

**QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI**

PhD.03/2025.27.12.T.17.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH

**TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI**

RAJABOV SHAHBOZ XOLMAMAT O‘G‘LI

**XONDIZA KONI POLIMETALL RUDALARIDAN RUX BOYITMASINI
AJRATIB OLISH TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH**

04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish

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

Qarshi – 2026

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya avtoreferati
mundarijasi**

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

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) of technical
sciences**

Rajabov Shahboz Xolmamat o'g'li

Xondiza koni polimetall rudalaridan rux boyitmasini ajratib olish
tehnologiyasini takomillashtirish 3

Ражабов Шахбоз Холмамат угли

Совершенствование технологии извлечения цинкового концентрата
из полиметаллических руд месторождения Хандиза 21

Rajabov Shahboz Kholmamat ugli

Improving the technology for extracting zinc concentrate from
polymetallic ores at the Khandiza deposit 39

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works 42

**QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI**

PhD.03/2025.27.12.T.17.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH

**TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI**

RAJABOV SHAHBOZ XOLMAMAT O‘G‘LI

**XONDIZA KONI POLIMETALL RUDALARIDAN RUX BOYITMASINI
AJRATIB OLISH TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH**

04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish

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

Qarshi – 2026

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.4.PhD/T6138 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi Qarshi davlat texnika universitetida-bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.kstu.uz) va “ZiyoNet” Axborot-ta’lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Xakimov Kamol Jurayevich

texnika fanlari falsafa doktori, dotsent

Rasmiy opponenlar:

Almatov Ilhomjon Mirzabek o‘g‘li

texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

Xasanov Adxam Amankulovich

texnika fanlari falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti

“MISiS”ning Olmaliq shahridagi filiali

Dissertatsiya himoyasi Qarshi davlat texnika universiteti huzuridagi PhD.03/2025.27.12.T.17.04 raqamli Ilmiy kengashning 2026-yil “25” aprel soat 14⁰⁰ 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. Qarshi davlat texnika universiteti majlislar zali)

Dissertatsiya bilan Qarshi davlat texnika universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№174 raqami bilan ro‘yxatga olingan). Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik shoh ko‘chasi, 225-uy. Tel: (75) 220-09-24.

Dissertatsiya avtoreferati 2026-yil “16”aprel kuni tarqatildi.
(2026-yil “16” apreldagi №2-26 raqamli reestr bayonnomasi).



A.N. Shodiyev

Ilmiy darajalar beruvchi

Ilmiy kengash raisi, t.f.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.f.d., professor

KIRISH (Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda rangli metallurgiya sanoatining jadal rivojlanishi polimetall rudalarni kompleks o'zlashtirish va ularni chuqur qayta ishlash zarurati bilan uzviy bog'liqdir. Polimetall rudalar tarkibining ko'p komponentlilik, mineral fazalarning murakkab mineralogik tuzilishga ega ekanligi, foydali minerallarning bir-biri bilan zich bog'langan va nozik tarqalgan holatda uchrashi ularni boyitish jarayonini sezilarli darajada murakkablashtiradi. Ayniqsa, mis, qo'rg'oshin, rux va pirit minerallarining fizik-kimyoviy hamda flotatsion xususiyatlarining o'zaro yaqinligi selektiv ajratish imkoniyatlarini cheklab, an'anaviy flotatsion boyitish texnologiyalarining samaradorligini pasayishiga olib keladi. Shu bois, polimetall rudalarni boyitishda mineral tarkib va flotatsion xususiyatlarning o'ziga xosliklarini hisobga olgan holda, selektivlikni oshiruvchi, reagentlar tizimini takomillashtiruvchi hamda texnologik rejimlarni optimallashtirishga qaratilgan ilmiy asoslangan yangi va samarali texnologik yechimlarni ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Dunyoda polimetall rudalarni qayta ishlash, rangli va qimmatbaho metallarni kompleks ajratib olish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, boyitish fabrikasida chiqindi bilan qimmatbaho komponentlarni yo'qotilishini kamaytirish, shu bilan birga, metallarni ajratib olish darajasini oshirish uchun flotatsion boyitishning takomillashtirilgan sxemasini ishlab chiqish, polimetall ma'danlardan ishlab chiqarilayotgan mahsulotlar hajmini ko'paytirish, xomashyodan kompleks foydalangan holda bir nechta rangli va nodir metallarni ajratib olishning yangi texnologiyalarini ishlab chiqish, ushbu materiallardan metallarni ajratib olish darajasini oshirish uchun mavjud texnologiyalarni takomillashtirishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda kon-metallurgiya sanoatiga, ayniqsa barcha qimmatbaho komponentlarni kompleks ajratib olish maqsadida polimetall rudalarni, xususan rux rudalarini qayta ishlashning takomillashtirilgan texnologiyalarini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda. O'zbekistonni rivojlantirishning yangi strategiyasida "...sanoatni sifat jihatidan yangi bosqichga ko'tarish, mahalliy xomashyo manbalarini chuqur qayta ishlash, tayyor mahsulot ishlab chiqarishni jadallashtirish, yangi turdagi mahsulotlar va texnologiyalarni o'zlashtirish"¹ bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada belgilangan vazifalardan kelib chiqib, Xondiza koni polimetall rudalarini kompleks qayta ishlashning takomillashtirilgan texnologiyasini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son "2022-2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmonida, 2021-yil 24-iyundagi PQ-5159-son "Kon-metallurgiya sanoati va unga bog'liq sohalarni rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi Qarorida, 2020-yil 26-maydagi PQ-4731-son "Olmaliq KMK" AJ konlari negizida rangli va qimmatbaho metallar ishlab chiqarishni kengaytirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi Qarorlari hamda mazkur faoliyatga

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2022 - 2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi 2022 yil 28 yanvardagi №PF-60-son Farmoni

tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi. Mazkur tadqiqot ishi Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning VII. "Yer to'g'risidagi fanlar (geologiya, geofizika, seysmologiya va mineral xomashyolarni qayta ishlash)" ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoni o'rganilganlik darajasi. Rux ishlab chiqarishni rivojlantirish, polimetall rudalarni kompleks qayta ishlash usullarini takomillashtirish, shuningdek, rangli va qimmatbaho metallarni ajratib olish texnologiyalarini ishlab chiqish sohasi rivojiga quyidagi xorijiy va mahalliy olimlar o'zlarining hissalarini qo'shganlar: Johann Christian Ruberg, E. John, A.A. Peretrutov, A.V. Kolesnikov, P.A. Kozlov, T. Chen, J. Hoffman, S.S. Naboychenko, L.K. Gurjar, Arun Kumar Biswas, V.A. Bocharov, V.A. Ignatkina, A.A. Abramov, Hongwei Ying, Yiling Mao, Minhai Wu, X.L. Chjan, Yu.X. Sin, Q.S. Sanakulov, S.G. Abduraxmonov, A.S. Xasanov, X.R. Valiyev, V.P. Guro, S.A. Kenjayeva, R.E. Toshqodirova, B.R.Voxidov va boshqalar tadqiqot ishlari olib borganlar.

Mavjud ishlarni tahlil qilish asosida shuni ta'kidlash kerakki, mineral xomashyoning texnologik xususiyatlarini aks ettiruvchi boyitish sxemalari va rejimlarini takomillashtirish bo'yicha tadqiqotlar o'tkazilgan bo'lib, pirit, pirrotin, sulfidli minerallar va qimmatbaho metallar modifikatsiyalarining xossalari farqini kuchaytirish shartlari aniqlangan. O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida tavsiya etilgan selektiv reagentlar, to'plovchilarning optimal tanlangan kompozitsiyalari, ularning nisbatlari, dozalash sxemasi pirit, pirrotinning flotatsion faolligini pasaytiradi, metallarni ajratib olishni oshiradi. Minerallarning ochilishiga qarab bosqichma-bosqich ajralishi shlamlanuvchanlikni bartaraf etadi, flotatsiyaning alohida sikllarida sharoit yaratadi, jarayondan flotatsion faol pirit va pirrotinni chiqindi mahsulotga, mis, qo'rg'oshin va ruxning turli xil flotatsiyalanadigan minerallarining monomineral fraksiyalarini esa flotatsiya sikllari bo'yicha xomaki boyitmalarga ajratib chiqaradi, bu esa aylanma yuklamalarni kamaytirishga imkon beradi va boyitmalar sifatini oshirishga hamda metallarni ajratib olishni yaxshilashga xizmat qiladi. Ushbu dissertatsiya ishi polimetall rudalarni boyitish jarayonida ruxning boyitmaga ajralish darajasini oshirishga qaratilgan bo'lib, ruxni ajratib olish samaradorligini yaxshilovchi maqbul takomillashtirilgan texnologiyasini ishlab chiqishga bag'ishlangan.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya ishi bo'yicha tadqiqotlar Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq va 59-1156-son "Texnogen chiqindilardan rangli metallarni ajratib olish texnologiyasini takomillashtirish" mavzusidagi ilmiy loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi. Xondiza koni polimetall rudalaridan rux boyitmasini ajratib olish texnologiyasini takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

mis-rux rudalarini boyitish texnologiyasining hozirgi holatini tahlil qilish. Xondiza koni rudalarining moddiy tarkibi va mineralogik tuzilishini o'rganish;

rangli va nodir metallarning yiriklik sinflari va boyitish mahsulotlari bo'yicha taqsimlanish xususiyatlarini o'ziga xosligini tadqiq qilish;

flotatsion boyitish usullarining samaradorligini reagentlar rejimini optimallashtirish orqali tadqiq qilish va flotatsiya texnologik sxemasini takomillashtirish;

Xondiza konining polimetall rudalaridan rux va rangli metallar boyitmasini kompleks ajratib olish texnologiyasini tadqiq qilish va ishlab chiqish, hamda dastgohlar zanjiri sxemasini tuzish;

takomillashtirilgan sxema bo'yicha tajriba-sanoat sinovlarini o'tkazish va ishlab chiqilgan texnologiyaning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini baholash.

Tadqiqotning obyekti sifatida "Olmaliq KMK" AJ Xondiza konining polimetall rudalari olingan.

Tadqiqotning predmeti Xondiza koni rudalarining flotatsion xususiyatlari hamda qonuniyatlariga ilmiy asoslangan holda ularni qayta ishlashning takomillashtirilgan texnologiyasini yaratish hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishini bajarishda zamonaviy tadqiqot usullaridan keng foydalanilgan, xususan, boyitmalar tarkibini fazaviy tahlil qilish, analitik, grafoanalitik va statistik usullar asosida olib borilgan nazariy tadqiqotlar, laboratoriya sharoitida texnologik tajribalar, tajriba-sanoat sinovlari, granulometrik tahlil, zamonaviy fizik-mexanik, kimyoviy va spektral tahlil usullari, Au va Ag miqdorini probirli usulda aniqlash, rentgenfazali va mineralogik tahlillar, elektron mikroskopiya usullaridan keng foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ruxni boyitmaga ajralishini 73,16% gacha va boyitmadagi miqdorini 55,9 % gacha oshirish imkonini beradigan flotatsiya usulida boyitish uchun yangi reagentlar rejimi asoslab berilgan;

ikki bosqichli nazorat flotatsiyasi uchun optimal rejim ishlab chiqilgan bo'lib II-bosqich nazorat flotatsiyasi joriy etilishi hisobiga ruxni ajralishini 12,84% ga oshirilishi asoslangan;

rux boyitmasi tarkibidagi zararli ta'sir etuvchi qo'rg'oshin miqdorini kamaytirishga erishuvchi flotatsiya usulida boyitishning optimal reagentlar parametrlari aniqlangan;

polimetall rudalardan rux va boshqa rangli metallar boyitmasini kompleks ajratib olishning texnologik sxemasi yaratilib, optimal reagentlar rejimi aniqlangan, hamda sanoat miqyosida qo'llanilish uchun mos keladigan dastgohlar zanjiri sxemasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

Polimetall rudalarni flotatsiya usulida boyitish jarayonlari natijalarini "Olmaliq KMK" AJ Xondiza boyitish fabrikasida amaliyotga joriy etish natijasida ishlab chiqarishda qo'shimcha ravishda rux boyitmasi olinishi aniqlangan;

rudalarni flotatsiya usulida boyitish jarayonlari natijasida konditsion rux boyitmasining ajralish xususiyatlari ishlab chiqilgan;

boyitmaga ruxni ajratib olishni ta'minlaydigan ikki bosqichli nazorat flotatsiyasining optimal rejimi ishlab chiqilgan;

rux boyitish sikli uchun optimal flotatsiya sharoitlari ilmiy asoslanib, nazorat bosqichlarida reagentlarning optimal texnologik parametrlari ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Dissertatsiya ishi natijalarining ishonchliligi Xondiza konidagi polimetall rudalarini boyitishda qo'llanilgan zamonaviy tadqiqot usullarining katta hajmi bilan tasdiqlangan bo'lib, laboratoriya sharoitlarida rux boyitmasini olish jarayonida rux va rangli metallarni boyitmaga ajratib olish darajasi oshirilgan va bu natijalar tajriba-sanoat sinovlarida olingan ma'lumotlar bilan isbotlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati flotatsiyaning yangi reagentlar rejimi ilmiy asoslab berilganligi va taklif qilinganligi, bu esa ruxni ajratib olish darajasini 73,16 % gacha oshirish (boyitmadagi Zn miqdori 55,9 %) imkonini berganligi, shuningdek, mineralogik tahlil va boyitmaning kimyoviy tarkibi natijalari o'zaro mosligi aniqlanib, tanlangan reagent rejimining to'g'riligini tasdiqlaganligi: SEM ma'lumotlariga ko'ra boyitmadagi rux miqdori 54,54 % ni tashkil etib, kimyoviy tahlil natijalari (55,9 %) bilan yuqori darajada korrelyatsiya qilinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati qo'rg'oshin miqdorini kamaytirish bilan bir vaqtda konsentratdagi rux miqdorini 55,9% gacha oshirishni ta'minlaydigan ikki bosqichli nazorat operatsiyasi bilan flotatsiyalashning texnologik sxemasini takomillashtirishdan iborat bo'lib, bu rux konsentratlari sifatiga qo'yiladigan sanoat talablariga javob beradi shuningdek reagentlar (yig'uvchi, ko'pik hosil qiluvchi va mis kuporosi) sarfini optimallashtirish flotoreagentlardan oqilona foydalanish va ularning solishtirma xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi, bu esa iqtisodiy samaraga erishishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Polimetall rudalardan rux va rangli metallarni boyitmaga kompleks ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Xondiza konining polimetall rudalaridan ruxni boyitishning texnologik sxemasi "OKMK" AJning Xondiza boyitish fabrikasida amaliyotga joriy etilgan ("Olmaliq KMK" AJning 2025-yil 4-dekabrda 12-25/61-02890-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, ikki bosqichli nazorat flotatsiyasi va II-asosiy flotatsiya bosqichida yig'uvchi va ko'pik hosil qiluvchi reagent miqdorini oshirilishini, shuningdek, II-bosqich nazorat flotatsiyasida reagentlar optimal sarfini (120±60 g/t BKK) oshirishni o'z ichiga olgan bo'lib, bu ruxni ajratib olish darajasini 73,16 % gacha ko'tarish imkonini bergan;

taklif etilgan yangi flotatsiya reagentlar rejimi "OKMK" AJning Xondiza boyitish fabrikasida amaliyotga joriy etilgan ("Olmaliq KMK" AJning 2025-yil 4-dekabrda №12-25/61-02890-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, ruxni ajratib olish darajasini 73,16 % gacha, boyitmadagi Zn miqdorini esa 55,9 % gacha oshirish imkonini bergan;

rux va rangli metallarni ajratib olishning kompleks texnologiyasi "OKMK" AJning Xondiza boyitish fabrikasida amaliyotga joriy etilgan ("Olmaliq KMK"

