

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.17/04.06.2021.T.06.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

SUYAROV JAHONGIR USMONQUL O‘G‘LI

**MURAKKAB TARKIBLI POLIMETALL KONLARDAN QIMMATBAHO
KOMPONENTLARNI KOMPLEKS AJRATIB OLISH
TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish

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

Navoiy – 2025

**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**

Suyarov Jahongir Usmonqul o'g'li

Murakkab tarkibli polimetall konlardan qimmatbaho komponentlarni kompleks
ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish.....3

Суяров Жахонгир Усмонкул угли

Разработка технологии комплексного извлечения ценных компонентов из
сложных полиметаллических месторождений21

Suyarov Jakhongir Usmonqul ugli

Development of a technology for the comprehensive extraction of valuable
components from complex polymetallic deposits.....39

E'lon qilingan ishlar ro'uxati

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.17/04.06.2021.T.06.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

SUYAROV JAHONGIR USMONQUL O‘G‘LI

**MURAKKAB TARKIBLI POLIMETALL KONLARDAN QIMMATBAHO
KOMPONENTLARNI KOMPLEKS AJRATIB OLISH
TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish

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

Navoiy – 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.4.PhD/T5058 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetida bajarilgan. Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.nsumt.uz) va «Ziyonet» Axborot ta’lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:	Samadov Alisher Usmanovich texnika fanlari doktori, professor
Rasmiy opponentlar:	Sharafutdinov Ulug‘bek Ziyatovich texnika fanlari doktori, professor Maxmarajabov Dilmurod Baxtiyorovich texnika fanlari doktori, dotsent
Yetakchi tashkilot:	Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti “MISiS” ning Olmaliq shahridagi filiali.

Dissertatsiya himoyasi Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti huzuridagi DSc.17/04.06.2021.T.06.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil « 18 » 09 soat 09⁰⁰ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 210100, Navoiy shahri, G‘alaba shoh ko‘chasi, 76v-uy. Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti majlislar zali. Tel.: (79) 223-23-32; faks: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz)

Dissertatsiya bilan Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (222 raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 210100, Navoiy shahri, G‘alaba shoh ko‘chasi, 76V-uy, Tel.: (79) 223-23-32; faks: (79) 223-49-66.)

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «05» 09 kuni tarqatildi.
(2025 yil «05» 09 dagi 26 raqamli reestr bayonnomasi)



K. Sanakulov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi t.f.f.d., professor

O.U. Fuzaylov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash ilmiy kotibi, t.f.f.d. (PhD)

U.A. Ergashev
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash qoshidagi
Ilmiy seminar raisi v.b., t.f.f.d., professor

KIRISH (Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda hozirgi vaqtda murakkab tarkibli polimetall rudalarni boyitish ancha murakkablashdi va metallarning ajralish darajasi yildan-yilga past ko'rsatgichni ko'rsatmoqda. Bunga asosiy sabablardan biri ruda tarkibida qimmatbaho komponentlarning strukturaviy namayon bo'lishi qiyin turdaligi va ruda zahiralari o'rganilganda, qimmatbaho komponentlarning miqdori kamligi, mayin xol-xolligi, zarrachalarning teng taqsimlanmaganligi va yuqori dispersligi tasdiqlandi, shu sababli murakkab tarkibli polimetall rudalarni boyitishga alohida yondashuv asosida texnologiya ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Bugungi dunyoda kunda tarkibida murakkab tarkibli oltin saqllovchi kon rudalarini boyitish va gidrometallurgik qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish, yangi samarali texnologiyalarni ishlab chiqish orqali murakkab tarkibli oltin saqllovchi kon rudalari tarkibidan barcha qimmatbaho komponentlarni kompleks ajratib olish va tarkibini maksimal darajada ochish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada murakkab tarkibli oltin saqllovchi kon rudalarini qayta ishlashni samaradorligini oshirish uchun yangi texnologiyalarni ishlab chiqish bilan bog'liq masalalarga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda kon-metallurgiya sanoatida qimmatbaho komponentlarni ajratib olishni ko'paytirish maqsadida murakkab tarkibli polimetall rudalarni boyitishning yangi texnologiyalarini ishlab chiqish bo'yicha ilg'or ilmiy asoslangan chora-tadbirlarni joriy qilinib, bir qator ilmiy amaliy natijalarga erishilmoqda. Bu borada boyitish uskunalardan konsentratorlarda, magnit ajratgichlarda va flotomashinalarda boyitishning kombinirlangan texnologiyasini chiqish bo'yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmonida¹ "ishlab chiqarishga tejamkor energiya va ekologik jihatdan xavfsiz texnologiyalarni joriy qilish va tashkil etish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini kengaytirish..." kabi muhim vazifalar belgilangan. Shu nuqtai nazardan, tadqiqotning ushbu yo'nalishi, murakkab tarkibli polimetall rudalarni ajratib olishda boyitish texnologiyasini ishlab chiqish va joriy qilish hamda qimmatbaho metallarning ajralish darajasini oshirish uchun yangi texnologiyalardan foydalanish alohida ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "Yangi O'zbekistonning 2022-2026-yillarga mo'ljallangan rivojlanish strategiyasi to'g'risida"gi PF-60 Farmonlarida nazarda tutilgan vazifalarni bajarishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti xizmat qiladi. 2021-yil 24-iyundagi, PF-5159 "Kon-metallurgiya sanoatini va unga aloqador boshqa yo'nalishlarni rivojlantirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 26-maydagi PQ-4731-sonli "Olmaliq KMK AJ konlari negizida rangli va qimmatbaho metallar ishlab chiqarishni kengaytirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarorida, shuningdek, ushbu faoliyat bilan bog'liq boshqa normativ hujjatlarda shu sohada qabul qilingan me'yoriy-huquqiy hujjatlarda

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "Yangi O'zbekistonning 2022-2026-yillarga mo'ljallangan rivojlanish strategiyasi to'g'risida"gi PF-60 -son Farmoni.

belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

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

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Dunyo amaliyotida murakkab tarkibli polimetall rudalarni qayta ishlashning texnologiyalarini rivojlantirish bo‘yicha ilmiy izlanishlarga Sedelnikova G.V., Savari Y.Y., Zaulochniy P.A., Koshel Y.A., Koyjanova A.K., Kenjaliyev B.K., Magomedov D.R., Abdildayev N.N., Fedotov P.K., Senchenko A.Y., Fedotov K.V., Burdonov A.Y. Sanakulov K.S., Samadov A.U., Yakubov M.M., Abduraxmonov S.A., Axmedov X.A., Xasanov A.S., Xabirov V.V., Ergashev U.A va shu kabi boshqa olimlar katta hissa qo‘shgan.

Bu yo‘nalishda gravitatsion boyitishning yangi jarayonlari, vintli separator, shlyuz, konsentratsion stol, konsentratorlardan, magnit ajratgichlardan va flotatsion mashinadan iborat sxema bo‘yicha tadqiqotlarni o‘z ichiga oladi. Shu nuqtai nazardan, tadqiqotning bu yo‘nalishida qimmatbaho metallarni ajratib olishni ko‘payishini ta‘minlaydigan yangi texnologiyalardan foydalangan holda, murakkab tarkibli polimetall rudalarni qayta ishlashda boyitish texnologiyasini ishlab chiqish katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega bo‘lib istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi.

Dissertatsiya ilmiy-tadqiqot ishi I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filialida AL-6022012291-son “Oksidlangan mis rudalarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini yaratish” mavzusidagi amaliy loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi Olchalik konining murakkab tarkibli polimetall rudalarini boyitish orqali nodir va rangli metallar ishlab chiqarishni ko‘paytirish imkonini beruvchi samarali texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

Ruda tarkibidagi komponentlarning fizik xususiyatlaridan kelib chiqqan holda, Olchalik rudasining tarkibidan oltin va kumushni markazdan qochma konsentratorlarda boyitishning optimal parametrlarini aniqlash;

Olchalik konining murakkab tarkibli polimetall rudalari tarkibidagi oltin, kumush va mis minerallarining fraksiyalar bo‘yicha sifat-miqdoriy taqsimotini o‘rganish orqali flotatsiya jarayonini o‘tkazish va komponentlarni samarali ajralish ko‘rsatgichiga erishish;

Olchalik koni murakkab tarkibli polimetall rudalarining sanoat mahsulotida oltin, kumush va mis boyitmasini ajratib olishda gravitatsion va flotatsion boyitish usullarini qo‘llagan holda kompleks qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish;

Murakkab tarkibli polimetall konlar rudalarini kompleks boyitishning texnologik sxemasi ishlab chiqilib, dastgohlar zanjiri sxemasini maqbul texnologik

ketma-ketligi aniqlash hamda qimmatbaho komponentlarni yuqori ajralish ko'rsatkichiga ega bo'lgan texnologiya ishlab chiqish.

