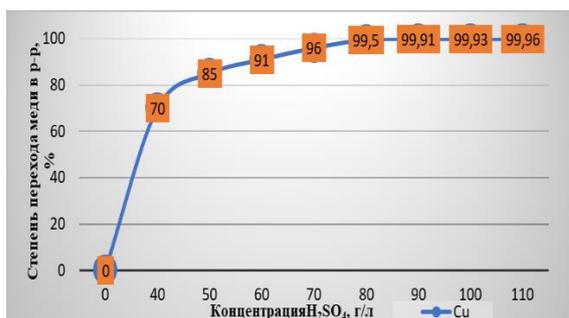
При концентрации раствора серной кислоты 80 г/л, температуре 60°C и времени обработки 1 час удалось перевести в раствор 80–85 % меди. Медные ионы из раствора были осаждены с использованием сульфида натрия, с восстановлением в виде медного сульфида (рис 6–8).

После завершения процесса выщелачивания, раствор с медью отделялся от осадка методом фильтрации. Фильтрация проводилась в нутч-филт্রে

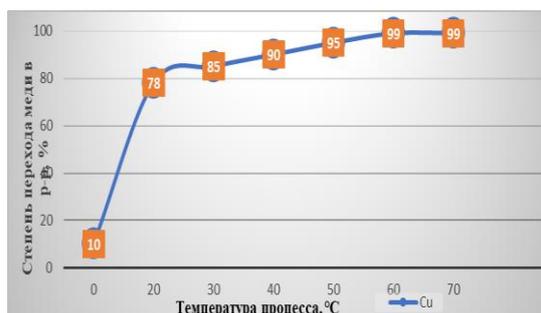
объемом 0,4 м<sup>3</sup>, изготовленном из кислотостойкого сплава, с использованием вакуумного насоса. В полученный раствор вводилось количество сульфида натрия, эквивалентное содержанию меди, умноженному на коэффициент 1,25, чтобы осадить ионы меди в виде сульфида. Осаждение проводилось в реакторе с мешалкой в течение 30 минут.



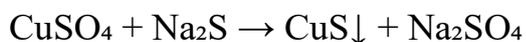
**Рис. 9. Схема цепи аппаратов для переработки техногенных отходов при производстве меди**



**Рис. 7. Зависимость степени перехода меди в раствор от концентрации серной кислоты**



**Рис. 8. Зависимость степени перехода меди в раствор от температуры процесса**



После полного осаждения медных ионов раствор декантировался, осадок сушился и анализировался по содержанию меди.

По данной технологии (рис. 9) производительность мельницы снизилась на 29,6% по сравнению с переработкой самой руды. Результаты экспериментальных испытаний двухстадийной обработки смеси конвертерного шлака с медной рудой в соотношении 1:1 показали следующие показатели: при содержании меди в смеси конвертерного шлака и руды 2,32% удалось получить концентрат с выходом 19,2%, при этом степень извлечения меди в концентрат составила 75,64%. Содержание меди в отходах составило 0,25%.

С экономической точки зрения наиболее приемлемым и предлагаемым вариантом является совместная переработка сульфидных медных руд с добавлением конвертерных шлаков для измельчения, однако в промышленных масштабах рекомендуется их флотация в отдельной моносекции, а флотация конвертерного шлака - отдельно.

Составлен материально-технический баланс экспериментов по гидрометаллургической переработке отходов производства меди и отдельно рассчитаны такие процессы, как обжиг, селективное выщелачивание, фильтрация, при которых степень извлечения меди составила 93,5%.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему «Разработка технологии переработки техногенных отходов медного производства» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Лабораторные и полупромышленные эксперименты доказали возможность переработки конвертерных шлаков методом флотации.

2. Использование конвертерных шлаков вместо стальных шаров в процессе измельчения показало, что оптимальная скорость вращения мельницы совпадает с критической скоростью. При этой скорости производительность мельницы была выше, чем при измельчении стальными шарами, и достигла 94,4%, кроме того, было достигнуто снижение потребления электроэнергии на 20,5%. Расход конвертерного шлака в цикле измельчения составил 3% от общей массы руды.