AJning 2025-yil 4-dekabrda №12-25/61-02890-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, II-asosiy rux flotatsiyasida rux ajratib olish darajasi oshirilgan, II-nazorat flotatsiyasi bosqichining joriy etilishi esa qo'shimcha ravishda ruxni ajratib olish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 13 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan 6 tasi O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi huzuridagi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi tomonidan dissertatsiyalarning asosiy ilmiy natijalarini nashr etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda chop etilgan jumladan, 4 ta respublika va 2 ta xorijiy jurnallarda.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiyaning tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 117 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida ishning dolzarbligi va o'tkazilgan tadqiqotning zarurati asoslanadi, maqsad va vazifalar tavsiflanadi, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatiladi, ilmiy yangilik va amaliy natijalar bayon etiladi, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib beriladi, tajriba-sanoat sinovlari, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Xorijda polimetall mis-rux sulfidli rudalarni boyitish texnologiyasi holatining tahliliy sharhi**" deb nomlangan birinchi bobida zamonaviy adabiyot manbalarining sharhi va tahlili keltirilgan, dunyoning yetakchi kompaniyalari tomonidan polimetall mis-rux sulfidli rudalarni qayta ishlash texnologiyalari ko'rib chiqilgan. Kon-metallurgiya sanoatining zamonaviy rivojlanishi murakkab moddiy tarkibi va foydali minerallarning mayda qo'shilmalari bilan ajralib turadigan mis-rux rudalarini kompleks qayta ishlash zarurligini taqozo etadi. An'anaviy flotatsion boyitish texnologiyalari ko'pincha mis, rux va pirit minerallarining flotatsion xususiyatlarining o'xshashligi tufayli yetarlicha samarali bo'lmaydi, bu esa ularni tanlab ajratishni qiyinlashtiradi.

Zamonaviy tadqiqotlarda minerallarni yanada aniqroq ajratish va yakuniy boyitmalarda zararli aralashmalar miqdorini kamaytirishni ta'minlaydigan yangi flotoreagentlar va ularning kombinatsiyalarini ishlab chiqish va qo'llashga alohida e'tibor qaratilmoqda. Shu bilan birga, muayyan konlarning mineral tarkibiga qarab flotatsiya bosqichlari nisbatini optimallashtirish va reagent rejimini tanlash muammosi dolzarb bo'lib qolmoqda.

Dissertatsiyaning "**Tadqiqot obyektlari va usullari**" deb nomlangan ikkinchi bobida Xondiza konining polimetall tarkibli mis-rux rudalarining holati tahlili asosida tanlangan boshlang'ich materiallarning xususiyatlari keltirilgan, rudaning rux, mis va qimmatbaho metallar tarkibi o'rganilgan. Bundan tashqari, qimmatbaho

metallarning fazaviy tarkibi va joylashuv shakli tadqiq qilingan, shuningdek, dastlabki rudadagi rangli metallarning granulometrik tarkibi aniqlangan.

Texnologik namunalar “Xondiza” boyitish fabrikasi mutaxassisleri bilan hamkorlikda Xondiza koni rudasidan yalpi usulda tanlab olindi. Pasport ma’lumotlariga ko’ra, tanlangan namuna moddiy tarkibi bo’yicha Xondiza koni rudalarining polimetall turiga mos keladi. Tanlab olish nuqtalari bo’yicha jami 4 ta joydan texnologik namunalar olindi. 1-texnologik namuna Xondiza shaxtasining +1310 gorizontidan, BDSH-3 dan olingan bo’lib, uning og’irligi 374 kg ni tashkil etdi. 2-texnologik namuna 1-shtrek, R-38-S 3-shtrek kon lahimlaridan olingan bo’lib, uning og’irligi 325 kg, 3-texnologik namuna R-37-J va R-37a-J kon lahimlaridan olingan bo’lib, uning og’irligi 338 kg, 4-texnologik namuna R-37-J va R-37a-J kon lahimlaridan olingan bo’lib, uning og’irligi 328 kg ni tashkil etdi. Olingan namunalar 1, 2, 3, 4 raqamli namunalar sifatida belgilandi va ularning umumiy og’irligi 1325 kg ni tashkil etdi.

Spektral tahlil natijalaridan (1-jadval) asosiy qimmatbaho komponent bo’lgan rux miqdori 2% dan 4% gacha o’zgarishini, shu bilan birga mis va qo’rg’oshin miqdorining yuqori ekanligini ko’rish mumkin. Shuningdek, rudada vanadiy, molibden, volfram kabi noyob metallar kam miqdorda uchraydi.

1-jadval

Ruda o’rtacha namunalarining yarim miqdoriy spektral tahlili natijalari

Elementlar nomi	Namunadagi tarkibi, n*10 ⁻³ %			
	Xondiza namuna № 1	O’rtacha namuna № 2	O’rtacha namuna №3	O’rtacha namuna №4
Ba	<1,9	<1,9	<1,8	<1,8
Be	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
V	1,8	2,9	0,3	0,17
Bi	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
W	2,9	1,9	2,8	1,8
Ga	1,6	1,4	4,9	2,1
Ge	1,6	0,6	<0,1	<0,2
Cd	28,3	1,2	49,5	29,8
Co	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1
Mn	<3,8	<3,9	<4,1	29,7
Cu	510,0	30,2	299,5	49,5
Mo	20,2	1,4	10,7	7,6
As	4,9	10,3	99,7	9,8
Ni	<0,5	1,4	<0,5	<0,5
Sn	0,6	<0,5	0,4	0,7
Pb	298,5	149,5	499,8	699,7
Ag	4,9	15,5	6,9	4,9
Sb	4,8	30,5	69,5	9,8
Ti	14,7	51,0	29,8	28,9
Cr	29,3	19,8	29,4	15,5

Zn	>4,2 %	4,5 %	>4,3%	2,7%
Au	<0,03	0,20	0,22	<0,05
Nb	0,5	1,7	1,5	0,7
Ta	9,9	<9,8	<9,8	<9,6
Li	<2,8	4,8	7,2	<3,1

Kimyoviy tahlil natijalariga ko'ra, o'rganilayotgan rudalarning o'rtacha namunalarda qimmatbaho komponentlarning o'rtacha miqdori quyidagicha:

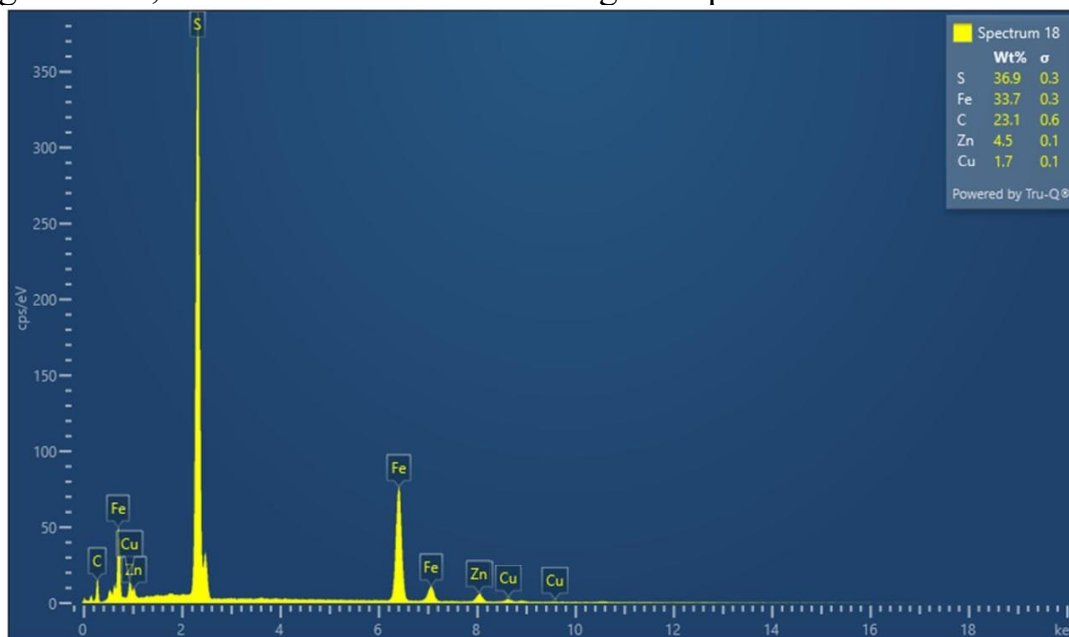
- Xondiza koni rudasi namunasida: Zn-5,40%; Pb-0,72%; Cu-0,55%; Au-0,32 g/t; Ag-34,7 g/t;

- Xondiza koni rudasining o'rtacha 2-namunasida: Zn-0,41%; Pb-0,23%; Cu-0,05%; Au-10,05 g/t; Ag-390,3 g/t;

- Xondiza koni rudasining o'rtacha 3-namunasida: Zn-6,14%; Pb-3,64%; Cu-0,36%; Au-7,95 g/t; Ag-37,67 g/t;

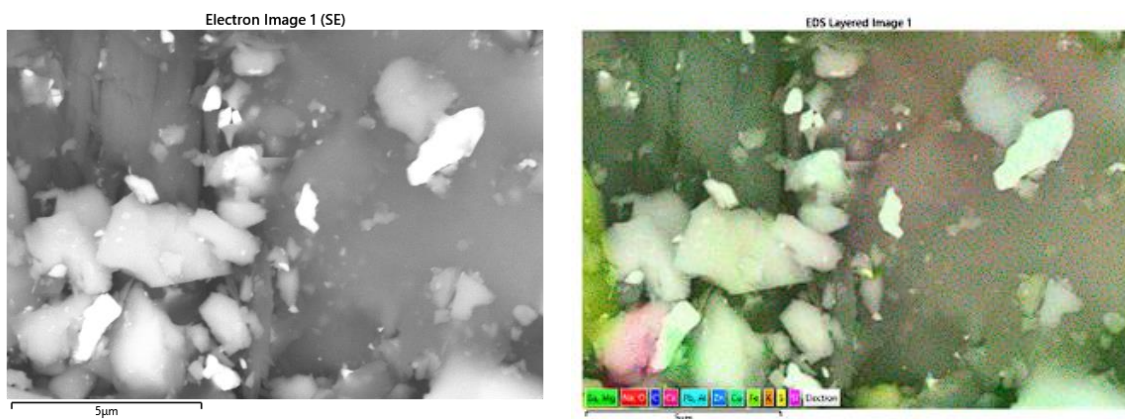
Xondiza koni rudasining o'rtacha 4-namunasida: Zn-3,07%; Pb-2,83%; Cu-0,07%; Au-0,6 g/t; Ag-27,03 g/t.

Tadqiqot davomida o'rganilayotgan obyektlarning asosiy tarkibiy qismlarini aniqlash maqsadida har bir namunaning butun yuzasi bo'ylab namunalarning umumiy kimyoviy tahlili o'tkazildi. Ushbu tasvirlar yordamida rux zarrachalarining o'lchami 100 mkm ekanligi aniqlandi va ular asosan sulfidlar va pirit bilan bog'langan bo'lib, bu xulosa 1-rasmda o'z tasdig'ini topdi.



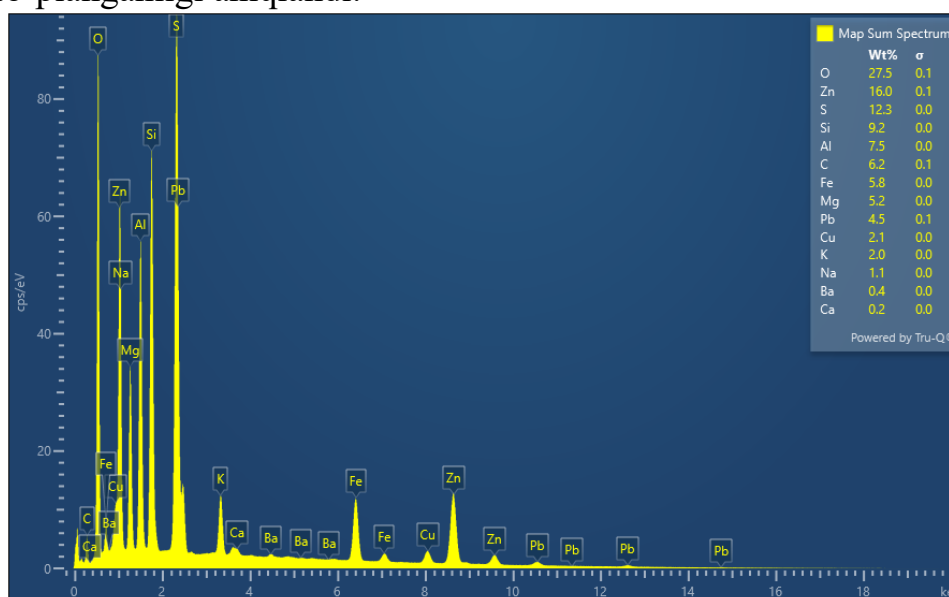
1-rasm. Xondiza koni 1-sonli namunasining butun yuzasining umumiy element tarkibi tahlili (x500 kattalashtirilgan)

Thermo Fisher Scientific Apreo 2 S LoVac skanerlovchi elektron mikroskopida o'rganilgan namunalarda yuqori aniqlikda mikrostrukturani vizualizatsiya qilish va ularning element tarkibini aniqlash imkoniyatini beradi.