Tadqiqotning obyektini sifatida Olchalik konining murakkab tarkibli polimetall rudalari olingan.

Tadqiqotning predmetini Olchalik konining murakkab tarkibli polimetall rudalaridan qimmatbaho komponentlar (oltin, kumush va mis)ni kompleks ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqotni olib borishda zamonaviy kompleks tadqiqot usullari, jumladan kimyoviy, mineralogik, optik-emission, spektral va analitik tahlillardan foydalanib laboratoriya tajribalari hamda keng qamrovli sanoat-sinov tajribalari natijalarini qayta ishlash usullaridan keng foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

Ruda tarkibidagi komponentlarning fizik xususiyatlaridan kelib chiqqan holda, Olchalik rudasini markazdan qochma konsentratorlarda boyitishda 70 G optimal parametri orqali oltinni boyitmaga ajralish ko'rsatkichi 65,7%, kumushni boyitmaga ajralish ko'rsatkichi 57,94% ni tashkil etishi aniqlangan;

Olchalik konining murakkab tarkibli polimetall rudasi tarkibidagi oltin, kumush va mis minerallarini fraksiyalar bo'yicha sifat-miqdoriy taqsimoti aniqlanib flotatsiya jarayonida 442F yig'uvchi reagenti qo'llash orqali oltin 78,36 %, kumush 57,2 % va misni 71,8 % ajratib olishning samarali ko'rsatkichiga erishish mumkinligi aniqlangan;

Olchalik konini murakkab tarkibli polimetall rudalaridan oltin, kumush va mis ajratib olishda gravitatsion va flotatsion boyitish usullarini qo'llagan holda kompleks qayta ishlash texnologiyasi ishlab chiqilgan;

murakkab tarkibli polimetall konlar rudalarini kompleks boyitishning texnologik sxemasi ishlab chiqilib, qimmatbaho komponentlarni maksimal boyitish darajasiga erishish uchun dastgohlar zanjiri sxemasini maqbul texnologik ketma-ketligi aniqlandi hamda birinchi marta oltinni 88,3 %, kumushni 78,7% va misni 83,8%li ajralish ko'rsatkichiga ega bo'lgan texnologiya ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

Olchalik koni polimetall rudalaridan oltin va kumushni markazdan qochma konsentratorlarda boyitishning markazdan qochma kuch kattaligi 70 G va Q:S=1:4 nisbatda, oltin va kumushning boyitmaga ajralishi aniqlangan;

Olchalik konining murakkab tarkibli polimetall rudasi tarkibida mavjud bo'lgan oltin, kumush va mis minerallarining fraksiyalar bo'yicha sifat-miqdoriy taqsimoti o'rganilib, flotatsiya jarayonida 442F yig'uvchi reagenti qo'llash orqali samarali ko'rsatkichiga erishish mumkinligi aniqlangan;

Olchalik konining murakkab tarkibli polimetall rudalarini gravitatsion va flotatsion boyitish usullarini birlashtirgan kompleks texnologiyasi hamda optimal rejimlari ishlab chiqilgan;

ruda namunalari qayta ishlashda qo'llaniladigan dastgohlarning texnik parametrlari aniqlandi va ular asosida Olchalik koni rudasini qayta ishlab, tarkibida 42,85 g/t oltin, 130,4 g/t kumush va 10,3 %li mis boyitmasiga ega bo'lgan boyitma olingan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi sezilarli hajmdagi murakkab tarkibli polimetall konlar rudalarini qayta ishlashning samarali parametrlari va rejimlarini aniqlash bo'yicha olib borilgan tajriba eksperimentlar hamda sanoat miqiyosida oltin, kumush va misni ajratib olish miqdorlarini qoniqarli mutanosibligi bilan asoslangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati, laboratoriya tajribalari va tajriba-sanoat sinovlari natijasida qimmatbaho komponentlarni (oltin, kumush va mis) ajratib olishga qaratilgan bo'lib, ularning fraksiyalari bo'yicha miqdoriy taqsimlanishi aniqlanganligi bilan izohlanadi va shu asosida Olchalik koni murakkab tarkibli polimetall rudalarini qayta ishlashning kombinirlangan usulini ishlab chiqish bilan izohlanadi;

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati murakkab tarkibli polimetall konlar rudalaridan qimmatbaho komponentlarni (oltin, kumush va mis) ajratib olishni ta'minlovchi texnologik sxemani ishlab chiqish natijasida oltinni 88,3 %, kumushni 78,7% va misni 83,8% boyitmaga ajralish ko'rsatkichiga erishishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Murakkab tarkibli polimetall konlardan qimmatbaho komponentlarni kompleks ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar asosida:

Olchalik koni rudalarini markazdan qochma konsentratorlar va flotomashinada boyitish orqali oltin va kumushni qayta ishlash texnologiyasi "Olmaliq KMK" AJ da joriy etilgan ("Olmaliq KMK" AJning 2025 yil 17 martdagi CA-0254-son ma'lumotnomasi). Natijada, ruda tarkibidan 88,3% oltin, 78,7% kumush boyitmasini ajratib olish imkonini bergan;

Olchalik koni rudalarini markazdan qochma konsentratorlar va flotomashinada boyitish orqali misni qayta ishlash texnologiyasi "Olmaliq KMK" AJ da joriy etilgan ("Olmaliq KMK" AJning 2025 yil 17 martdagi CA-0254-son ma'lumotnomasi). Natijada ruda tarkibidan 83,8% mis boyitmasini ajratib olish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 2 ta respublika va 4 ta xalqaro ilmiy – amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 12 ta ilmiy ishlar chop etilgan bo'lib, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 6 ta maqola, jumladan, 2 ta respublika va 4 ta xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi: kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 122 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida olib borilgan tadqiqotning dolzarbligi va zarurati, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti va predmeti, tadqiqotning Respublikada fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari ochib berilgan, tadqiqot

natijalarining amaliyotga joriy etilishi bo'yicha tavsiyalar, e'lon qilingan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar batafsil keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Murakkab tarkibli polimetall rudalarni boyitilganligi bo'yicha ilgari amalga oshirilgan tadqiqotlar tahlili”** deb nomlangan birinchi bobida zamonaviy adabiy manbalarni ko'rib chiqish va tahlil qilish, murakkab tarkibli polimetall rudalardan qimmatbaho komponentlarni qayta ishlash uchun dunyoning asosiy korxonalarining texnologiyalari ko'rib chiqilgan. Dunyoning bir qator mamlakatlarida oltin, kumush va mis kabi metallarni o'z ichiga olgan rudalarni boyitish fabrikalarida turli usullar yordamida rudalarni boyitish natijasida ilmiy tadqiqotlar olib borilganligi aniqlandi. Adabiyotlar tahlili natijasida polimetall rudalarning mexanik, fizik-kimyoviy xususiyatlarining boyitish jarayoniga ta'siri o'rganildi.

Rangli va qimmatbaho metallarning tarkibiy qismlarini, qo'shimcha zaxiralarni oshiradigan umuman sanoatni qayta ishlashning ilmiy asoslangan texnologiyalarini ishlab chiqish, tog'-kon metallurgiya sanoatida ishlab chiqarish iqtisodiy samaradorligini oshirishning muhim yo'nalishi hisoblanadi.