3. В период экспериментальных испытаний были зафиксированы следующие технологические показатели: при измельчении руды, содержащей 1,70% Cu, стальными шарами был получен концентрат, содержащий 14,20% Cu, при этом степень извлечения меди в концентрат составила 86,3%. Доля меди во вторичных отходах составила 0,26%.

4. При измельчении руды конвертерным шлаком полученная смесь содержала 2,25% меди, при флотации которой был получен концентрат, содержащий 16,25% Cu. Степень извлечения составила 88,5%. Содержание Cu в хвостах составило 0,22%, что в свою очередь позволило

усовершенствовать технологию отдельного извлечения меди и железа гидromеталлургическим методом.

Испытания по переработке конвертерных шлаков в отдельном цикле показали, что рациональная схема их переработки включает двухстадийное измельчение с флотацией в каждом промежуточном цикле.

С экономической точки зрения наиболее оптимальным и предлагаемым вариантом является совместная переработка сульфидных медных руд с добавлением конвертерного шлака для измельчения.

5. По приведенной выше схеме из шлака, содержащего 2,36% Cu, удалось получить концентрат с содержанием меди 14,7%, степень извлечения меди составила 85,93%. Содержание Cu во вторичных отходах составила 0,33%.

В этом случае производительность мельницы снижается на 38%, а расход электроэнергии и стальных шаров увеличивается на 92% и 62% соответственно. Расход ксантогената также увеличивается в 1,5 раза.

6. Результаты двухстадийной переработки конвертерного шлака с медной рудой в соотношении 1:1 показали следующие результаты: при содержании меди в смеси конвертерный шлак + руда 2,32% удалось получить концентрат с содержанием меди 19,2%, степень извлечения меди в концентрат составила 75,64%. Содержание меди в отходах составила 0,25%. При этом по сравнению с переработкой только руды производительность мельницы снизилась на 29,6%, а расход электроэнергии увеличился на 58,8%, расход стальных шаров также увеличился на 48,5%, а расход ксантогената увеличился в 1,7 раза. Из-за этого вместо стальных шаров использовано твердые конвертерные шлаки

7. Обжиг проводили при 600 °С в течение 1 ч. Полученный огарок выщелачивали раствором серной кислоты концентрацией 80 г/л при температуре 60 °С в течение 1 ч. В раствор переходит до 85 % меди, после чего её осаждают раствором Na<sub>2</sub>S; образуется дополнительный медный кек.

8. В результате экспериментов по пиро-гидрометаллургической переработке отходов производства меди создана технологическая схема цепи аппаратов. Разработана последовательность процесса и составлен материально-технический баланс и отдельно рассчитаны такие процессы, как низкотемпературный обжиг, сернокислотное выщелачивание с последующей фильтрацией, в которых теоретически и практически доказано, что при этом степень извлечения меди составляет 93,5%.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.22/30.12.2019. T.9 8.01 FOR  
THE AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE BRANCH  
OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
«MISIS» IN THE CITY OF ALMALYK**

---

**NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES**

**YUSUPOV URAL SADULLAEVICH**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PROCESSING  
TECHNOGENIC WASTE FROM COPPER PRODUCTION**

**05.02.01 — Materials Science in Mechanical Engineering. Foundry. Thermal and  
Pressure Treatment of Metals. Metallurgy of Ferrous, Non-ferrous, and Rare Metals.  
(Technical Sciences)**

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

**Almalyk – 2025**

**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 Innovations of the Republic of Uzbekistan under No. B2025.1. PhD/T4148.**

The dissertation was completed at Navoi state university of mining and technologies.