2-rasm. Xondiza konining 2-sonli o'rtacha namunasi yuzasining SEM tasviri (x15000 marta kattalashtirilgan)

Rux minerallarining to'liq moddiy tarkibi va ularning joylashish shaklini aniqlash uchun SEM kattalashtirish darajasi 15000 martagacha oshirildi va quyidagi natijalar olindi. Spekrda ruda namunasining ruxli yuzasi aniqlanib, unda 16 % rux mavjudligi qayd etildi. Bu rux sulfidlar bilan bog'liq bo'lib, shu bilan birga temir sulfid minerallariga xos cho'qqilar ham kuzatildi (2 va 3-rasmlarga qarang, 2-sonli namunaning element tarkibi). Ushbu ma'lumotlarga ko'ra, rux asosan sfalerit mineralida to'planganligi aniqlandi.



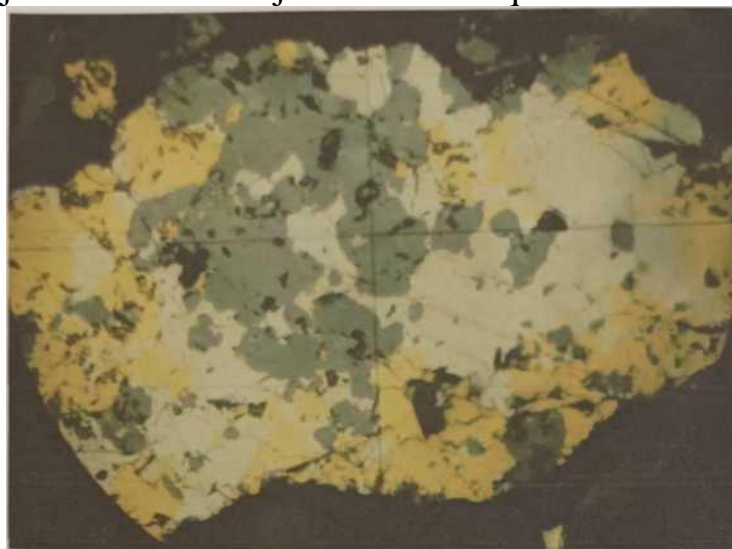
3-rasm. Xondiza koni o'rtacha 2-sonli namunasining butun yuzasi bo'yicha umumiy element tahlili (x15000 kattalashtirilgan)

Namuna tahlili rux minerallarining 5 mkm o'lchamdagi zarrachalarini ko'rsatadi, bu rudalarni tayyorlash va boyitishning keyingi usullarida alohida ahamiyat kasb etadi (2-rasm). 3-rasmdagi diagrammada Xondiza konining 2-raqamli namunasi element tarkibi keltirilgan.

Shuningdek, qo'rg'oshin va rux cho'qqisining baland cho'qqiga tengligi ko'zga tashlanadi, bunda qo'rg'oshin izlari oltingugurt izlari bilan bir xil bo'lib, bu galenit mineralini anglatadi va bu 3-rasmdagi diagrammadan ko'rinib turibdi. Qo'shimcha minerallar sifatida barit, glinozyom, kvarts va kalsit minerallari uchraydi. Rudali minerallar asosan sfalerit, xalkopirit, galenit, pirit va blekli rudadan

iborat. Yakka va kamyob belgilarda ularning o'zgarish mahsulotlari - xalkozin, kovellin, kuprit va temir gidrooksidlari ko'rinishida kuzatiladi. Dastlabki namunalardan 23 ta anshlif, 6 ta shlif va 2 ta briket tayyorlangan.

Polimetall minerallar ko'pincha murakkab qo'shilmalar hosil qiladi, qo'shilma chegaralari notekis (4-rasm). Ba'zan ularda piritning sementlangan donalarini ko'rish mumkin. Polimetall minerallardan ko'pincha sfalerit, galenit, ba'zan esa xalkopirit yondosh jinlarda alohida ajralmalar hosil qiladi.



4-rasm. Galenit (oq rangli), xalkopirit (sariq rangli), sfalerit (to'q kulrang rangli).

Aks ettirish qobiliyati bo'yicha kyustelitga mos keladigan oltin kumushning yagona donasi bleklurid-galenit-xalkopirit-sfalerit paragenetik birikmasida kuzatildi.

Dissertatsiyaning **“Polimetall ma'danlarni boyitish va ulardan ruxli konsentratlarni ajratib olishni tadqiq qilish”** deb nomlangan uchinchi bobida rux boyitmalarini ajratib olishning eng maqbul parametrlarini aniqlashga qaratilgan tadqiqot natijalari va takomillashtirilgan texnologiyalar keltirilgan. Xondiza konining polimetall rudasini to'liq tahlil qilish uchun faqat elak tahlili o'tkazildi va granulometrik tahlil amalga oshirildi. Turli o'lchamdagi ruda namunalari uchun elak tahlili ma'lumotlariga ko'ra, asosiy qimmatbaho komponentlarning tarkibi quyidagi oraliqda o'zgaradi: o'rganilayotgan ruda namunalari uchun qimmatbaho komponentlarning miqdori, odatda, mayda o'lchamli sinflarda ortadi, bu esa metallarning notekis taqsimlanishiga bog'liq.

umumiy rux 0,12 dan 6,74% gacha, o'rtacha 3,23% ni tashkil etadi;

qo'rg'oshin 0,74 dan 9,66% gacha, o'rtacha 4,83% ni tashkil etadi;

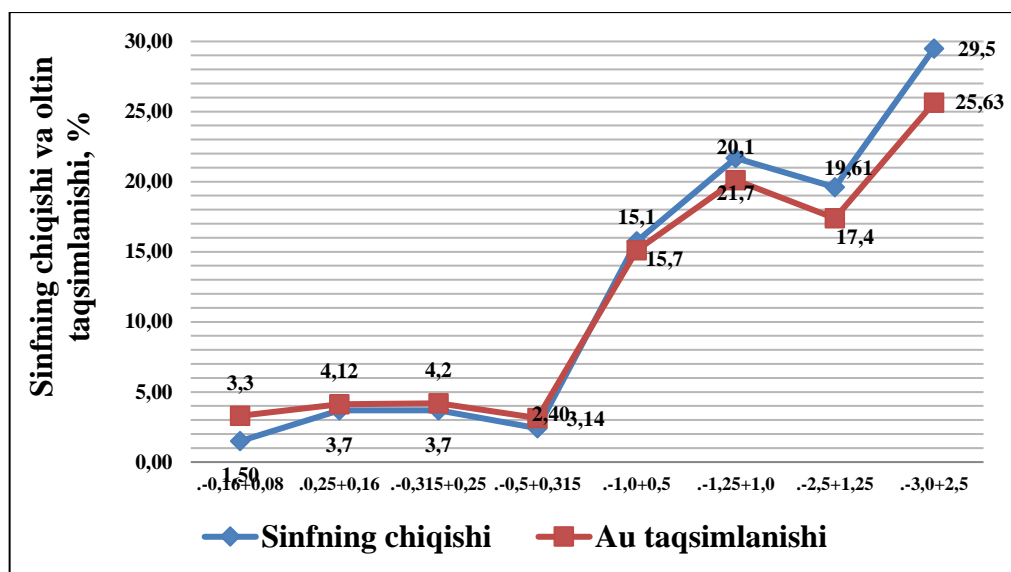
oltin 0,30 dan 0,42 g/t gacha, o'rtacha 0,35 g/t ni tashkil etadi;

kumush 28,62 dan 51,39 g/t gacha, o'rtacha 40,88 g/t ni tashkil etadi.

-3+0 mm fraksiyaning umumiy chiqishi 53,9% darajasida qayd etilgan, bu materialning notekis taqsimlanishini va uning asosan yirik fraksiyalarda to'planishini ko'rsatadi.

Bu yerda oltinning boyitilish darajasi nisbatan past bo'lib, shartli birliklarning 25,63 % tashkil etadi. Mazkur yiriklik sinflari kam miqdorda chiqishi bilan

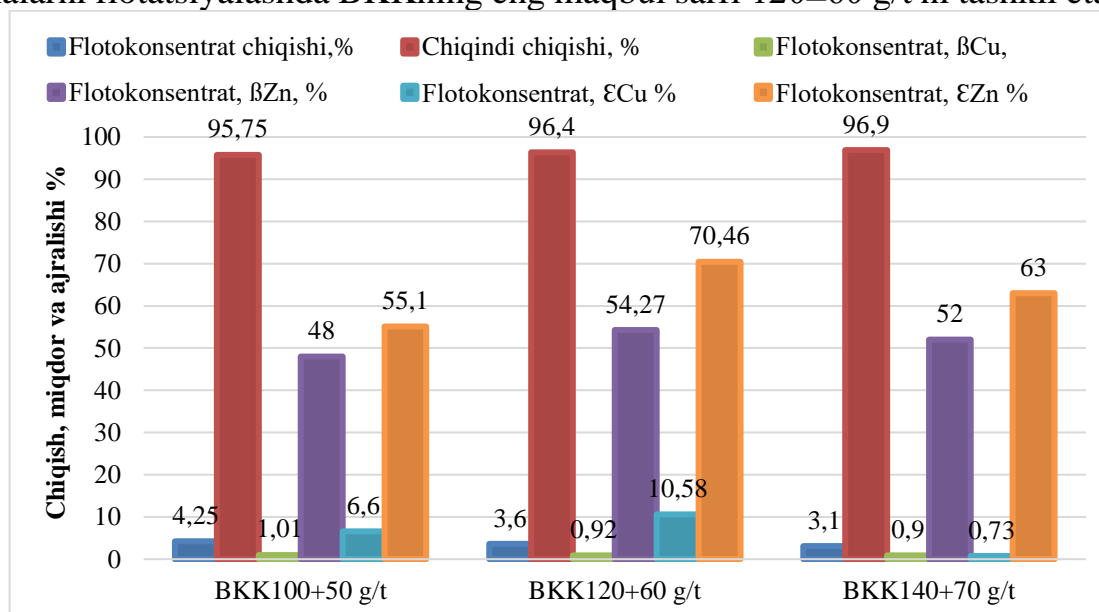
tavsiflanadi va metall boyitilishining yuqori darajasiga qaramasdan, ulardagi oltin taqsimoti ahamiyatsiz darajada qolmoqda.



5-rasm. Oltin zarrachalarining yiriklik sinflari bo'yicha taqsimlanishini ko'rsatgan holda, o'lchami -3 mm gacha bo'lgan polimetall ruda namunasining granulometrik tahlili natijalari

Foydali komponentlarning flotatsion xususiyatlarini oshirish, qimmatbaho metallarni ajratib olish darajasini ko'paytirish va boyitma sifatini yaxshilash, shuningdek, reagentlar sarfini kamaytirish maqsadida 7-rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha ruxning ikki bosqichli asosiy flotatsiyasi bo'yicha tajribalar o'tkazildi.

Chiqindilarni flotatsiyalash bo'yicha tajribalar ochiq siklda -0,071 mm sinfidagi 80% materialni yanchish orqali o'tkazildi. Natijada reagent rejimiga muvofiq xomaki boyitma olindi. 6-rasmdagi grafikdan ko'rinib turibdiki, namunalarni flotatsiyalashda BKKning eng maqbul sarfi 120±60 g/t ni tashkil etadi.



6-rasm. Ruda namunalari uchun reagent-yig'uvchi sarfiga ko'ra flotatsiya tajribalari natijalarining ko'rsatkichi

Namunalarni flotatsiya usulida boyitishda BKKning eng maqbul sarfi qo‘llanilganda tarkibida 54,27% rux va 0,92% mis bo‘lgan flotatsion boyitma olindi, bunda I asosiy rux flotatsiyasi uchun ruxning ajralishi 70,46%, misniki esa 10,58% ni tashkil etdi.

Tajriba natijalari tarkibida rux miqdori 53,87% bo‘lgan boyitmada ruxning yuqori ajralishini ko‘rsatib, asosiy metallni ajratib olish 73,91% ni tashkil etdi.

Laboratoriya tadqiqotlaridan so‘ng, dissertant tomonidan taklif etilayotgan texnologik sxema (7-rasm) va rux rudasini flotatsion boyitishning rejim parametrlari ishlab chiqildi. Xondiza boyitish fabrikasi sharoitida boyitish fabrikasi mutaxassislari bilan birgalikda 87 tonna ruda ustida tajriba-sanoat sinovlari o‘tkazildi. Dastlabki material quruq og‘irlik bo‘yicha o‘lchandi, u Cu-Pb flotatsiyasining chiqindisi hisoblanadi.

2-jadval

Polimetall rux rudalarini flotatsiya usulida boyitish natijalari

Nomlanishi	Og‘irligi, t	Chiqish, %	Miqdori, %			Ajratib olish, %		
			Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
I asosiy rux flotatsiyasi								
Boyitma	9,44	10,8	0,92	3,00	54,27	10,58	11,64	70,46
Chiqindi	77,71	89,2	0,23	0,81	9,00	21,93	25,92	29,54
Cu-Pb chiqindisi	87,15	100	0,31	1,05	13,99	32,51	37,56	100
II asosiy rux flotatsiyasi								
Boyitma	7,33	8,41	1,01	3,71	56,79	6,60	8,21	42,08
Chiqindi	70,38	80,7	0,17	0,60	5,44	15,33	17,71	54,11
I asosiy Zn flotatsiya chiqindisi	77,71	89,1	0,23	0,81	9,00	21,93	25,92	96,18
I nazorat Zn-flotatsiyasi								
Boyitma	1,67	1,91	0,92	3,43	55,89	1,86	2,35	12,84
Chiqindi	68,71	78,89	0,14	0,45	2,79	11,49	12,75	26,38
II asosiy Zn flotatsiya chiqindisi	70,38	80,8	0,17	0,60	5,44	15,33	17,71	54,1
II nazorat Zn-flotatsiyasi								
Boyitma	2,86	3,28	1,01	3,71	44,28	3,50	4,36	17,41
Chiqindi	65,85	75,5	0,10	0,31	0,99	7,99	8,39	8,97
I nazorat Zn flotatsiya chiqindisi	68,71	78,78	0,14	0,45	2,79	11,49	12,75	26,38
Zn I tozalash								
Boyitma	0,38	0,43	1,58	3,05	61,20	0,73	0,48	3,22
Chiqindi	6,94	7,96	0,94	3,33	53,53	7,92	9,51	53,61