Dissertatsiyaning **“Murakkab tarkibli polimetall rudalarni qimmatbaho komponentlarni ajratib olish texnologiyalari bo'yicha tajribalar o'tkazish usuli va tadqiqot obyektlarini asoslash”** deb nomlangan ikkinchi bobida Olchalik konidan keltirilgan namunalari, joylari, ruda va ruda qamrab oluvchi metasomatitlarni mineral tarkiblari hamda namunalarning moddiy tarkibini o'rganishda foydalanilgan tahlil usullari, jumladan, to'liq kimyoviy, spektral, optik-emission spektral, probir, qimmatbaho komponentlarning joylashuv formatsiyalari, polimetall formatsiyasi bilan ifodalangan quduqlarning joylashish sxemalari, tadqiqot mobaynida foydalanilgan barcha turdagi tayyorlash, boyitish va tahlil qilish uskunalar haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Olchalik ruda namoyonlari siyenito-dioritlar, diabazli porfirritlar va kvarsli porfirritlarning ko'p sonli subvulkanik tanalari bilan yorib o'tgan o'rta karbon yoshidagi gabbroli va dioritli massivlar chegarasida joylashgan. Oltin, mis-porfirli va kumush bilan polimetall konlarga istiqbolli bo'lgan Olchalik ruda namoyonida rudani nazorat qiluvchi strukturalar sifatida shimoliy-sharqiy yo'nalishdagi uzilmali buzilishlar va kvarsli porfirritlarning subvulkanik tanalari, gabbroli siyenit-dioritlarning kontakt zonalari ko'rib chiqildi. Sharqiy uchastkada asosiy rudani nazorat qiluvchi tuzilmalar Olchalik paleovulkanonidan qiya shaklida tarqaladigan radial yoriqlar va uchastkaning murakkab strukturaviy mozaikasini hosil qilgan shimoli-sharqiy yo'nalishdagi yoriqlardir. Rudalashuvda diabazli porfirritlar subvulkanik tanalarining tufuqumtoshlar bilan kontakt zonalari ham muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu pozitsiyada ko'plab qadimiy qazilmalarni uchratish mumkin. Batafsil izlanishlar jarayonida Olchalik koni doirasida kumush-qo'rg'oshin, oltin-kumush va mis-porfir konlarini aniqlashga istiqbolli bo'lgan bir qator obyektlar ajratildi. Olchalik konining obyektlari o'rganilib balans va balansdan tashqari zaxiralarning umumiy hajmi 33 mln.t., ekanligi geologlar tomonidan prognoz qilingan va tarkibida oltin miqdori 2,48 g/t, kumush miqdori 8,47 g/t va mis miqdori 0,63% ekanligi aniqlangan.

Dissertatsiyaning “**Murakkab tarkibli polimetall rudalardan qimmatbaho komponentlarni kompleks ajratib olishning texnologiyasini tadqiq qilish va aniqlash**” deb nomlangan uchinchi bobda – granulometrik, spektral, ratsional va kimyoviy tahlillar, tadqiqot natijalari, yangi texnologiyalarni tanlash, boyitish darajasini o‘rganish, murakkab tarkibli polimetall rudalardan metallarni ajratib olishning maqbul parametrlari keltirilgan. Olchalik konining polimetall rudasini to‘liq tahlil qilish uchun dastlab ruda elakdan o‘tkazildi va granulometrik tahlili natijalari olindi.

Rudani granulometrik tahlil qilish natijalari shuni ko‘rsatdiki, yirik sinfdagi foydali komponentlar miqdori mayda sinfga qaraganda biroz yuqori. yanchilgan ruda nam holda 0,074 mm o‘lchamdagi elakdan o‘tkazildi. Sinflanish darajasi natijasiga bog‘liqligi va -0,074 mm gacha yanchish vaqti sarfiga bog‘liqligi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Sinf chiqishining -0,074+0mm yanchilish vaqtiga bog‘liqligi

Yanchish vaqti, min	0	10	20	30
Sinf chiqishi -0,074mm, %	9,14	46,7	74,9	84,5

Ruda namunasi gidrotermal o‘zgargan effuziv jinslarning bo‘lakli materialidan iborat bo‘lib, ularning o‘lchami 5 sm gacha yetadi. Mineralogik tahlil kimyoviy atom-absorbsion, ratsional, optik-emission spektral tahlillar yordamida amalga oshirildi, ular asosida Olchalik rudasi namuna minerallari ro‘yxati tuzildi. Rudaning moddiy tarkibini, oltin va kumushning joylashish shakllarini, ularning oltin tarkibli sulfidlar, noruda minerallar bilan bog‘liqligini aniqlash uchun mikroskopik va vizual ishlar bosqichma-bosqich amalga oshirildi.

2-jadval

O‘rtacha ruda namunasining ratsional tahlili natijalari

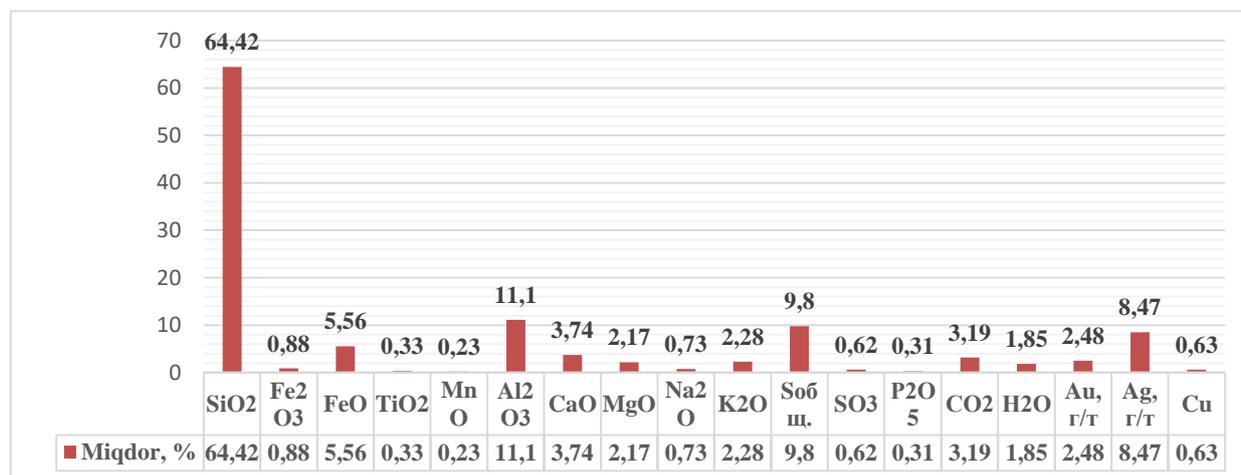
Oltin, kumushning joylashish shakli va ularning rudali komponentlar bilan bog‘lanish xarakteri	Metallarni taqsimlash			
	Au		Ag	
	g/t	%	g/t	%
Au va Ag sof tug‘ma, boshqa minerallar: xloridlar, sulfatlar, kumushning oddiy sulfidlari bilan aralashmada bo‘ladi	1,99	80,17	6,44	76,06
Kislotada eriydigan minerallar, temir va marganes oksidlari bilan bog‘langan Au va Ag	0,16	6,61	0,33	3,87
Au va Ag sulfidlarda (pirit va arsenopirit) (HNO ₃ bilan ishlov berilgandan keyin sianlashtiriladigan)	0,18	7,44	0,92	10,92
Au va Ag kvars, alyumosilikatlar va boshqa kislotada erimaydigan minerallarda	0,14	5,79	0,77	9,15
Jami namunalar	2,48	100	8,47	100

Ruda namunasidagi ratsional tahlil natijalari bo‘yicha:

- sof tug‘ma oltin va kumush 1,99 g/t (80,17%), kumush 6,44 g/t (76,06%);
- kislotada eruvchi minerallar hamda temir va marganes oksidlari bilan bog‘langan oltin 0,16 g/t (6,61%) va kumush 0,33 g/t (3,87%) ni egallaydi;
- Au-0,18 g/t (7,44%) va Ag-0,92 g/t (10,92%);
- kvars va alyumosilikatlardagi oltin va kumush va boshqalar. Kislotada erimaydigan minerallar: Au-0,14 g/t (5,79%) va Ag-0,77 g/t (9,15%);

Quyida 3-jadvalda minerallarning taxminiy miqdoriy nisbatlari, ularning donalari va namuna monomineral agregatlarining o'lchamlari, Olchalik rudasini tashkil etuvchi minerallarning ro'yxati va tavsifi keltirilgan.

O'rganilayotgan ruda namunasida oltinning asosiy topilish shakli ultra-yupqa dispers va changsimon hisoblanadi. Rudaning o'rtacha namunasining to'liq kimyoviy tahlili laboratoriyada UV-VID dastgohida va titrlash usulida amalga oshirildi, uning natijalari 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. O'rtacha ruda namunasining kimyoviy tahlil natijalari

O'rtacha namunadagi kimyoviy tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, o'rganilayotgan ruda namunasida oltin miqdori 2,48 g/t, kumush 8,47 g/t va mis 0,63% ni tashkil etdi.

Rudaning moddiy tarkibi bo'yicha tajriba sinovlari boyitish usullari asosida amalga oshirildi. Bunda tadqiqotlar asosan boyitishning gravitatsion va flotatsion, gidrometallurgik usullari asosiy usullar sifatida qabul qilingan. Rudani maydalash 40 ML markali laboratoriya sharli tegirmonida Q:S hamda sharlar nisbati 1:0,75:8 ga teng bo'lgan holda amalga oshirildi. Rudani gravitatsion boyitish 30KS markali laboratoriya konsentratsion stolida, markazdan qochma konsentratlarda amalga oshirildi. Ruda flotatsiyasi FM-1, FM-2, FL-237 laboratoriya flotatsiya mashinalarida amalga oshirildi. Flotatsiya qilishdan oldin ruda 40ML markali laboratoriya sharli tegirmonlarida 1 kg dan yanchildi. Boyitish tajribalari natijalari "Perkin-Elmer" firmasining atom-absorbsion spektrometri yordamida qimmatbaho komponentlarga kimyoviy tahlil ma'lumotlari bo'yicha baholandi.