The abstract of the dissertation is available in three languages (Russian, Uzbek, English (summary)) on the Scientific Council's website ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) and on the «ZiyoNet» Information and Educational Portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Research advisor:</b>	<b>Khasanov Abdirashid Salievich</b> Doctor of Technical Sciences, Professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Kholikulov Doniyor Bakhtiyorovich</b> Doctor of Technical Sciences, Professor
	<b>Tolibov Bekhzod Ibromkhimovich</b> Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
<b>Leading organization:</b>	<b>Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan</b>

The dissertation defense will take place on «4» september 2025 at 14<sup>00</sup> during the meeting of the Scientific Council DSc.22/30.12.2019.T.98.01 at the National University of Science and Technology MISIS in Almalyk. Address: 56 Amir Temur Street, Almalyk 110101. Tel.: (+99870) 614-22-82, e-mail: [info@misis.uz](mailto:info@misis.uz).

The dissertation can be accessed at the Information Resource Center of the Almalyk branch of the National University of Science and Technology MISIS (registered under №.25-39-Д). Address: 56 Amir Temur Street, Almalyk 110101. Tel.: (+998 70) 614-22-82.

The dissertation abstract was distributed on «22» august 2025).  
(distribution registry protocol №.30 dated «22» august 2025).

**F.Ya. Umarov**  
Chairman of the Scientific Council for Awarding Academic Degrees  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**G.S. Nutfulloev**  
Scientific Secretary of the Scientific Council for Awarding Academic Degrees  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**Sh.Sh. Zairov**  
Chairman of the Scientific Seminar  
under the Scientific Council for Awarding Academic Degrees  
Doctor of Technical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the study** is to improve flotation enrichment technologies for copper smelting plant slags and ores from the Kalmakyr deposit, which are local secondary man-made waste, as well as to enhance the hydrometallurgical processing of the waste resulting from this process.

**The object of the study** is the sulfide ore of the Kalmakyr deposit of JSC "Almalyk MMC," converter slag of the copper smelting plant and liquid technogenic tailings and the mineralogical and chemical composition of slags, the forms of copper preservation in them, basic oxide and sulfide compounds.

**The scientific novelty of the research consists of the following:**

the processes of sulfide suspension formation, its coalescence, crystal structure formation, and its alteration under temperature influence in sulfide copper ores and copper smelting plant slags have been scientifically substantiated.

it has been established that slag grinding efficiency increases with higher thermal stresses, crystallization, and two-stage cooling rate of slags, which improves flotation efficiency and reduces grinding energy costs by 30%.

a scientifically substantiated apparatus chain scheme for beneficiation of ores ground in slag during flotation has been developed.

an optimal roasting and leaching regime for processing waste obtained from the optimal reagent regime of flotation beneficiation of slags and ores has been developed.

a technological scheme for hydrometallurgical processing of slag waste (tailings) after flotation has been developed and recommended for implementation.

**Implementation of the research results.** Based on the obtained scientific results on the scientific substantiation of the development of a technology for processing technogenic waste from copper production:

The scheme of the apparatus chain for enriching crushed ores with converter slags by the flotation method was implemented in the process of enriching the converter slag of the copper smelting plant by the flotation method at the 2nd copper processing plant of the plant (certificate of JSC "Almalyk Mining and Metallurgical Combine" No. SL-0555 dated June 27, 2024). As a result, the degree of copper extraction increased by 2-3.5%, and the electricity consumption during the grinding process was reduced by 20.5%;

The technology for processing copper production technogenic waste has been implemented in the flotation process of the copper smelting plant's converter slag at the plant's 2nd copper processing plant (certificate of "Almalyk Mining and Metallurgical Combine" JSC No. SL-0555 dated June 27, 2024). As a result, 14.7% Cu concentrate was obtained, which is 85.93%, the Cu method in the secondary waste is 0.33%, and copper and iron were extracted.