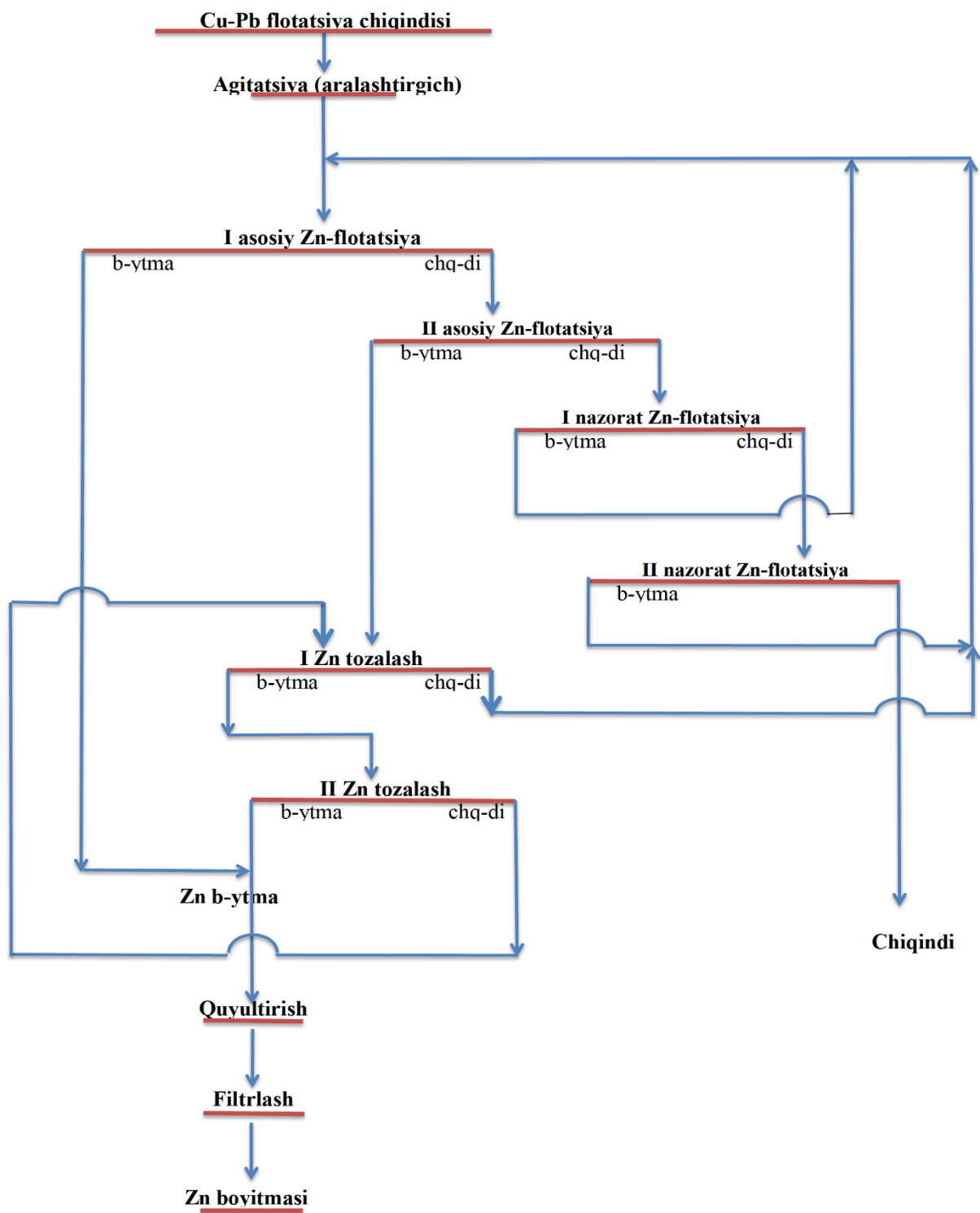
II asosiy Zn flotatsiya boyitmasi	7,33	8,39	0,97	3,32	53,93	8,65	9,99	56,83
Zn II tozalash								
Boyitma	0,32	0,36	0,95	3,05	61,65	0,66	0,40	2,70
Chiqindi	0,06	0,068	0,96	3,05	58,95	0,07	0,08	0,52
I Zn tozalash boyitmasi	0,38	0,43	1,58	3,05	61,20	0,73	0,48	3,22
I asosiy boyitma: rux flotatsiyasi	9,44		0,92	3,00	54,27	10,58	11,64	70,46
Zn II boyitmasini qayta tozalash	0,32		0,95	3,05	61,65	0,66	0,40	2,70
Birlashtirilgan rux boyitmasi	9,75		0,95	3,23	55,0	11,24	12,95	73,81

2-jadvaldagi flotoboyitmalarning kimyoviy va mineralogik tarkibi natijalari hamda boyitilgan flotoboyitmaning (3-boyitma) element tarkibi bo'yicha ruxning miqdori 54,27% ekanligi aniqlandi, bu esa rux bo'linmasining yakuniy flotoboyitmasi bilan mos keladi.

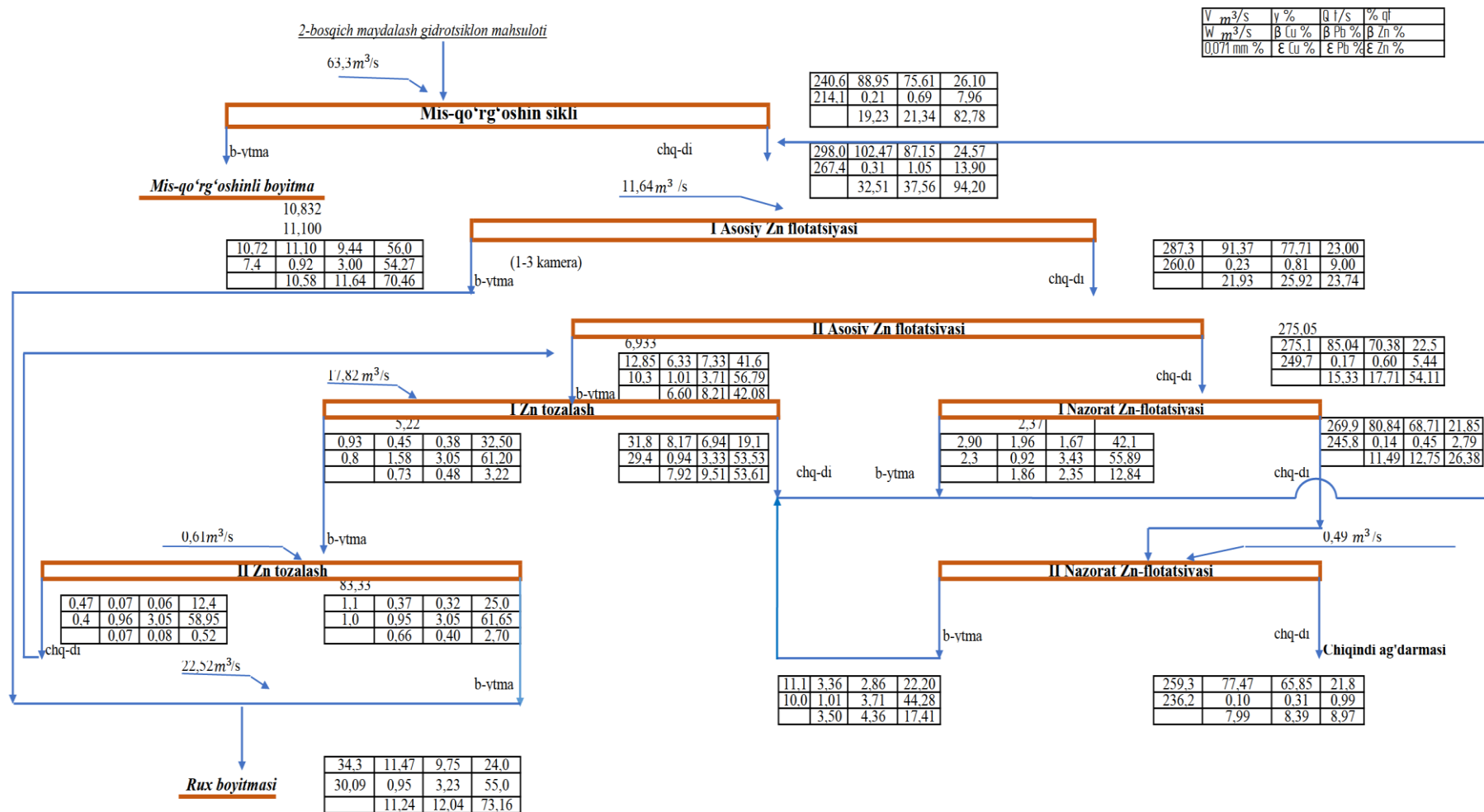
Dissertatsiyaning **“Polimetall rudalarni qayta ishlash texnologik sxemasini takomillashtirish va uning iqtisodiy asoslanishi”** deb nomlangan to'rtinchi bobida rux boyitmasini ajratib olish orqali polimetall rudalarni qayta ishlashga mo'ljallangan ishlab chiqilgan texnologik sxema va qurilmalar zanjiri sxemasi keltirilgan.

O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida Cu-Pb flotatsiyasi chiqindilarini ikki bosqichli nazorat flotatsiyasini joriy etish va reagent rejimini optimallashtirish asosida takomillashtirilgan sxema ishlab chiqildi. Quyidagi 7-rasmda rux boyitmalarini ajratib olish orqali polimetall rudalarini qayta ishlashning tavsiya etilgan texnologik sxemasi keltirilgan.

Laboratoriya tadqiqotlari shuni ko'rsatdiki, an'anaviy reagent rejimida asosiy flotatsiyaning II bosqichida Zn ni ajratib olish darajasi pastroq bo'lgan. Yig'uvchi va ko'pik hosil qiluvchi reagentlarining miqdorlari oshirilgandan so'ng, bu ko'rsatkich asosiy flotatsiyaning II-bosqichida ruxni ajratib olishning umumiy darajasidan qo'shimcha 4,8% ga oshdi va II-nazorat flotatsiyasida qo'shimcha 12,84% ruxni ajratib olishga erishildi. Umuman olganda, yangi sxema bo'yicha Zn ajratib olishning umumiy o'sishi 17,6% ni tashkil etdi. Yakuniy boyitmadagi Zn miqdori 55,9% ni (amaldagi sxema bo'yicha 48%) tashkil etdi.



7-rasm. Rux boyitmasini ajratib olish orqali polimetall rudalarni qayta ishlashning tavsiya etilgan texnologik sxemasi



8-rasm. Polimetall rudalarni qayta ishlash orqali rux boyitmasi olishning sifat-miqdoriy sxema

Natijada, ishlab chiqilgan sxemani qo‘llash orqali texnologik qayta ishlashning ijobiy ko‘rsatkichlariga erishish bilan bog‘liq jarayonlarning quyidagi bosqichlari taklif etiladi.

Tajriba-sanoat sharoitida 87 tonna ruda ustida o‘tkazilgan laboratoriya sinovlari tasdiqlandi. Sinovlar shuni ko‘rsatdiki, optimallashtirilgan sxemani ishlab chiqarish jarayoniga sezilarli kapital xarajatlarsiz joriy etish mumkin, chunki u faqat reagent rejimini moslashtirishni va nazorat flotatsiyasining ikkinchi bosqichini tashkil etishni talab qiladi.

Rux flotatsiyasining amaldagi sxemasiga o‘zgartirishlar kiritildi: birinchi asosiy rux flotatsiyasi boyitmasi tayyor mahsulot sifatida to‘g‘ridan-to‘g‘ri quyultirgichga yo‘naltirildi. Natijada, avvalgi sxemalarga nisbatan metall ajratib olish 10 foizga, boyitma unumi esa 2506 tonnaga oshdi.

Tadqiqot davomida “Olmaliq KMK” AJ Xondiza boyitish fabrikasi mutaxassisleri ishtirokida rudani flotatsiyalash bosqichini ko‘paytirish bo‘yicha chora-tadbirlar ishlab chiqildi: ruxni flotatsiyalash sikliga qo‘shimcha kameralar, qo‘shimcha quyultirgich o‘rnatish va reagent rejimiga bir qator o‘zgartirishlar kiritish ko‘zda tutildi.

Rux bo‘limida flotatsiya frontini kengaytirish va qo‘shimcha quyultirgich o‘rnatish yakunlangach, chiqindi tarkibidagi metallar miqdori kamaydi. Rux ajratib olish darajasi o‘rtacha 2-4 % ga, ya‘ni 69 % dan 73,16 % gacha oshdi.

Tadqiqot davomida polimetall rudalardan rangli metallar va ruxni kompleks ajratib olishning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlari yiliga 462440 tonna texnologik unumdorlikka bog‘liq holda hisoblab chiqildi.

Taklif etilayotgan texnologiya bo‘yicha tayyor mahsulot sifatida qo‘shimcha rux boyitmasi olindi.

$$Zn = 2\ 506\ t \cdot 15\ 000\ 000 = 37\ 590\ 000\ 000\ \text{so‘m.}$$

462440 tonna rudani qayta ishlashdan kutilayotgan daromad: $D = 37\ 590\ 000\ 000 - 36\ 685\ 692\ 000 = 904\ 308\ 000\ \text{so‘m.}$ Yillik sof foyda S.f. = $904\ 308\ 000 \times 0,76 = 687\ 274\ 080$ (olti yuz sakson yetti million ikki yuz yetmish to‘rt ming sakson) so‘mni tashkil etadi.

XULOSA

“Xondiza koni polimetall rudalaridan rux boyitmasini ajratib olish texnologiyasini takomillashtirish” mavzusidagi texnika fanlari falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarga asoslangan holda, nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, mis-rux rudalarini kompleks qayta ishlash muammosi hamon dolzarb bo‘lib qolmoqda. Buning sababi ularning murakkab moddiy tarkibi, minerallarning mayda joylashuvi va flotatsion xususiyatlarining o‘xshashligi hisoblanadi. Bu esa ko‘p bosqichli boyitish sxemalarini va puxta tanlangan reagent rejimlarini qo‘llashni talab etadi.

2. Tadqiqot obyekti sifatida Xondiza koni rudalarining texnologik namunalari olingan. O‘tkazilgan mineralogik, kimyoviy va probirli tahlillar shuni ko‘rsatdiki, rudalarda 0,4 dan 6,1% gacha Zn, 0,2-3,6% Pb, 0,05-0,55% Cu, shuningdek, sezilarli

miqdorda oltin (1 g/t gacha) va kumush (30-390 g/t) mavjud. Minerallar murakkab tuzilishi bilan xarakterlanadi, bu esa ularni mayin yanchish va bosqichli flotatsiya qilish zarurligini ko'rsatadi.

3. Tadqiqotlar natijasida gravitatsion usullarni qo'llash asosiy rangli metallar chiqindiga o'tib ketishi sababli maqsadga muvofiq emasligi aniqlandi. Eng samarali usul flotatsiya bo'lib, u optimal sharoitlarda (pH 11-11,5, CuSO₄ bilan faollashtirish, yig'uvchi - butil ksantogenat, ko'piklantiruvchi T-92, piritni tazyiqlash uchun - ohak) minerallarni selektiv ajratish va sifatli rux boyitmasini olishni ta'minlaydi.