Gravitatsion oltin tarkibli konsentratlarning sifati TU-Uz-65-001-94-003 texnik shartlari bo'yicha baholandi, ular bilan konsentratdagi oltin miqdori 50 g/t dan kam bo'lmagan va zararli aralashmalar: As=0,7% (margumush) dan ko'p bo'lmagan hamda Sb=0,3%(surma) va Al₂O₃=10%. Tarkibida oltin bo'lgan flotatsion boyitmalarni baholash uchun TU-Uz-65-001-94-006 texnik shartlaridan foydalanildi, unda oltin miqdori kamida 20 g/t va zararli aralashmalar miqdori As=2%, Sb=0,3% va Al₂O₃ = 10% dan oshmagan. Gravitatsion boyitish rudadan nisbatan yirik sof oltin zarralari va sulfidlarni graviokonsentratga ajratish uchun amalga oshirildi. Gravitatsion boyitish uchun kelib tushgan materialning yirikligi dastlabki rudaning yirikligidan kelib chiqqan holda qabul qilindi. Bunda -0,5+0 mm

dan -0,1+0 mm gacha o'Ichamlarda o'zgarib turdi. Dastlab konsentratsion stolda amalga oshirildi. Bunda quyidagi parametrlarda standart shaklda tajriba o'tkazildi. Stolning ishlash rejimi: - tebranish chastotasi minutiga 110 yurish; - tebranish amplitudasi 8-9 mm; - dekaning ko'ndalang qiyaligi 7-10⁰; - ruda miqdori 5 kg; - yuvuvchi suv sarfi - 4,5 l/min.

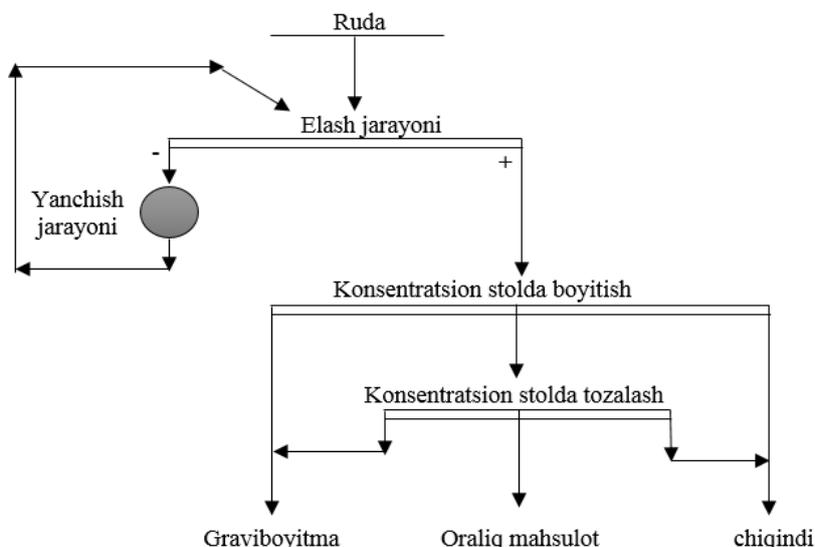
3-jadval

Olchalik koni rudasining mineralogik tahlil natijalari

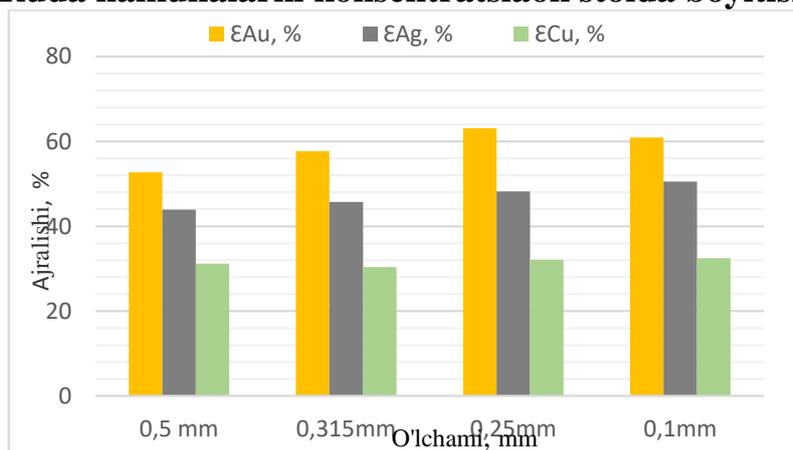
Minerallar nomi	Miqdor, %	Agregat va zarrachalar o'lchami, mm			
		Mavjudligi		namayonlanishi	
		dan	gacha	dan	gacha
Oltin, kumush va vismut minerallari: Sof tug'ma oltin	bir. xil.		0,035	0,004	0,02
Maldonit	bir. xil.	0,001	0,008	-	-
Silvinit	bir. xil.	0,001	0,018	-	-
Vismut va tellur minerallari: Vismutin	bir. xil.	0,03	0,32	-	-
Tetradimit	bir. xil.	0,007	0,06	-	-
Sulfidlar: Pirit	~3,7	0,001	2,10	0,05	0,2
Xalkopirit	~1,62	0,001	3,55	0,01	0,2
Sfalerit	bir. xil.	0,001	0,05	Mayin zarrachali	
Arsenopirit		0,001	0,01		
Temir gidrooksidi	bir. xil.	Mayin zarrachali			
Jins hosil qiluvchi minerallar: Kvars	~44,6	0,02	0,35	0,1	0,25
Plagioklazi (o'rtacha tarkibli)	~8,1	0,005	0,3	0,05	0,1
Kaliyli dala shpati	2,1	0,005	0,2	Mayin zarrachali	
Seritsit+gidroslyuda	~24,0	Mayin zarrachali			
Xloriti	~6,0	0,001	0,2	Mayin zarrachali	
Aktinolit	R. zn.	0,01	0,03	Mayin zarrachali	
Karbonati: Ankerit+ kalsit	7,5	0,07	1,25	0,1	0,2
Aksessorniye minerali: Apatit	~0,7	0,003	0,01	Mayin zarrachali	
Rutil+sfen	~0,5	0,001	0,01		
Magnetit	~0,5	0,001	0,02		
Flyuorit	R. zn.	0,01	0,08	-	

Keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, konsentratsion stolda namunaning boyitilishida rudani maydalashning yirikligi -0,25+0 mm bo'lganda eng yaxshi ko'rsatkichlar olindi. Bunda tarkibida 47,81 g/t oltin, 125,2 g/t kumush va 6,2 % mis bo'lgan gravioboyitma olinib, qimmatbaho metallar ajratib olishda mos ravishda 63,1%, 48,2% va 32,1% ni tashkil etdi. Bundan tashqari boshqa gravitatsion uskunalarda: cho'ktirish mashinasi, shlyuz, vintli separator va markazdan qochma konsentratorlarda ham amalga oshirildi. Ushbu uskunalardan Knelson rusumli markazdan qochma konsentratorida rudaning o'lchami 0,1-0 mm

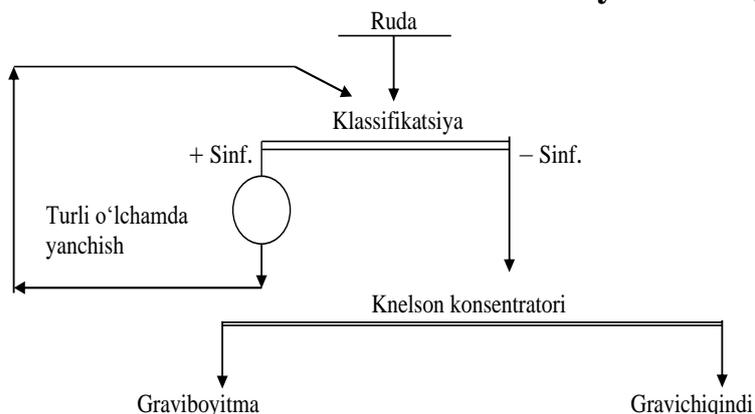
gacha, markazdan qochma kuchning qiymati 70 G, suvining sarfi 3-3,5 l/min. bo'lganda eng yaxshi ko'rsatkich olindi.