**Structure and volume of the dissertation.** The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The dissertation comprises 114 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I boʻlim (I часть, part I)**

1. Юсупов У.С., Хасанов А.С. Исследования по переработке охлажденных твердых шлаков // «Sanoatda raqamli texnologiyalar» ilmiy-texnik jurnali. – Qarshi, 2024. – №4 – С. 65-69 (05.00.00)
2. Кобилев А.О., Усманкулов О.Н., Юсупов У.С., Маткаримов А.Т. Извлечение ценных компонентов из техногенных отходов после флотации медных шлаков // Universum: технические науки. – Москва, 2023. №12-2 (117). – С. 64-68. (05.00.00)
3. Юсупов У.С., Усманкулов О.Н., Муминов Ф.Ю. Разработка технологии извлечения цветных и драгоценных металлов из вторичного сырья // Universum: технические науки. – Москва, 2023. № 6-1 (111). – С. 42-46. (05.00.00)
4. Хасанов А.С., Юсупов У.С., Усманкулов О.Н., Баратов Н.Я. Способ переработки техногенных отходов медного производства // "Sanoatda raqamli texnologiyalar" ilmiy-texnik jurnali. – Qarshi, 2023. № 2. — С. 123-128. (05.00.00)
5. Xasanov A.S., Yusupov U.S., Usmankulov O.N. Mis ishlab chiqarishda hosil boʻladigan texnogen chiqindilarni qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish // Oʻzbekiston konchilik xabarnomasi ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali. Navoiy, 2024. – № 1. – С. 31-33. (05.00.00)
6. Юсупов У.С., Хасанов У.А., Курбонов Б.Т., Эргашев М.А. Сульфидли маъдан ва мисли тошқолларни бирга қайта ишлаш технологияси // Oʻzbekiston Kompozitsion materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. – Toshkent, 2024. – №4. – С. 121-127. (05.00.00)
7. А.О. Қобилев, У.С. Юсупов, О.Н. Усманкулов. Иккиламчи хом ашёлардан рангли ва қимматбаҳо металларни ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш // Oʻzbekiston Kompozitsion materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. – Toshkent, 2023. – №2. – С. 154-157. (05.00.00)
8. Юсупов У.С., Усманкулов. О. Н., Эргашев М. А., Мамаисакова З. Б. (2025). Технология переработки техногенных отходов гидрметаллургическом методом // «Sanoatda raqamli texnologiyalar» ilmiy-texnik jurnali. – Qarshi, 2025. – №2 – С. 10-15 (05.00.00)

**II бўлим (II часть; part II)**

1. Норхуджаев Ф.Р., Хасанов У.А., Турдиева А.Ё., Юсупов У.С., Влияние магнетита в шлаке при плавке меди в отражательных печах // Mashinasozlikda materialshunoslik, payvandlab ishlab chiqarish, materiallar olish va ishlov berishning innovatsion texnologiyalarining dolzarb muammolari-2024

respublika ilmiy-texnik anjumani materiallar to'plami – Olmaliq, 16 – 17 Oktyabr. – 2024-y. – С. 20-23.

2. Хасанов А.С., Юсупов У.С. Изучение условия равновесия при снижении растворимости расплава // «Перспективы геологии, горно-металлургической и нефтегазовой отраслей юга республики» международная научная и научно-техническая конференция – Termiz, 22 – 23 Noyabr. – 2024 yil. – С. 624-630.

3. Хасанов А.С., Юсупов У.С. Кинетика восстановления магнетита шлакового расплава // «Перспективы геологии, горно-металлургической и нефтегазовой отраслей юга республики» международная научная и научнотехническая конференция – Termiz, 22 – 23 Noyabr. — 2024 yil. – С. 622-624.

4. Юсупов У.С. Переработка шлаков МПЗ флотацией // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции с международным участием на тему: «Перспективы развития производства, науки и образования в области технологических металлов» АФ НИТУ МИСИС Алмалык, 2-3 июня 2025 г.

5. Юсупов У.С. Изучение фазового состава шлаков // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции с международным участием на тему: «Перспективы развития производства, науки и образования в области технологических металлов» АФ НИТУ МИСИС Алмалык, 2-3 июня 2025 г.

6. 6. Абдурахмонов Д.Д., Хасанов У.А., Юсупов У.С. Выполнение прогнозных плановых показателей с учетом экологического улучшения и сохранением естественности природной среды // «Кончилик ва металлургия фанининг долзарб масалалари» мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани материаллари – Олмалик ш., 23 сентябрь 2023 йил.