4. Ishlab chiqilgan takomillashtirilgan texnologik sxema quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- mis-qo'rg'oshin boyitmasini ajratib olish bilan umumiy flotatsiya;
- mis va qo'rg'oshinni ajratish uchun selektiv flotatsiya;
- chiqindilarni ikki bosqichli nazorat flotatsiyasi;
- optimallashtirilgan reagent rejimi (BK-305, KBK T-92, oxak).

5. Eksperimental va tajriba-sanoat sinovlari taklif etilgan sxemaning samaradorligini tasdiqladi: boyitmadagi rux miqdori 55,9% gacha, ruxni ajratib olish darajasi 73,16% gacha oshdi, qo'rg'oshin va temir aralashmalari sezilarli darajada kamaydi.

6. Texnik-iqtisodiy tahlil shuni ko'rsatdiki, takomillashtirilgan sxemani joriy etish qo'shimcha 687,3 mln so'm yillik foyda olish imkonini beradi.

7. Taklif etilgan texnologiyani amaldagi boyitish fabrikasi sharoitida joriy etishning iqtisodiy samaradorligi isbotlangan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/2025.27.12.Т.17.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ КАРШИНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТЕРМЕЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРИИ
И АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

РАЖАБОВ ШАХБОЗ ХОЛМАМАТ УГЛИ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ
ЦИНКОВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХАНДИЗА**

04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Карши – 2026

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан под номером B2025.4.PhD/T6138.

Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD) выполнена в Каршинском государственном техническом университете.

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


Научный руководитель:	Хакимов Камол Жураевич доктор философии технических наук, доцент
Официальные оппоненты:	Алматов Илхомжон Мирзабекович доктор технических наук, старший научный сотрудник Хасанов Адхам Амонкулович доктор философии по техническим наукам, доцент
Ведущая организация:	филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в г. Алмалык

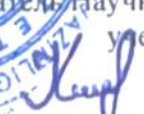
Защита диссертации состоится «25» апреля 2026 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/2025.27.12.T.17.04 (Адрес: 180100, г. Карши, проспект Мустакиллик, дом 225. Зал заседаний Каршинского государственного технического университета. Тел.: (75) 220-09-24; E-mail: info@kstu.uz).

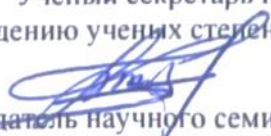
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Каршинского государственного технического университета (зарегистрирован за №174). (Адрес: 180100, г. Карши, проспект Мустакиллик, дом 225. Тел.: (75) 220-09-24).

Автореферат диссертации разослан «16» апреля 2026 г.
(реестр протокола рассылки №2-26 от «16» апреля 2026 г.).




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


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


Б.Р.Вохидов
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. Интенсивное развитие цветной металлургии в мире неразрывно связано с необходимостью комплексного освоения полиметаллических руд и их глубокой переработки. Многокомпонентность состава полиметаллических руд, сложное минералогическое строение минеральных фаз, встречаемость полезных минералов в тесно связанном и тонкодисперсном состоянии значительно усложняют процесс их обогащения. В частности, близость физико-химических и флотационных свойств минералов меди, свинца, цинка и пирита ограничивает возможности селективного разделения и приводит к снижению эффективности традиционных технологий флотационного обогащения. Поэтому при обогащении полиметаллических руд важное значение имеет разработка научно-обоснованных новых и эффективных технологических решений, направленных на повышение селективности, совершенствование системы реагентов и оптимизацию технологических режимов с учетом особенностей минерального состава и флотационных свойств.

В мире ведутся научные исследования по переработке полиметаллических руд, комплексного извлечения цветных и драгоценных металлов. В связи с этим особое внимание уделяется разработке усовершенствованной схемы флотационного обогащения для снижения потерь ценных компонентов с отходами обогатительной фабрики и одновременного повышения степени извлечения металлов; увеличению объёмов продукции из полиметаллических руд; разработке новых технологий извлечения нескольких цветных и редких металлов при комплексном использовании сырья, а также совершенствованию существующих технологий для повышения степени извлечения металлов из данных материалов.

В республике особое внимание уделяется горно-металлургической промышленности, разработке усовершенствованных технологий для переработки полиметаллических руд, в частности цинковых руд, с целью комплексного извлечения всех ценных компонентов. В новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы намечены такие важные задачи, такие как «...продвижение промышленности на качественно новый уровень, глубокая переработка местных источников сырья, ускорение производства готовой продукции, освоение новых видов продукции и технологий»¹. В связи с этим большое научное и практическое значение имеет выполнять задачи по разработке технологии комплексной переработки полиметаллических руд месторождения Хандиза.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан No УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы,» Постановлениях Президента Республики Узбекистан No ПП-5159 от 24 июня 2021 года «О дополнительных мерах по

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы».

развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей,» No ПП-4731 от 26 мая 2020 года «О дополнительных мерах по расширению производства цветных и драгоценных металлов на базе месторождений АО Алмалыкский ГМК,» а также в других нормативно-правовых документах, принятых в 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. В области развития производства цинка, совершенствования методов комплексной переработки полиметаллических руд, а также разработки технологий извлечения цветных и благородных металлов внесли значительный вклад как зарубежные, так и отечественные ученые: Johann Christian Ruberg, E. John, А.А. Перетрутов, А.В. Колесников, П.А. Козлов, Т. Chen, J. Hoffman, С.С. Набойченко, L.K. Gurjar, Arun Kumar Biswas, В.А. Бочаров, В.А. Игнаткина, А.А. Абрамов, Hongwei Ying, Yiling Mao, Minhai Wu, Х.Л. Чжан; Ю.Х. Цинь, К.С. Санакулов, С.А. Абдурахмонов, А.С. Хасанов, Х.Р. Валиев, В.П. Гуро, С.А. Кенжаева, Р.Э.Тошкодирова, Б.Р. Вохидов и др.

На основе анализа существующих работ следует отметить, что проведены исследования по совершенствованию схем и режимов обогащения, отражающих технологические свойства минерального сырья, определены условия усиления различий свойств пирита, пирротина, сульфидных минералов и модификаций драгоценных металлов. В результате проведенных исследований рекомендованные селективные реагенты, оптимально подобранные композиции собирателей, их соотношения, схема дозирования снижают флотационную активность пирита, пирротина, повышают извлечение металлов. Постепенное отделение минералов по мере их раскрытия устраняет шламообразуемость, создает условия на отдельных циклах флотации, выделяет из процесса флотационно-активный пирит и пирротин в отходы, а мономинеральные фракции различных флотируемых минералов меди, свинца и цинка - в черновые концентраты по циклам флотации, что позволяет снизить циркуляционные нагрузки и служит повышению качества концентратов и улучшению извлечения металлов. Данная диссертационная работа направлена на повышение степени извлечения цинка в концентрат в процессе обогащения полиметаллических руд и посвящена разработке оптимальной усовершенствованной технологии, улучшающей эффективность извлечения цинка.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Термезского государственного университета инженерии и агротехнологий и в рамках

научного проекта № 59-1156 «Совершенствование технологии извлечения цветных металлов из техногенных отходов» (2024-2025 гг.).

Целью исследования является совершенствование технологии извлечения цинкового концентрата из полиметаллических руд месторождения Хандиза.

Задачи исследования:

анализ современного состояния технологии обогащения медно-цинковых руд. Изучение вещественного состава и минералогического строения руд месторождения Хандиза;

исследование особенности распределения цветных и благородных металлов по классам крупности и продуктам обогащения;

исследование эффективности флотационных методов обогащения с оптимизацией реагентного режима и усовершенствование технологической схемы флотации;

исследование и разработка комплексной технологии извлечения концентратов цинка и цветных металлов из полиметаллических руд Хандизинского месторождения с составлением схемы цепи аппаратов;

проведение опытно-промышленных испытаний по усовершенствованной схеме и технико-экономическую оценку разработанной технологии.

Объектом исследования являются полиметаллические руды Хандизинского месторождения АО «Алмалыкский ГМК».

Предметом исследования являются создание усовершенствованной технологии переработки руд месторождения Хандиза на основе научно обоснованных флотационных свойств и закономерностей.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы широко использовались современные методы исследования, в частности, теоретические исследования, основанные на фазовом анализе состава концентратов, аналитические, графоаналитические и статистические методы, технологические эксперименты в лабораторных условиях, опытно-промышленные испытания, гранулометрический анализ, современные физико-механические, химические и спектральные методы анализа, определение количества Au и Ag пробирным методом, рентгенофазовый и минералогический анализы, электронная микроскопия.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

обоснован и предложен новый режим реагентов для флотации, позволяющий увеличить извлечение цинка в концентрат до 73,16% и содержание цинка в концентрате до 55,9%;

разработан оптимальный режим двухстадиальной контрольной флотации, при этом обосновано, что за счет внедрения контрольной флотации II стадии извлечение цинка повышается на 12,84%;

определены оптимальные параметры реагентов при флотационном обогащении, обеспечивающие снижение содержания вредного свинца в цинковом концентрате;

разработана технологическая схема комплексного извлечения цинкового концентрата и других цветных металлов из полиметаллических руд, определен

оптимальный режим реагентов, а также разработана схема цепи аппаратов, пригодная для применения в промышленных масштабах.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

установлено, что в результате внедрения результатов процессов флотационного обогащения полиметаллических руд на Хандизинской обогатительной фабрике АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» дополнительно получен цинковый концентрат в промышленном масштабе;

разработаны свойства разделения кондиционного цинкового концентрата в результате процессов флотационного обогащения руд.

разработан оптимальный режим двухстадийной контрольной флотации, обеспечивающий извлечение цинка в концентрат;

научно обоснованы оптимальные условия флотации цикла обогащения цинка и разработаны оптимальные технологические параметры реагентов на контрольных стадиях.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается значительными объемами современных методов исследования при обогащении полиметаллических руд месторождения Хондиза с получением концентрата цинка с повышением степени извлечения цинка и цветных металлов в концентрат в лабораторных условиях, что подтверждено результатами, полученными при опытно-промышленных испытаниях.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обуславливается обоснованием и предложением новый реагентный режим флотации, обеспечивающий повышение извлечения цинка до 73,16 % при содержании Zn в концентрате 55,9 %, а также, установлением соответствие данных минералогического анализа и химического состава концентрата, что подтверждает правильность выбранного реагентного режима: содержание цинка в концентрате по данным СЭМ составило 54,54 %, что коррелирует с результатами химического анализа (55,9 %).

Практическая значимость результатов исследования заключается в усовершенствовании технологической схемы флотации с двухстадийной контрольной операцией, обеспечивающей повышение содержания цинка в концентрате до 55,9 % при одновременном снижении содержания свинца, что соответствует промышленным требованиям к качеству цинковых концентратов. Оптимизация расхода реагентов (собирателя, пенообразователя и медного купороса) позволяет рационально использовать флотореагенты и снизить их удельные затраты, что имеет экономический эффект.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных научных результатов по разработке комплексной технологии извлечения цинка и цветных металлов в концентрат из полиметаллических руд:

Технологическая схема обогащения цинка из полиметаллических руд Хандизинского месторождения внедрена на Хандизинской обогатительной фабрике АО «АГМК» (справка АО «Алмалыкский ГМК» №12-25/61-02890 от

4 декабря 2025 г.). В результате была применена двухстадийная контрольная флотация с увеличением количества реагентов собирателя и пенообразователя на второй стадии основной флотации, а также повышение оптимального расхода реагентов (120+60 г/т БКК) на второй стадии контрольной флотации, что позволило повысить степень извлечения цинка до 73,16%.

Предложенный новый режим флотационных реагентов внедрен на Хандизинской обогатительной фабрике АО «АГМК» (справка АО «Алмалыкский ГМК» №12-25/61-02890 от 4 декабря 2025 г.). В результате степень извлечения цинка увеличилась до 73,16%, а содержание Zn в концентрате составило 55,9%.

Комплексная технология извлечения цинка и цветных металлов внедрена на Хандизинской обогатительной фабрике АО «АГМК» (справка АО «Алмалыкский ГМК» №12-25/61-02890 от 4 декабря 2025 г.). В результате применения технологии повышена степень извлечения цинка при II-основной флотации цинка, а внедрение II-этапа контрольной флотации превисило возможность дополнительного извлечения цинка.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов данного исследования произведена на 2 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 13 научных работ, из них 6 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 4 в республиканских и 2 в зарубежных журналах.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четыре главы, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 117 страниц компьютерного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность работы и востребованность проведенного исследования, характеризуются цель и задачи, излагается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов исследования, опытно-промышленные испытания, сведения об опубликованных работах и структуре диссертационной работы.

В первой главе диссертации «**Аналитический обзор состояния технологии обогащения полиметаллических медно-цинковых сульфидных руд за рубежом**» проведен обзор и анализ современных литературных источников, рассмотрены технологии основных предприятий мира перерабатывающих полиметаллических медно-цинковых сульфидных руд. Современное развитие горно-металлургической промышленности

обуславливает необходимость комплексной переработки медно-цинковых руд, отличающихся сложным вещественным составом и тонкой вкрапленностью полезных минералов. Традиционные технологии флотационного обогащения нередко оказываются недостаточно эффективными из-за близости флотационных свойств минералов меди, цинка и пирита, что затрудняет их селективное разделение.

Особое внимание в современных исследованиях уделено на разработку и применению новых флотореагентов и их комбинаций, обеспечивающих более чёткое разделение минералов и снижение содержания вредных примесей в конечных концентратах. При этом остаётся актуальной проблема оптимизации соотношения стадий флотации и выбора реагентного режима в зависимости от минерального состава конкретных месторождений.

Во второй главе диссертации «**Объекты и методы исследований**» приведены характеристики выбранных исходных материалов на основании проведенного анализа состояния руды месторождения Хандизы полиметаллического состава медно-цинковых руд на содержание цинка, меди и благородных металлов. Кроме того, исследовано что в фазовом составе благородных металлов с изучением формы нахождения, также определён гранулометрический состав цветных металлов в исходной руде.

Технологические пробы были отобраны из руды месторождения Хандиза валовым способом совместно специалистами РУ «Хандиза». Согласно паспортным данным отобранная проба по вещественному составу соответствует полиметаллическому типу руд месторождения Хандиза. Общее количество технологических проб по точкам отбора отобрано 4-места Технологическая проба №1 руды из гор.+ 1310, БДШ-3 шахты Хандиза - вес 1-технологической пробы составил 374 кг. Технологическая проба №2 руды горных выработок штрек 1, Р-38-С штрек 3 - вес технологической пробы составил 325 кг.; Технологическая проба №3 руды - горных выработок Р-37-Ю и Р-37а-Ю - вес технологической пробы составил 338 кг.; Технологическая проба №4 руды горных выработок Р-37-Ю и Р-37а-Ю - вес технологической пробы составил 328 кг. Общие сложностью полученные пробы нормированы как № пробы 1; 2; 3; 4 общим весом 1325 кг.