2-rasm. Ruda namunalarni konsentratsion stolda boyitish sxemasi

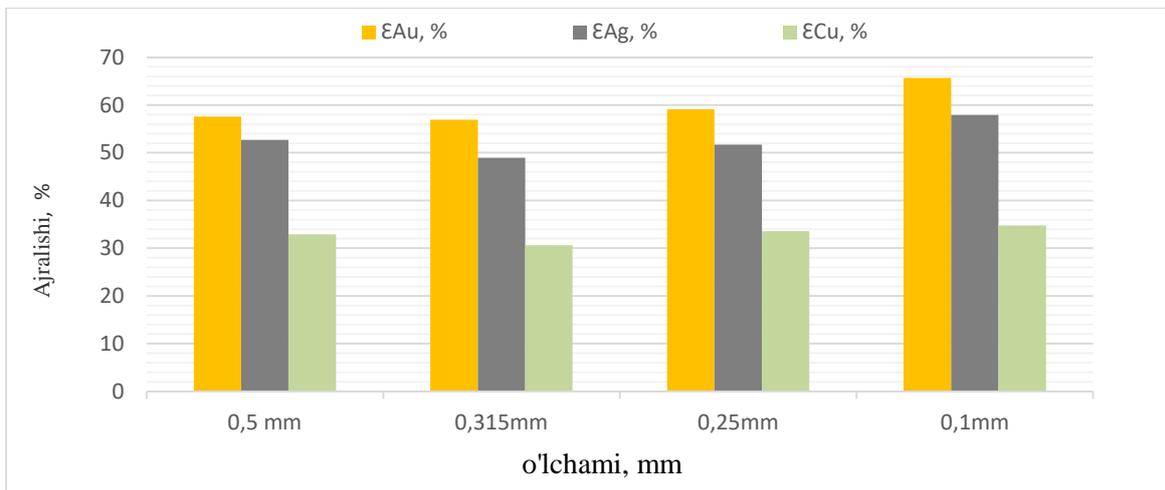


3-rasm. Rudalarni konsentratsion stolda boyitish natijalari

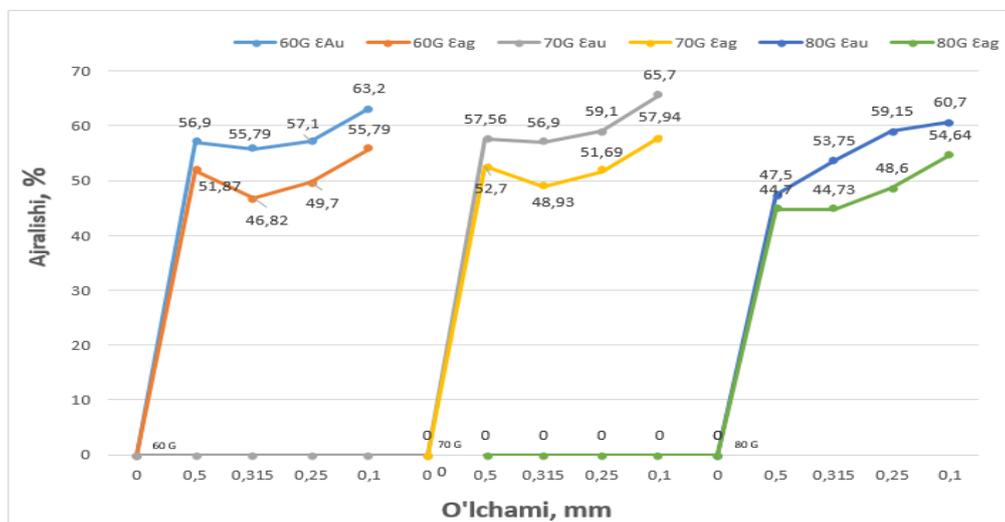


4-rasm. Ruda namunalarni markazdan qochma konsentratorda boyitish sxemasi

Bunda tarkibida 51,43 g/t oltin, 154,8 g/t kumush va 6,9 % mis bo'lgan graviboyitma olinib, qimmatbaho metallarning ajralishi mos ravishda 65,7%, 57,94% va 34,78% ni tashkil etdi.



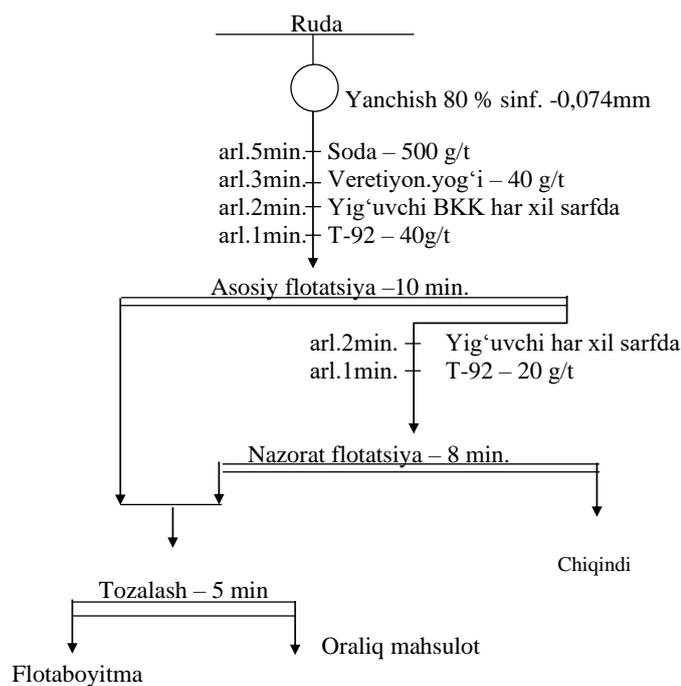
5-rasm. Ruda namunalarini markazdan qochma konsentratorda boyitish natijalari



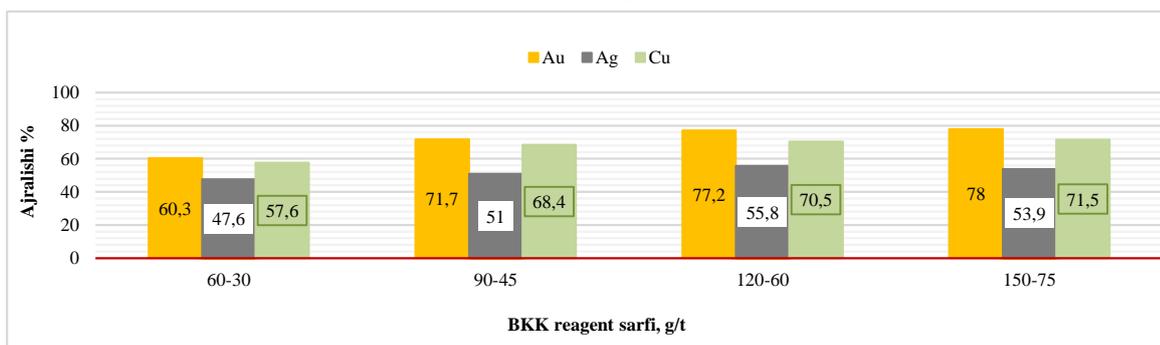
6-rasm. Olchalik koni ruda namunasini markazdan qochma konsentratorda boyitish natijalari

Ushbu taqqoslash grafigidan ko'rishimiz mumkinki, markazdan qochma kuchning qiymati har xil kattalikda o'tkazilgan tajriba sinovlardan 70G dagi qiymatida eng yaxshi natija olingan.