Из результатов спектрального анализа можно обсудить (таблице 1) содержание основного ценного компонента цинка варьируется от 2 % до 4%, при этом замечается повышенное содержание меди и свинца. Кроме того, редкие металлы, такие как ванадий, молибден и вольфрам, встречаются в руде в небольших количествах.

Таблица 1

Результаты полуколичественного спектрального анализа проб руды

Название Элементов	Содержание в пробе, $n \cdot 10^{-3} \%$			
	Хандиза Проба №1	Усредн. Проба №2	Усредн. Проба №3	Усредн. Проба №4
Va	<1,9	<1,9	<1,8	<1,8
Ve	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06

V	1,8	2,9	0,3	0,17
Bi	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
W	2,9	1,9	2,8	1,8
Ga	1,6	1,4	4,9	2,1
Ge	1,6	0,6	<0,1	<0,2
Cd	28,3	1,2	49,5	29,8
Co	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1
Mn	<3,8	<3,9	<4,1	29,7
Cu	510,0	30,2	299,5	49,5
Mo	20,2	1,4	10,7	7,6
As	4,9	10,3	99,7	9,8
Ni	<0,5	1,4	<0,5	<0,5
Sn	0,6	<0,5	0,4	0,7
Pb	298,5	149,5	499,8	699,7
Ag	4,9	15,5	6,9	4,9
Sb	4,8	30,5	69,5	9,8
Ti	14,7	51,0	29,8	28,9
Cr	29,3	19,8	29,4	15,5
Zn	>4,2 %	4,5 %	>4,3%	2,7%
Au	<0,03	0,20	0,22	<0,05
Nb	0,5	1,7	1,5	0,7
Ta	9,9	<9,8	<9,8	<9,6
Li	<2,8	4,8	7,2	<3,1

По результатам химического анализа (табл. 2.2) средних проб изучаемых руд среднее содержание ценных компонентов составило:

- в пробе руды месторождения Хандиза: Zn-5,40%; Pb-0,72%; Cu-0,55%; Au -0,32 г/т; Ag-34,7 г/т;

- в усредн. пробе №2 руды месторождения Хандиза: Zn-0,41%; Pb-0,23%; Cu 0,05%; Au -10,05 г/т; Ag-390,3 г/т;

- в усредн. пробе №3 руды месторождения Хандиза: Zn-6,14%; Pb-3,64%; Cu- 0,36%; Au-7,95 г/т; Ag-37,67 г/т;

в усредн. пробе №4 руды месторождения Хандиза: Zn-3,07%; Pb-2,83%; Cu- 0,07%; Au-0,6 г/т; Ag-27,03 г/т.

В ходе изучения был выполнен общий химический анализ образцов по всей площади каждого образца для выявления потенциальных компонентов изучаемых объектов. С помощью этих изображений был установлен размер цинковых крупинок, составляющих 100 мкм, и он, преимущественно, связан с сульфидами и пиритом, который в рисунке 1 утверждают данные выводы.

Изучение проб на сканирующем электронном микроскопе Thermo Fisher Scientific Apreo 2 S LoVac позволяет визуализировать микроструктуру образцов с высоким разрешением и определить элементный состав образцов.

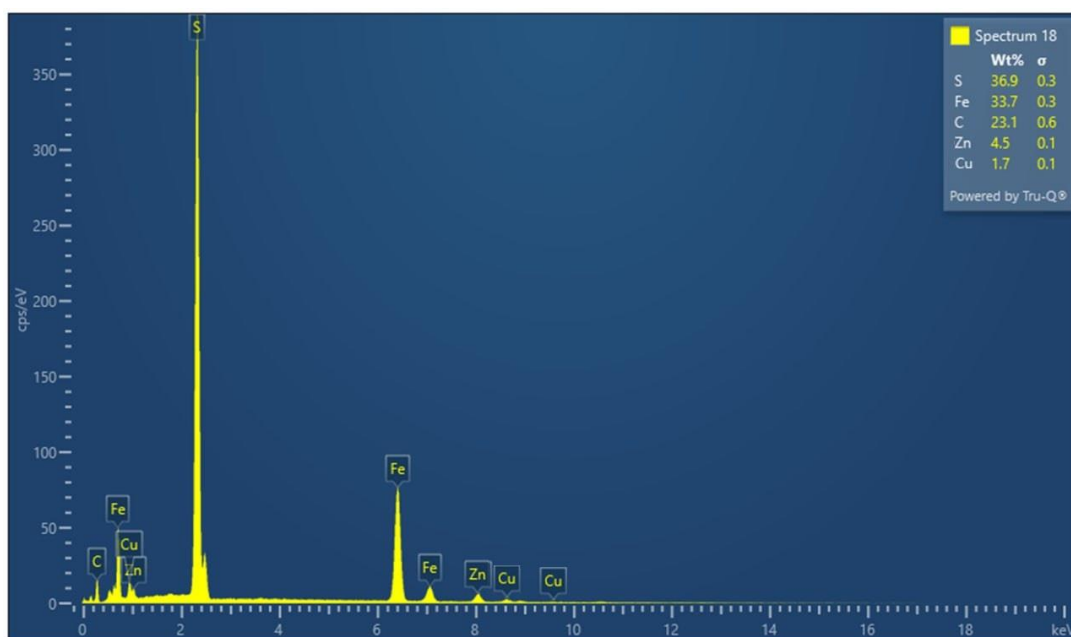


Рис. 1. Общий элементный анализ всей поверхности пробы №1 месторождения Хандиза (увел.х500)

Для определения полного вещественного состава и формы нахождения минералов цинка, разрешение СЭМ подняли до 15000 раз, и получили следующие результаты.

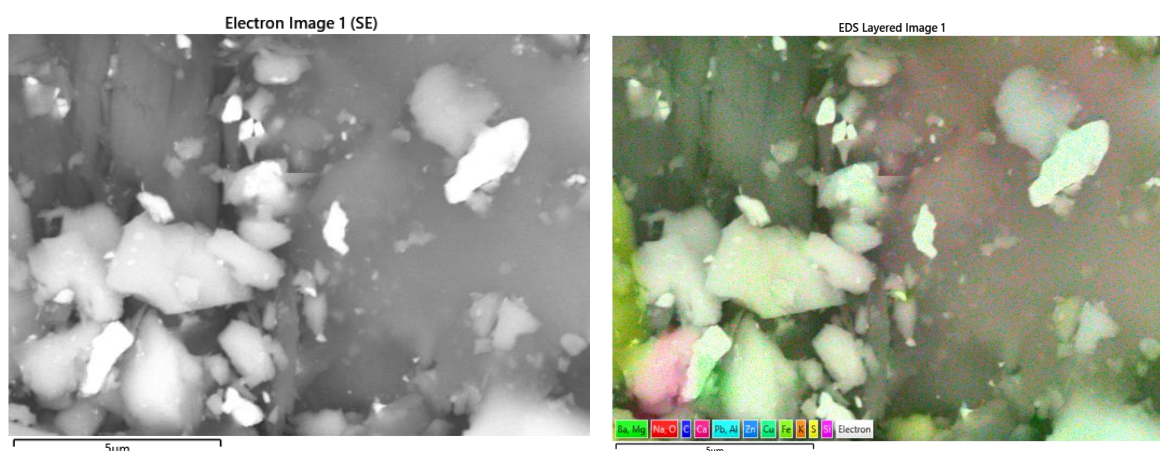


Рис. 2. Снимок СЭМ поверхности усред. пробы №2 месторождения Хандиза (увел.х15000)

В спектре обозначена цинковая поверхность пробы, имеющая содержание цинка 16 % в изучаемой пробе, связанной с сульфидами, и где одновременно пики равняются сульфидным минералам железа (см. рис. 2 и рис. 3 элементный состав пробы №2), который обедняет цинк находится в минерале сфалерита. Исследование образцов пробы показывает размер частиц 5 мкм минералов цинка, который при дальнейшем способе подготовки руд и обогащения имеет особое значение (рис.2). На диаграмме показанные на рисунке 3 приведен элементный состав пробы №2 месторождения Хандиза.

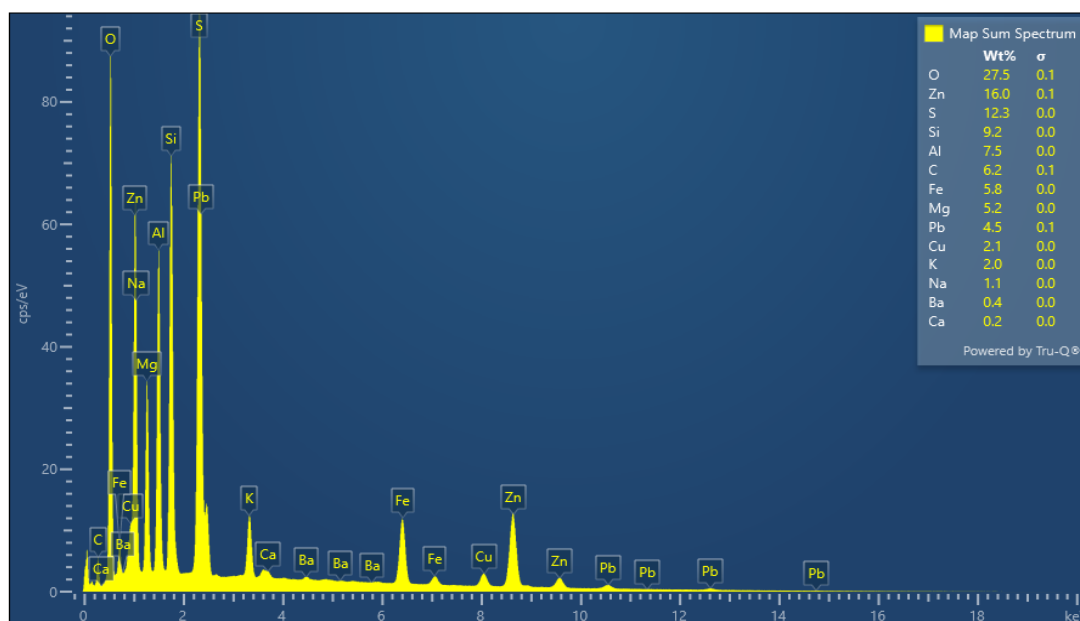


Рис. 3. Общий элементный анализ всей поверхности усред. пробы №2 месторождения Хандиза (увел. x15000)

Также, можно увидеть, что пику свинца и цинка равняется повышенном пику, при этом следы свинца одинаковые со следами серы, означающие минерала галенита, видно с диаграммы из рисунка 3. В качестве примеси встречаются минералы барита, глинозёма, кварца и кальцита.

Рудные минералы в основном состоят из сфалерита, халькопирита, галенита, пирита и блеклой руды. В единичных и редких знаках встречаются продукты их изменения - халькозин, ковеллин, куприт и гидроксиды железа. Из исходных проб изготовлено 23 аншлифов, 6 шлифов и 2 брикетов.

Полиметаллические минералы часто образуют сложные сростки, границы сростков неровные (рис. 4).

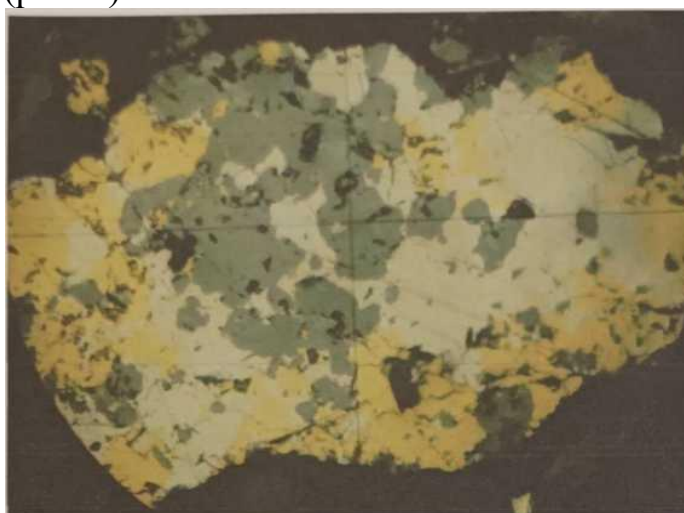


Рис.4. Галенит (белая), халькопирит (желтый), сфалерит (темно серый).

Иногда в них можно увидеть сementированные зерна пирита.

Из полиметаллических минералов часто сфалерит, галенит, а иногда и халькопирит образуют обособленные выделения во вмещающих породах.

Едиичное зерно золотистого серебра, по отражательной способности соответствует кюстелиту наблюдался в блеклорудно-галенит-халькопирит-сфалеритовой парагенетической ассоциации.

В третьей главе диссертации заглавленное «**Исследование обогатимости полиметаллических руд с извлечением цинковых концентратов**» приведены результаты исследований, направленные на определение оптимальных параметров извлечения цинковых концентратов с усовершенствованием технологий. Для полноты анализа полиметаллической руды Хандизинского месторождения осталось выполнить только ситовой и проведено гранулометрический анализ. По данным ситового анализа пробы руды при разной крупности содержание основных ценных компонентов варьирует в следующих диапазонах: содержание ценных компонентов в изучаемых пробах руд, как правило, повышается в мелких классах крупности, что относится к неравномерному распределению металлов:

цинк общий от 0,12 до 6,74%, в среднем составляет 3,23%;

свинец от 0,74 до 9,66%, в среднем составляет 4,83%;

золото от 0,30 до 0,42 г/т, в среднем составляет 0,35 г/т;

серебра от 28,62 до 51,39 г/т, в среднем составляет 40,88 г/т.

Суммарный выход фракции -3+0 мм фиксируется на уровне 53,9%, что свидетельствует о неравномерном распределении материала, его концентрировании в основном в крупных фракциях.

Здесь степень концентрирования золота ниже и составляет 25,63 % условных единиц. Данные классы крупности характеризуются небольшим выходом и, несмотря на высокую степень концентрирования металла, распределение золота в них незначительное.