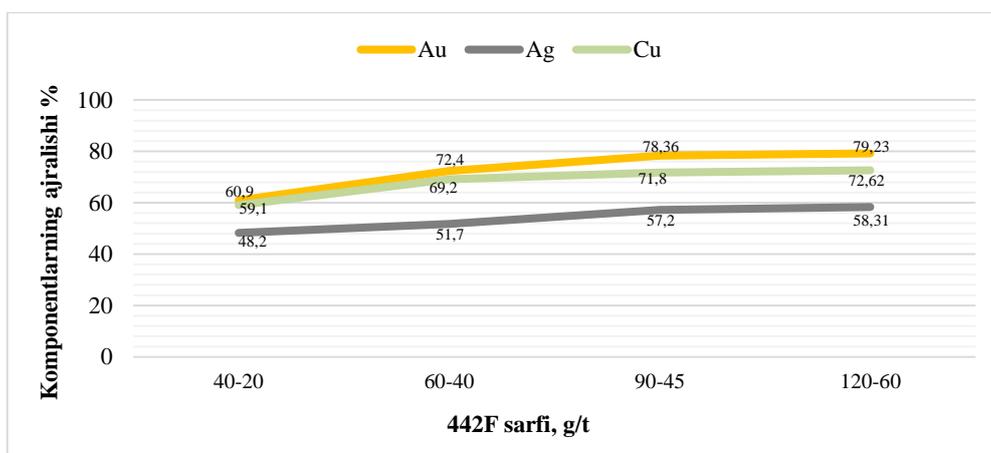
Tajribalarni o'tkazish uchun rudani -0,074+0 mm sinfining 80% yirikligigacha yanchish, flotatsiyaning asosiy, nazorat va tozalash jarayonlarini o'z ichiga olgan standart sxema olingan bo'lib yig'uvchi reagent BKK va hozirda tajriba sinov amaliyotida bo'lgan 442F markali yig'uvchi reagentlar bilan flotatsiya jarayoni o'tkazildi, qolgan reagentlar sarfi quyidagi rejim bo'yicha doimiy ushlab turildi (g/t): soda - 500; - vertyon moyi - 40; 442F yig'uvchi o'zgaruvchan sarfda; -T-92 - asosiy flotatsiyaga -40 va nazorat flotatsiyasiga -20.



7-rasm. Rudalarni flotatsiya usulida boyitish sxemasi



8-rasm. Olchalik koni rudalarini flotatsiya usulida BKK bilan boyitish natijalari



9-rasm. Olchalik koni rudasini 442F reagent bilan flotatsiyalash natijasi.

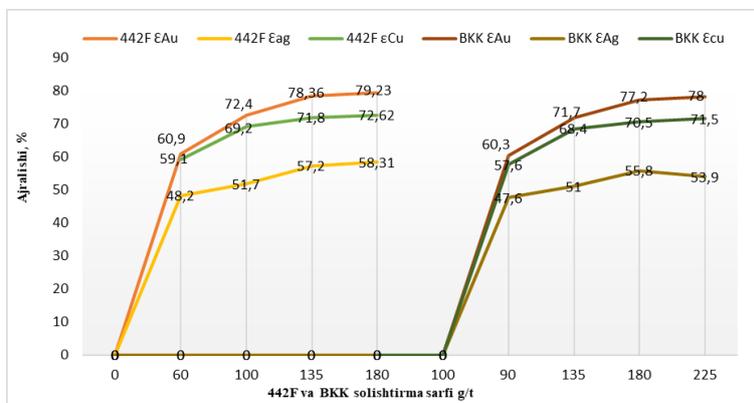
Ushbu grafikdan ko‘rinib turibdiki namunalarni flotatsiya usulida boyitishda BKK ning eng maqbul sarfi 120 g/t asosiy flotatsiyaga, 60 g/t nazorat flotatsiyasiga

qo'shish orqali olindi. Namunalarni flotatsiya usulida boyitishda BKK ning eng maqbul sarfida tarkibida 25,47 g/t oltin, 63,18 g/t kumush va 5,94 % mis bo'lgan flotaboyitma olindi, bunda oltinni ajralishi 77,2 % ni, kumushniki 55,8 % ni va misniki esa 70,5% ni tashkil qildi.

Qo'llanilgan yig'uvchi reagent BKK ning o'rniga hozirda tajriba sinov amaliyotida bo'lgan 442F markali yig'uvchi reagentning har xil sarfi bilan flotatsiya jarayoni o'tkazildi. Qolgan reagentlar sarfi quyidagi rejim bo'yicha doimiy ushlab turildi (g/t):

- soda - 500; - vertyon moyi - 40; -T-92 - asosiy flotatsiyaga -40 va nazorat flotatsiyasiga -20. va olingan natijalar quyidagi grafikda keltirilgan.

Ko'rinib turibdiki, rudani 442F yig'uvchi reagentlar bilan flotatsiya jarayoni amalga oshirilganda tarkibida 20,72-28,34 g/t oltin, 52,09-76,74 g/t kumush va 4,82-6,99 % misli boyitma olindi va o'z navbatida qimmatbaho komponentlarning ajralishi oltin uchun 60,9-79,23%, kumush 48,2-58,31% va mis 59,1-72,6% ni tashkil etdi.



10-rasm. Olchalik koni rudasini flotatsiya usulida BKK va 442F reagentlarini qo'llagan holda olingan natijalar farqi.

Namuna flotatsiya usulida 442-F reagenti bilan boyitilganda tarkibida 25,47 g/t oltin, 63,49 g/t kumush va 5,93% mis bo'lgan flotaboyitma olindi, bunda qimmatbaho metallarni ajralishi: oltin-78,36%, kumush-57,2%, mis-71,8% ni tashkil qildi. BKK va 442-F reagentlarini qo'llab natijalar solishtirilganda, 442-F reagentini BKK reagenti umumiy sarfining (120 g/t) 75% ga teng miqdorda (90 g/t) foydalanilganda, BKKni qo'llab olingan ko'rsatkichlardan ko'ra yuqoriroq ajralish darajasiga erishish aniqlandi. Foydali komponentlarni flotatsiyalanish xususiyatlarini oshirish, chiqindilarda qimmatbaho metallar miqdorini kamaytirish va ularni flotatsiya chiqindilari bilan yo'qotilishini oldini olish uchun tajribalar, qo'shimcha sifatida uzluksiz jarayon asosida o'tkazilgan flotatsiya tajribalarining natijasida, tarkibida 37,6 g/t oltin, 119,4 g/t kumush va 8,9 % mis bo'lgan boyitma olindi, bunda qimmatbaho metallarning boyitmaga ajralishi: oltin-77,8%, kumush-72,3%, mis-72,6% ni tashkil qildi. Olingan boyitmalar foydali komponentlarni miqdori jihatidan, mis erituvchi zavodlarga kelib tushadigan boyitmalarga qo'yiladigan talab TY-Y3-65-001-94-003, TY-Y3-65-001-94-006 ga javob beradi.

4-jadvaldan ko'rinib turibdiki, yanchilgan boyitmani sorbsion sianlashda oltinni smolaga ajralishi 93,70 % va kumushniki 83,40 % ni tashkil etdi; flotatsiyaning oxirigacha yanchilgan chiqindilaridan 78,85% oltin va 75,30%

kumush smolaga ajratib olindi va boyitmani sorbsion sianlashda oltinning smolaga ajralishi 92,10% va kumushning ajralishi 79,60% ni tashkil etdi.

4-jadval

Olchalik koni rudasini boyitish mahsulotlarini sorbsian sianlash natijalari

Mahsulot nomlari	Miqdor, g/t				Eritmaga ajralishi, %		Bo'tana hajmiga nisbatan D-301G qatronining sarfi, %
	dast. mah.		kekda		Au	Ag	
	Au	Ag	Au	Ag			
Mahsulotlarning dastlabki o'lchami							
Boyitma 1	42,85	130,4	3,72	27,7	91,30	78,20	-
Boyitma 2	42,85	130,4	3,38	25,9	92,10	79,60	2
Chiqindi 1	0,3	2,07	0,065	0,5	78,40	75,55	-
Chiqindi 2	0,3	2,07	0,065	0,51	78,38	75,10	2
-0,074+0 mmli yanchilgan mahsulot							
Boyitma 1	42,85	130,4	2,95	22,49	93,10	82,30	-
Boyitma 2	42,85	130,4	2,7	21,1	93,70	83,40	2
Chiqindi 1	0,3	2,07	0,065	0,52	78,12	74,85	-
Chiqindi 2	0,3	2,07	0,063	0,51	78,85	75,30	2