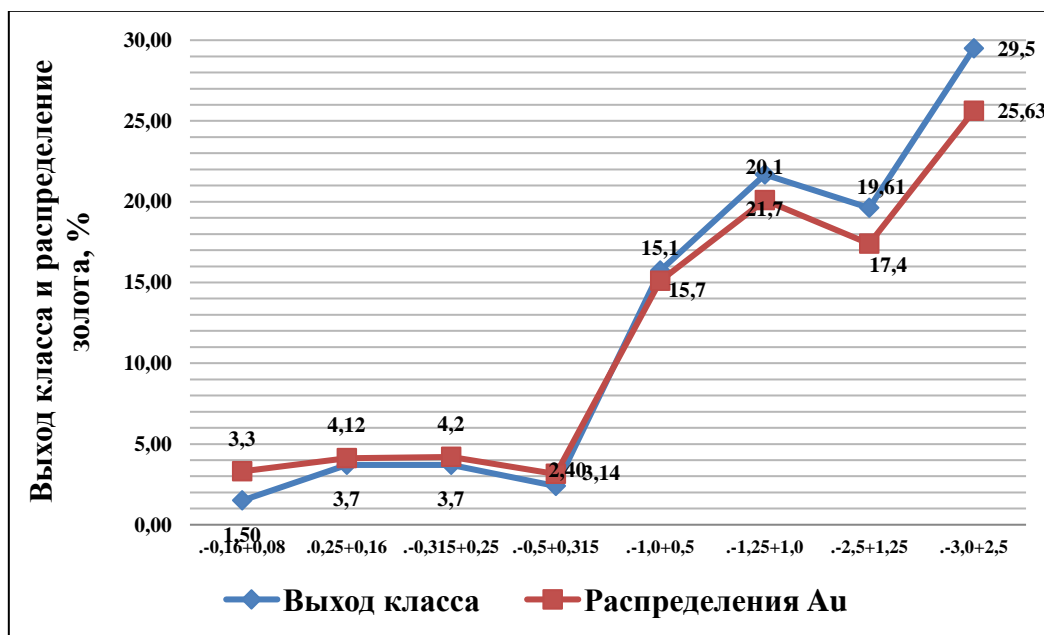


Рис. 5. Результаты гранулометрической характеристики пробы полиметаллической руды, крупностью -3 мм с распределением золота по классам крупности

С целью повышения флотационных свойств полезных компонентов, увеличения извлечения ценных металлов и улучшения качества концентрата, а также снижения расхода реагентов были проведены флотационные эксперименты по двухстадийной основной флотации цинка схеме, показанной на рисунке 7.

Эксперименты по флотации хвостов выполнялись в открытом цикле при измельчении 80 % материала класса $-0,071$ мм. В результате был получен черновой концентрат в соответствии с реагентным режимом. Как видно из приведенной кривого графика 6, наиболее оптимальный расход БКК при флотации образцов составляет 120 ± 60 г/т.

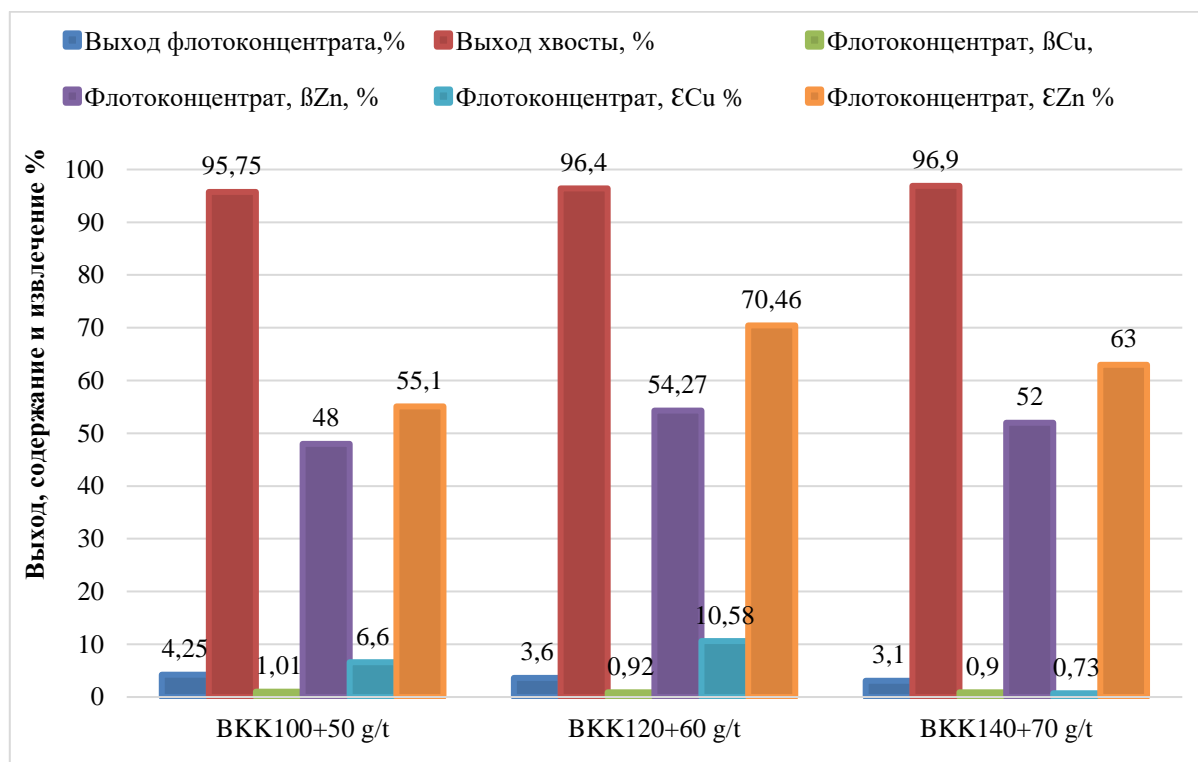


Рис. 6. Показатель результатов флотационных экспериментов по расходу реагента-собираателя для образцов руды

При обогащении образцов методом флотации с использованием наиболее оптимального расхода БКК был получен флотационный концентрат, содержащий 54,27 % цинка и 0,92 % меди, при этом извлечение цинка составило 70,46%, а меди - 10,58% для I основной цинковой флотации.

Результаты опытов показывают высокое концентрирование цинка в составе концентрата с содержанием цинка 53,87% с извлечением основного металла 73,91%.

После лабораторных исследований диссертантом разработано предлагаемое технологическое схеме (рисунок 7) и режимные параметры флотационного обогащения цинкового передела. В условиях обогатительной фабрики Хандизы вместе со специалистами обогатительной фабрики было проведено опытно промышленное испытание на 87 т. руды. Исходный материал измерен на сухой вес, он является хвостом Cu-Pb флотации.

Таблица 2

**Результаты флотационного обогащения полиметаллических
цинковых руд**

Наим.	Вес, т	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
			Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
Результаты I Основная Zn-флотация								
Концентрат	9,44	10,8	0,92	3,00	54,27	10,58	11,64	70,46
Хвосты	77,71	89,2	0,23	0,81	9,00	21,93	25,92	29,54
Хвосты флотации Cu-Pb	87,15	100	0,31	1,05	13,99	32,51	37,56	100
Результаты II Основная Zn-флотация								
Концентрат	7,33	8,41	1,01	3,71	56,79	6,60	8,21	42,08
Хвосты	70,38	80,7	0,17	0,60	5,44	15,33	17,71	54,11
Хвосты I основной флотации Zn	77,71	89,1	0,23	0,81	9,00	21,93	25,92	96,18
Результаты I Контрольная Zn-флотация								
Концентрат	1,67	1,91	0,92	3,43	55,89	1,86	2,35	12,84
	68,71	78,89	0,14	0,45	2,79	11,49	12,75	26,38
Хвосты II основной флотации Zn	70,38	80,8	0,17	0,60	5,44	15,33	17,71	54,1
Результаты II Контрольная Zn-флотация								
Концентрат	2,86	3,28	1,01	3,71	44,28	3,50	4,36	17,41
Хвосты	65,85	75,5	0,10	0,31	0,99	7,99	8,39	8,97
Хвосты I контроль флотации Zn	68,71	78,78	0,14	0,45	2,79	11,49	12,75	26,38
Результаты Zn I Перечистке								
Концентрат	0,38	0,43	1,58	3,05	61,20	0,73	0,48	3,22
Хвосты	6,94	7,96	0,94	3,33	53,53	7,92	9,51	53,61
Концентрат II основная Zn	7,33	8,39	0,97	3,32	53,93	8,65	9,99	56,83
Результаты Zn II Перечистке								
Концентрат	0,32	0,36	0,95	3,05	61,65	0,66	0,40	2,70
Хвосты	0,06	0,068	0,96	3,05	58,95	0,07	0,08	0,52
Руда	0,38	0,43	1,58	3,05	61,20	0,73	0,48	3,22
Концентрат I перечистка Zn	9,44		0,92	3,00	54,27	10,58	11,64	70,46
Концентрат II Перечистка Zn	0,32		0,95	3,05	61,65	0,66	0,40	2,70
Объединённый Zn к-т	9,75		0,95	3,23	55,0	11,24	12,95	73,81

Результаты химического и минералогического состава флотаконцентратов табл. 2 и по элементному составу объединённого флотоконцентрата (концентрат №3*) определено содержание цинка 54,27 % совпадает с окончательным флотоконцентратом цинкового передела.

В четвертой главе диссертации «Совершенствование технологической схемы переработки полиметаллических руд и её экономическое обоснование» приводятся разработанные технологические схемы и схема цепи аппаратов посвящённой переработке полиметаллической руды с извлечением цинкового концентрата.

В результате проведённых исследований была разработана усовершенствованная схема, основанная на введении двухстадийной контрольной флотации хвостов Cu-Pb флотации и оптимизации реагентного режима. Ниже на рисунке 7 приведена рекомендуемая технологическая схема переработки полиметаллических руд с извлечением цинковых концентратов.

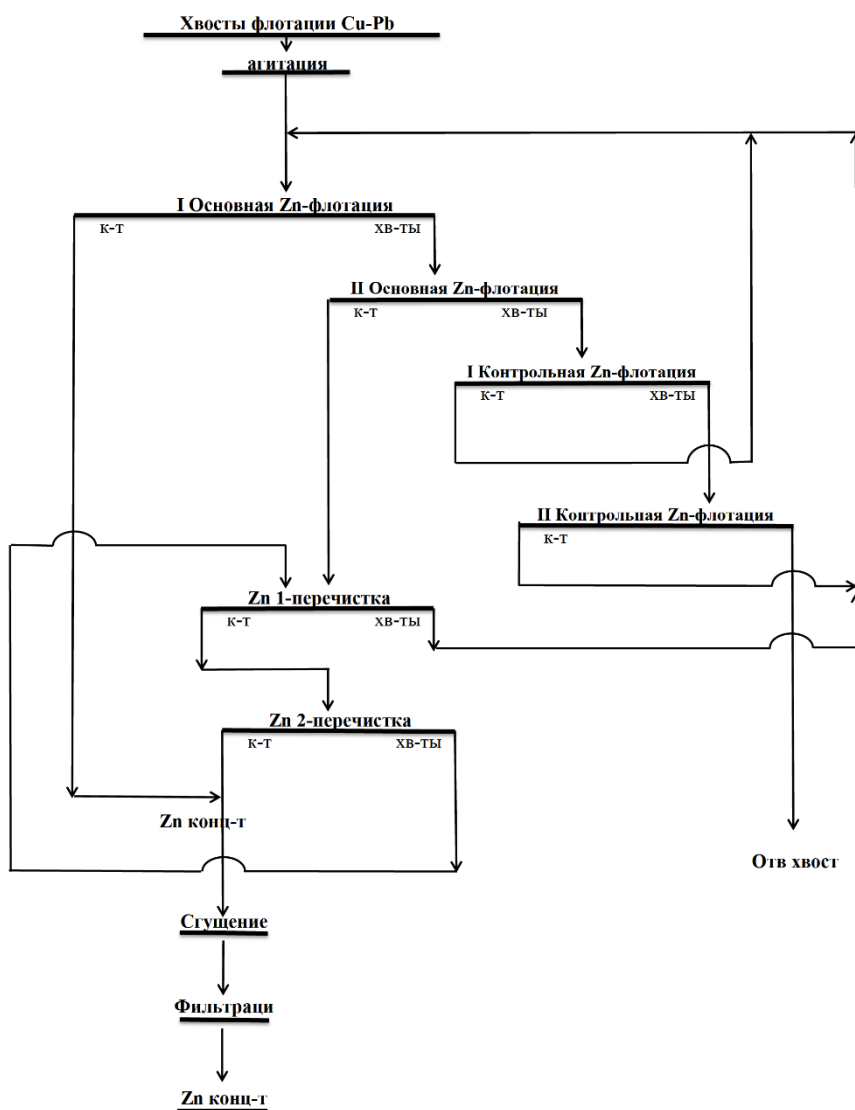


Рис. 7. Рекомендуемая технологическая схема переработки полиметаллических руд с извлечением цинковых концентратов

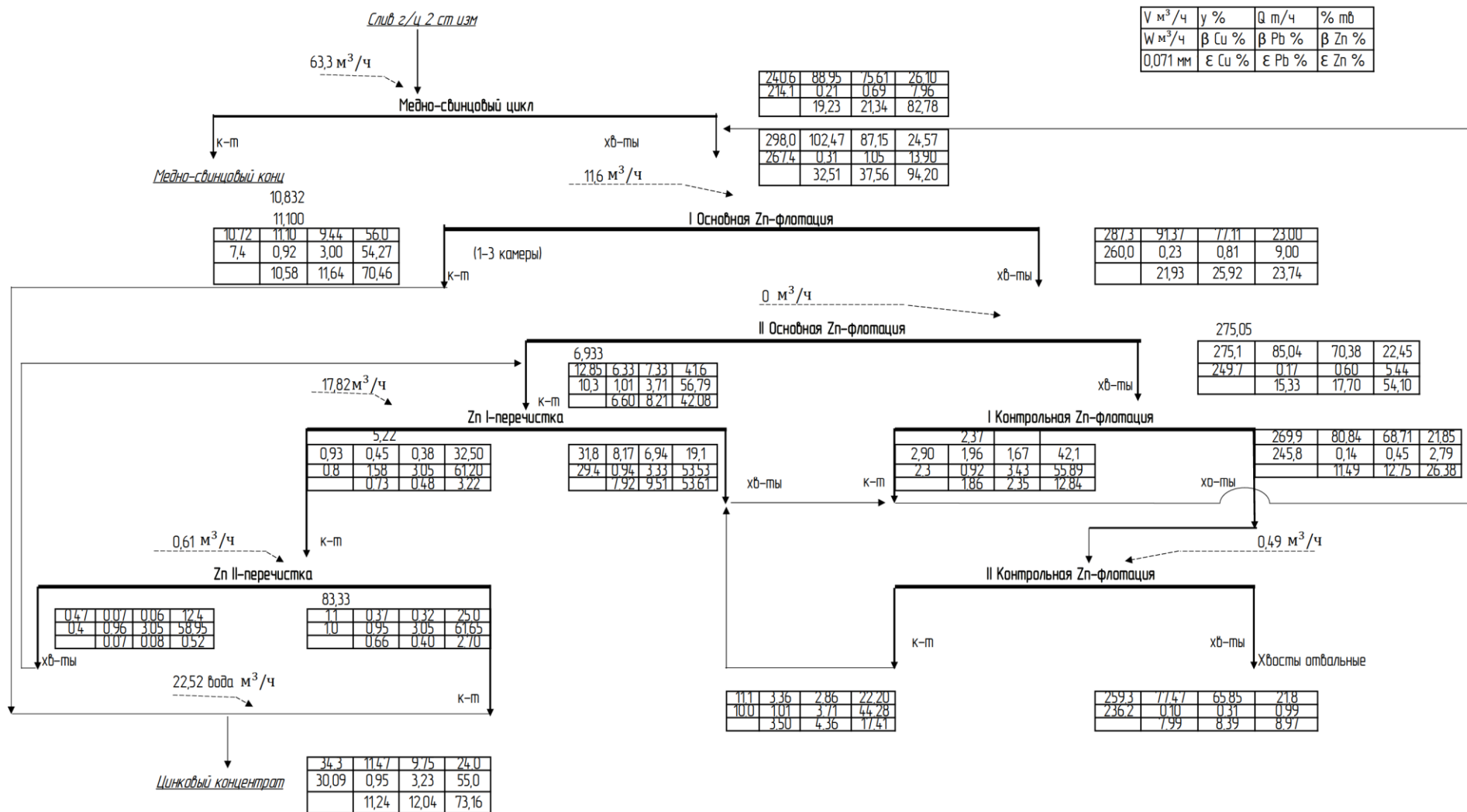


Рис. 8. Качества – количественной схема переработке полметаллических руд с получением цинковых концентратов

Лабораторные исследования показали, что при традиционном реагентном режиме степень извлечения Zn на II стадии основной флотации составляла ниже.