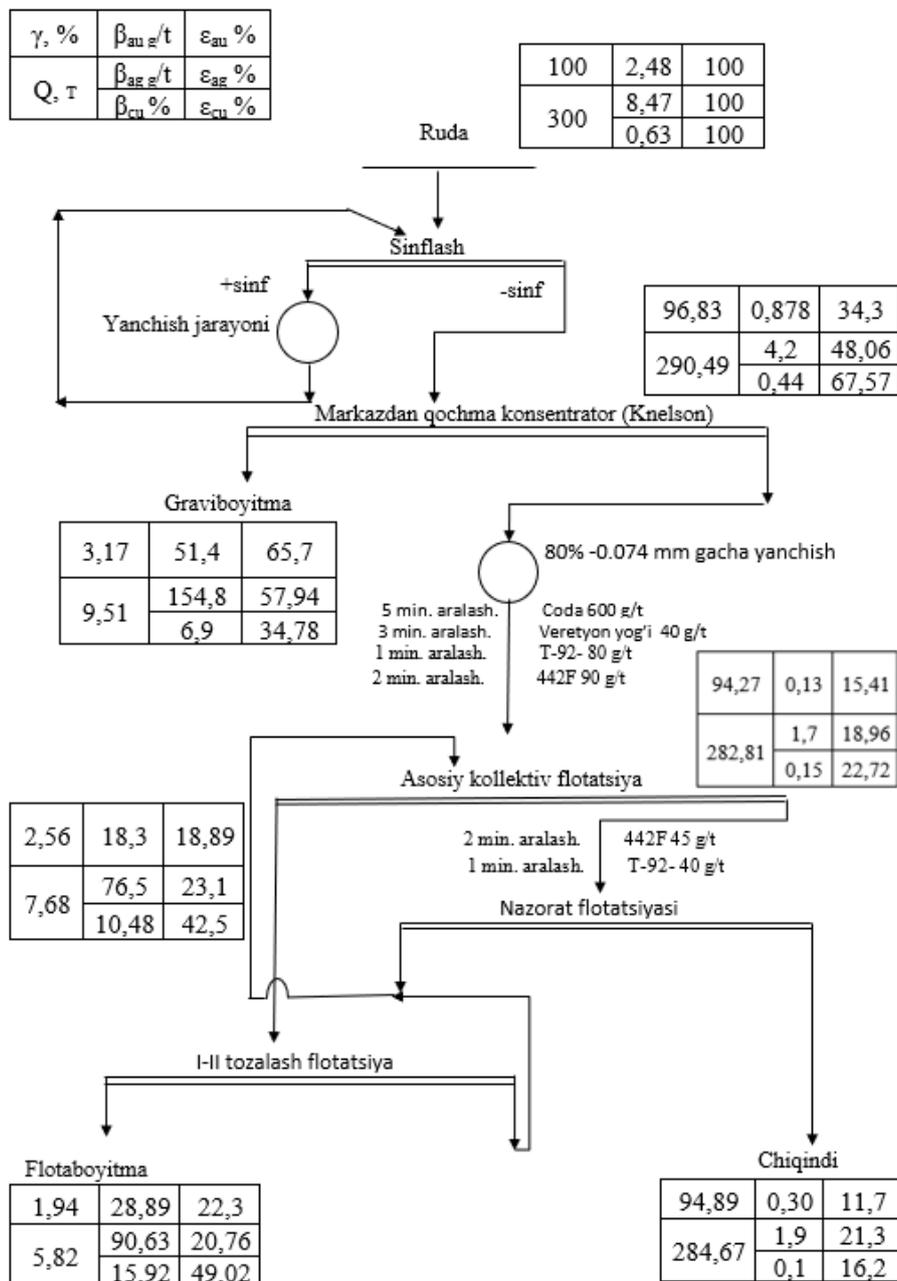
Dissertatsiyaning “**Murakkab tarkibli polimetall rudalaridan qimmatbaho komponentlarni kompleks ajratib olish uchun tavsiya etilayotgan texnologiya va uning iqtisodiy samaradorligi**” deb nomlangan to'rtinchi bobida ishlab chiqilgan texnologik sxemalar va tanlangan sxema asosida olingan natijalar, kontsentratlarni qayta ishlashga bag'ishlangan dastgohlar zanjir sxemasi hamda balans ko'rsatgich natijalari keltirilgan.

Bajarilgan laboratoriya va texnologik tadqiqotlarning natijalari bo'yicha Olchalik koni polimetall rudalarini boyitish uchun qayta ishlashning gravitatsiya-flotatsiya sxemasi tavsiya qilinadi. Tavsiya qilingan texnologik sxemaga ko'ra ruda namunasi -0,1+0 mm gacha yanchiladi va markazdan qochma konsentrator (Knelson) da gravitatsion boyitiladi. Polimetall rudalarni markazdan qochma konsentratorida boyitish chiqindilari misni maksimal darajada ajratib olish maqsadida 80% -0.074 mm gacha yanchib flotatsiya jarayoniga yuboriladi. Flotatsiya jarayonida asosiy, nazorat hamda metallarni boyitish darajasini oshirish maqsadida tozalash jarayonlari qo'llaniladi. Flotatsiya jarayoniga yig'uvchi reagent BKK ning o'rniga 442F yig'uvchi reagent (135g/t) qo'llanilgan va qolgan reagentlar optimal rejim asosida ushlab turiladi.

5-jadval

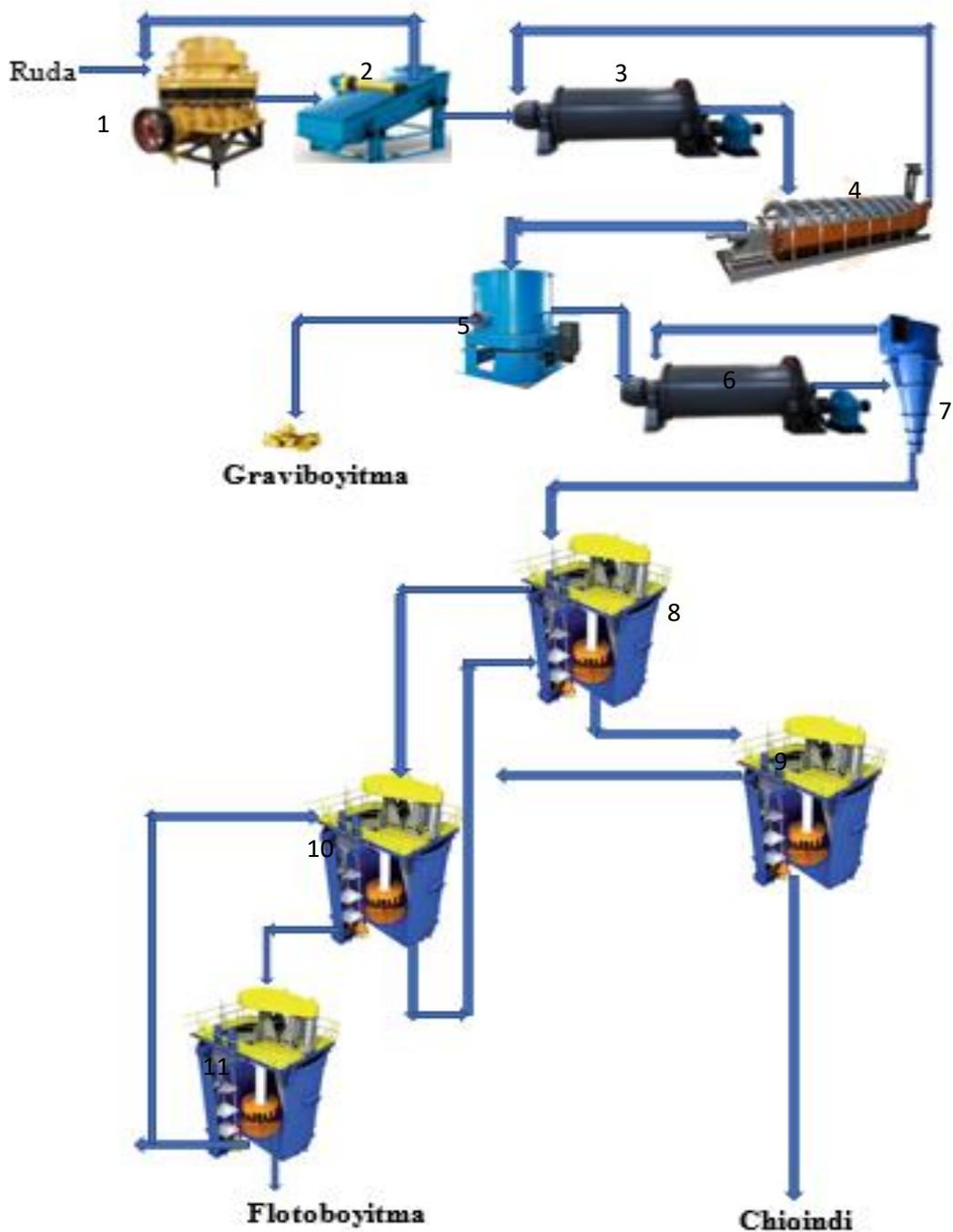
Olchalik koni rudasini tavsiya qilingan texnologik sxema bo'yicha qayta ishlash natijalari

Boyitilgan mahsulotlar	Chiqishi, %	Miqdori			Ajralishi, %		
		g/t		%	Au	Ag	Cu
		Au	Ag	Cu			
Graviboyitma	3,17	51,43	154,8	6,9	65,7	57,94	34,78
Flotaboyitma	1,94	28,89	90,63	15,92	22,7	20,76	49,02
Umum.boyitma	5,11	42,85	130,4	10,3	88,3	78,7	83,8
Chiqindi	94,89	0,30	1,9	0,10	11,7	21,3	16,2
Ruda	100	2,48	8,47	0,63	100	100	100



11-rasm. Olchalik koni polimetall rudasini boyitishning kombinirlangan sifat-miqdor sxemasi

Olchalik koni rudasini tavsiya qilinayotgan kombinirlangan sxema bo'yicha boyitish orqali, oltinni 88,3%, kumushni 78,7% va misni 83,8% ajratib olinib, tarkibida oltin 42,85 g/t, kumush 130,4 g/t va mis 10,3 % bo'lgan birlashgan boyitma olindi. Olingan boyitma TU-Uz-65-001-94-006 talablariga javob beradi va "Olmaliq KMK" AJ mis eritish zavodida mis konsentrati bilan birgalikda eritish uchun yaroqli hisoblanadi.