После увеличения дозровок собирателя и пенообразователя этот показатель дополнительно выросло 4,8 % от общей степени извлечение цинка на II стадии основной флотации, а на II контрольной флотации дополнительно удалось извлечь **12,84 %** цинка. В целом, суммарное увеличение извлечения Zn по новой схеме составило **17,6 %**. Содержание Zn в конечном концентрате – **55,89 %** (против 48 % по действующей схеме).

В результате применения, разработанной схемы предлагается следующие операции процессов с получением положительных показателей технологического передела.

В опытно-промышленных условиях на 87 т руды были подтверждены лабораторные испытания. Испытания показали, что оптимизированная схема может быть внедрена в производственный процесс без значительных капитальных затрат, так как требует лишь корректировки реагентного режима и организации второй стадии контрольной флотации.

В действующую схему флотации цинка были внесены изменения: концентрат первой основной цинковой флотации стал направляться непосредственно в сгуститель в качестве готового продукта. В результате извлечение металла увеличилось на 10 %, а выход концентрата возросло на 2506 тонн по сравнению с старой схемы.

В ходе экспериментов диссертантом и специалистами АО «Алмалыкский ГМК» Хондизинского ГОК были разработаны мероприятия по увеличению стадии флотации руды: предусматривались дополнительные камеры в цикл флотации цинка, дополнительного сгустителя и ряда других изменений по реагентным режимам.

В после завершения расширения фронта флотации цинкового отделения, а также и дополнительного сгустителя, содержание металлов в хвостах снизилось. Извлечение цинка возросло в среднем на 2–4 %, то есть с 69 % до 73,16 %.

В ходе исследования были рассчитаны технико-экономические показатели комплексного извлечения цветных металлов и цинка из полиметаллических руд в зависимости от технологической производительности в 462 440 тонн в год.

Готовый продукт. Согласно предлагаемой технологии, в качестве готового продукта был получен дополнительный цинковый концентрат.

$$Zn = 2\ 506 * 15\ 000\ 000 = 37\ 590\ 000\ 000 \text{ сум.}$$

Ожидаемый доход от переработки 462 440 т. руды: $\Pi = 37\ 590\ 000\ 000 - 36685692000 = 904\ 308\ 000$ сум. Годовая прибыль составляет $\text{Сч.п.} = 904\ 308\ 000 * 0,76 = 687\ 274\ 080$ (шестьсот восемьдесят семь миллионов двести семьдесят четыре тысячи восемьдесят) сум в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD) на тему: «Совершенствование технологии извлечения цинкового концентрата из полиметаллических руд месторождения Хандиза» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Анализ литературных источников показал, что проблема комплексной переработки медно-цинковых руд остаётся актуальной в связи с их сложным вещественным составом, тонкой вкрапленностью минералов и близостью флотационных свойств. Это требует применения многостадийных схем обогащения и тщательно подобранных реагентных режимов.

2. В качестве объекта исследования были использованы технологические пробы руд Хандизинского месторождения. Проведённый комплекс минералогических, химических и пробирных анализов показывает, что в рудах содержится от 0,4 до 6,1 % Zn, 0,2-3,6 % Pb, 0,05-0,55 % Cu, а также значимое количество золота (до 1 г/т) и серебра (30-390 г/т). Минералы характеризуются сложными сростками, что предопределяет необходимость тонкого измельчения и стадийной флотации.

3. Исследования показали, что применение гравитационных методов нецелесообразно, так как основные цветные металлы переходят в хвосты. Наиболее эффективным методом является флотация, которая при оптимальных условиях (pH 11–11,5, активация CuSO_4 , собиратель – бутиловый ксантогенат, вспениватель Т-92, депрессор пирита – известь) обеспечивает селективное разделение минералов и получение кондиционного цинкового концентрата.

4. Разработанная усовершенствованная технологическая схема включает:

- коллективную флотацию с выделением медно-свинцового концентрата;
- селективную флотацию для разделения меди и свинца;
- двухстадийную контрольную флотацию хвостов;
- оптимизированный реагентный режим (БК-305, БКК, Т-92, известь).

5. Экспериментальные и опытно-промышленные испытания подтвердили эффективность предложенной схемы: содержание цинка в концентрате возросло до 55,9 %, извлечение – до 73,16 %, при существенном снижении примесей свинца и железа.

6. Технико-экономический анализ показал, что внедрение усовершенствованной схемы позволит получить дополнительную прибыль в размере 687,3 млн. сум в год.

7. Доказана экономическая эффективность внедрения предложенной технологии в условиях действующей обогатительной фабрики.

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

**TERMEZ STATE UNIVERSITY OF ENGINEERING AND
AGROTECHNOLOGY**

RAJABOV SHAKHBOZ KHOLMAMAT UGLI

**IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY FOR EXTRACTING ZINC
CONCENTRATE FROM POLYMETALLIC ORES OF THE KHANDIZA
DEPOSIT**

04.00.14 - Mineral processing

**DISSERTATION ABSTRACT
for the Doctor of Philosophy (PhD) of TECHNICAL SCIENCES**

Karshi –2026

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 B2025.4.PhD/T6138.

Dissertation and application of doctorate of philosophy (PhD) completed in 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) and on the information and educational portal "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor: **Khakimov Kamol Zhuraevich**
Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Docent

Official opponents: **Almatov Ilkhomjon Mirzabekovich**
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

Khasanov Adkham Amonkulovich
Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Docent

Leading organization: **Branch of the National University of Science and Technology "MISiS" in Almalyk**

The defence of the dissertation will be held on **"25" April, 2026 at 14⁰⁰** at the meeting of the Scientific Council (Phi) PhD.03/2025.27.12.T.17.04 at the Karshi state technical university. Address 180100, Karshi city, Mustakillik avenue, 225. Conference hall of Karshi State Technical University. Phone.: (75) 220-09-24; E-mail: info@kstu.uz.

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Center of the Karshi State Technical University under №174 Address: 180100, Karshi city, Mustakillik avenue, 225. Phone.: (75) 220-09-24.

The abstract of the dissertation is distributed on "16" April, 2026 y.
(Protocol at the register №2-26 on "16" April 2026 y.).



A.N. Shodiev
Chairman of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

O.A. Kayumov
Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees,
Doctor of Philosophy in Technical Sciences

B.R. Vokhidov
Chairman of the Scientific Seminar under the Scientific
Council for awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

The aim of the research is to improve the technology for extracting zinc concentrate from polymetallic ores of the Khandiza deposit.

The object of the research The polymetallic ores of the Khandiza deposit belonging to JSC “Almalyk Mining and Metallurgical Complex” are the subject.

The scientific novelty of the research lies in the followings:

a new flotation reagent regime has been substantiated and proposed, allowing for an increase in zinc extraction into the concentrate to 73.16% and zinc content in the concentrate to 55.9%;

an optimal regime for two-stage control flotation was developed, with an additional increase in zinc extraction by 12.84% due to the introduction of II-stage control flotation;

an improved flotation scheme has been developed that allows for a reduction in lead content in zinc concentrate;

a technological scheme and a chain diagram of apparatuses for the complex extraction of zinc and other non-ferrous metals into concentrates from polymetallic ores have been developed.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained in developing a comprehensive technology for extracting zinc and non-ferrous metals from polymetallic ores:

The technological scheme for the enrichment of zinc from polymetallic ores of the Khandiza deposit was implemented at the Khandiza Processing Plant of JSC “Almalyk MMC” (certificate of JSC “Almalyk MMC” No. 12-25/61-02890 dated December 4, 2025). As a result, a two-stage control flotation was used with an increase in the amount of collector and foaming agent reagents at the second stage of the main flotation, as well as an increase in the optimal consumption of reagents (120+60 g/t BCC) at the second stage of the control flotation, which made it possible to increase the degree of zinc extraction to 73.16%.

The proposed new flotation reagent regimen has been implemented at the Khandiza Processing Plant of JSC “Almalyk MMC” (certificate of JSC “Almalyk MMC” No. 12-25/61-02890 dated December 4, 2025). As a result, the degree of zinc extraction increased to 73.16%, and the Zn content in the concentrate was 55.9%.

A comprehensive technology for extracting zinc and non-ferrous metals has been implemented at the Xondiza Processing Plant of AGMK JSC (certificate of Almalyk MMC JSC No. 12-25/61-02890 dated December 4, 2025). As a result of applying the technology, the degree of zinc extraction during the II-basic zinc flotation was increased, and the implementation of the II-stage of control flotation increased the possibility of additional zinc extraction.

The 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 volume of the dissertation is 117 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. Hakimov K.J., Rajabov Sh.X. Rux metali, dunyo bo'yicha ishlab chiqarishdagi o'rni // Sanoatda raqamli texnologiyalar. – Qarshi, 2024. – №1. – 77-81 b (05.00.00).

2. Ражабов Ш.Х., Хасанов А.С., Хакимов К.Ж. Совершенствование технологий обогащения полиметаллических руд месторождения Хандиза на основе изучения вещественного состава // Universum: технические науки. – Москва, 2025. – №2(131) – С. 19-23 (02.00.00; №1).

3. Ражабов Ш.Х., Хакимов К.Ж. Исследование форм нахождения металлов в полиметаллических рудах месторождения Хандиза // Universum: технические науки. – Москва, 2025. – №11(140) – С. 40-45 (02.00.00; №1).

4. Хакимов К.Ж., Ражабов Ш.Х. Сырья характеристика и основных технологических материалов Хандизинского месторождения // Развитие науки и технологий. – Бухара, 2025. – № 4. – С.110-119.

5. Ражабов Ш.Х., Хакимов К.Ж. Исследование флотационного обогащения полиметаллических руд Хандизского месторождения // Цифровые технологии в промышленности. – Карши, 2025. – №3. – С. 1-7 (05.00.00).

6. Rajabov Sh.X., Hakimov K.J., Xolnazarov F.A., Abdisoatov S.Z. Xondiza koni polimetall rudalaridan rux, mis va qo'rg'oshin metallarini ajratib olish texnologiyasini takomilashtirish // Kompozitsion materiallar. – Toshkent, 2025. – №2. – 80-84 b (05.00.00; №13).

II bo'lim (II часть; part II)

7. Хакимов К.Ж., Ражабов Ш.Х., Абдисоатов С.З. Производство цветных металлов (цинк) // Международная научно-техническая конференция на тему: «Ресурсо-и энергосберегающие инновационные технологии в литейном производстве». – Ташкент, 23-24-май 2024 г. – С. 363-365.

8. Ражабов Ш.Х., Хакимов К.Ж. Совершенствование реагентного режима флотации при извлечении цинкового концентрата из полиметаллических руд месторождения Хандиза // Международная научно-техническая конференция на тему: «Перспективы геологии, горно-металлургической и нефтегазовой отраслей юга республики». – Термез, 22-23 ноябрь 2024 г. – С. 644-645.

9. Rajabov Sh.X., Hakimov K.J., Muhammadiyev E.M., Ibragimova M.Sh. Surxon vohasining javohiri xondiza konida mustaqil o'zbekistonning birinchi rux metalli // Respublika janubida geologiya, kon-metallurgiya va neft-gaz sohalarining istiqbollari mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik anjumani. – Termiz, 22-23 noyabr 2024-yil. – 219-220 b.

10. Ражабов Ш.Х., Хакимов К.Ж. Минералогические особенности и флотационная обогатимость полиметаллических руд месторождения Хандиза // Международная научно-техническая конференция на тему: «Перспективы геологии, горно-металлургической и нефтегазовой отраслей юга республики». – Термез, 22-23 ноябрь 2024 г. – С. 646-647.

11. Rajabov Sh.X., Hakimov K.J., Chorshanbiyev Sh.X. Rux metallining ishlab chiqarishining rivojlanish istiqbollari // Respublika janubida geologiya, kon-metallurgiya va neft-gaz sohalarining istiqbollari mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik anjumani. – Termiz, 22-23 noyabr 2024 yil. – 220-223 b.

12. Rajabov Sh.X., Hakimov K.J. Jahon rux sanoatida mamlakatlar reyting bozori dinamikasining kelajak prognozi // “Kon-metallurgiya xomashyolarni qayta ishlash, metallurgik va kimyoviy texnologiyalarning dolzarb muammolari va yechimlari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani. – Olmaliq, 8 aprel 2025 y. – 121-122 b.

13. Abdisoatov S.Z., Egamberdiyev A.A., Eshnazarov M.Sh., Rajabov Sh.X. Xondiza konidagi noyob elementlarni ajratishning ekologik jihatlari // “Surxondaryo viloyatida muhandislik va agrotexnologiyalar sohalarini rivojlantirish istiqbollari” mavzusidagi I xalqaro ilmiy-texnik anjumani. – Termiz, 16-17 may 2025-yil. – 144-145 b.

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

Bosmaga ruxsat etildi: 15.04.2026-yil Bichimi 60x841/16,
“Times New Roman” garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3. Adadi 60. Buyurtma №55
Qarshi “INTELLEKT” nashriyotida chop etildi.
Bosmaxona manzili: Qarshi sh. Mustaqillik shoh ko‘chasi 225-uy.