1- Jagʻli maydalash dastgohi JC231 ; 2- elash dastgohi 2YK1235; 3- tegirmon MIIP 2700*3600; 4- klassifikator; 5- Markazdan qochma konsentrator; 6- tegirmon MIIP 2700*3600; 7-gidrotsiklon; 8-11- flotatsiya mashinasi.

12-rasm. Olchalik koni polimetall rudasini boyitishning dastgohlar zanjir-sxemasi

XULOSA

Murakkab tarkibli polimetall konlardan qimmatbaho komponentlarni kompleks ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish mavzusidagi texnika fanlari boʻyicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi boʻyicha olib borilgan tadqiqotlarga asoslangan holda, nazariy va amaliy ahamiyatga ega boʻlgan quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Polimetall rudalar mineral hosil bo'lish bosqichlari va sharoitlarida katta xilma-xilligi, nisbatiga va asosiy ruda va jins hosil qiluvchi minerallar, rudaning tolali shakli, tekstura va struktura xususiyatlari hisobga olingan holda boyitish texnologiyasi tanlandi.

2. O'rtacha namunadagi kimyoviy tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, o'rganilayotgan ruda namunasida oltin miqdori 2,48 g/t, kumush 8,47 g/t va mis 0,63% ni tashkil etdi. Ruda namunasida sianlanadigan erkin oltin miqdori 80,17 % va kumush 76,06% ni tashkil qiladi; temir va marganes karbonatlari va gidroksidlari bilan 6,61% oltin va 3,87% kumush bog'langan; sulfidlar (pirit, arsenopirit) bilan 7,44% oltin va 10,92% kumush bog'langan.

3. Rudaning mineral va kimyoviy tarkibi bo'yicha rudaning oltin-karbonat-kvarsli kam sulfidli turiga kiradi, asosiy oltin konsentratlari xalkopirit, kvars va karbonatlardir. Oltin uchun mahsuldor paragenetik assotsiatsiyalar oltin-xalkopiritli va oltin-karbonat-kvarsli. Kumush texnologik namunada qo'shimcha element sifatida sof oltin va silvanit tarkibida bo'ladi.

4. Gravitatsion usulda namunaning boyitilishida rudani maydalashning yirikligi -0,1+0 mm bo'lganda eng yaxshi ko'rsatkichlar olindi. Bunda tarkibida 51,43 g/t oltin, 154,8 g/t kumush va 6,9 % mis bo'lgan gravioboyitma olinib, qimmatbaho metallar ajratib olishda mos ravishda 65,7%, 57,94% va 34,78 % ni tashkil etdi.

5. Ruda namunasi 442F yangi reagent bilan flotatsion boyitishda eng yaxshi natija tarkibida 25,47 g/t oltin, 63,49 g/t kumush va 5,93 % mis bo'lgan boyitma olindi, metallarni ajratib olish mos ravishda 78,36 %, 57,2% va 71,8 % ni tashkil etdi.

6. Ruda namunasini to'g'ridan to'g'ri sianlashda eritmaga oltinni ajratib olish 62,81-80,18% va kumushni ajratib olish 45,77-64,79% oralig'ida o'zgaradi. Boyitmani sorbsion sianlashda oltinning smolaga ajralishi 92,10% va kumushning ajralishi 79,60% ni tashkil etdi. Sianlash ko'rsatkichlari boyitish mahsulotlarini oxirigacha yanchish jarayoni qo'llanilgandan so'ng ortadi. Yanchilgan boyitmani sorbsion sianlashda oltinni smolaga ajratib olish 93,70% va kumushni 83,40% ni tashkil etdi; flotatsiyaning oxirigacha yanchilgan chiqindilaridan 78,85% oltin va 75,30% kumush smolaga ajratib olindi.

7. Murakkab tarkibli polimetall konlardan qimmatbaho komponentlarni kompleks ajratib olish uchun tavsiya etilgan kombinirlangan sxema bo'yicha boyitish natijasida ajralish koeffitsiyent mos ravishda oltin uchun 88,3%, kumush uchun 78,7% hamda mis uchun 83,8% tashkil etdi, bu o'z navbatida boyitma tarkibida oltin 42,85 g/t, kumushni 130,4 g/t hamda misni 10,3 % bo'lgan birlashgan boyitma olindi. Olingan boyitmalar TU-Uz-65-001-94-006 talablariga javob beradi va "Olmaliq KMK" AJ mis eritish zavodida mis konsentrati bilan birgalikda eritish uchun yaroqli hisoblanadi. Bu esa qimmatbaho metallar ishlab chiqarish hajmi oshishini hamda yiliga 1 mln tonna rudani qayta ishlaganda 421 670 (to'rt yuz yigirma bir ming olti yuz yetmish) AQSH dollari iqtisodiy samara olish imkonini beradi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.17/04.06.2021.Т.06.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. ИСЛАМА КАРИМОВА**

СУЯРОВ ЖАХОНГИР УСМОНКУЛ УГЛИ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ
ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ СЛОЖНЫХ
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации доктора философии (PhD) по ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

Навои – 2025

Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.4.PhD/T5058.

Диссертационная работа выполнена в Ташкентском государственном техническом университете им. Ислама Каримова.

Автореферат диссертации размещен на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) на веб-сайте Ученого совета (www.nsumt.uz) и Информационно-образовательном портале "ZiyoNet" (www.ziyo.net).

Научный руководитель:	Самадов Алишер Усманович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Шарафутдинов Улугбек Зиятович доктор технических наук, профессор Махмаражабов Дилмурод Бахтиёрович доктор технических наук, доцент
Ведущая организация:	Филиал Национального исследовательского технологического университета "МИСиС" в городе Алмалыке.

Защита диссертации состоится «18» 09 2025 года в 09⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.17/04.06.2021.T.06.01 (адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба Шох, 76-в. Зал заседаний Навоийского государственного горно-технологического университета. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горно-технологического университета (зарегистрирован за №222). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба Шох, 76-в. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан «05» 09 2025 года.
(реестр протокола рассылки №26 от «05» 09 2025 года)



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

О.У. Фузайлов
Ученый секретар Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.ф.т.н.(PhD)

У.А.Эргашев
И.о. председателя научного семинара при Научном
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В настоящее время в мире процесс обогащения полиметаллических руд сложного состава значительно усложнился, а степень извлечения металлов из года в год демонстрирует более низкие результаты. Одной из основных причин этого является сложное структурное проявление ценных компонентов в составе руды. При изучении запасов руды было подтверждено низкое содержание ценных компонентов, их тонкая вкрапленность, неравномерное распределение частиц и высокая дисперсность. В связи с этим разработка технологии, основанной на особом подходе к обогащению сложных полиметаллических руд, приобретает важное значение.

В мире на сегодняшний день проводятся научно-исследовательские работы по совершенствованию технологий обогащения и гидрометаллургической переработки золотосодержащих руд сложного состава, а также по комплексному извлечению всех ценных компонентов из таких руд и максимальному раскрытию их состава путём разработки новых эффективных технологий. В связи с этим особое внимание уделяется вопросам, связанным с разработкой новых методов, направленных на повышение эффективности переработки золотосодержащих руд сложного состава.

С целью увеличения извлечения ценных компонентов в горно-металлургической промышленности республики внедряются передовые научно обоснованные мероприятия по разработке новых технологий обогащения сложносоставных полиметаллических руд, благодаря чему достигается ряд научно-практических результатов. В этой связи проводятся исследования по разработке комбинированной технологии обогащения с использованием обогатительного оборудования — концентраторов, магнитных сепараторов и флотационных машин.

В Указе Президента Республики Узбекистан определены такие важные задачи, как "Расширение научно-исследовательских работ по внедрению и организации в производстве энергосберегающих и экологически безопасных технологий...". С этой точки зрения особое значение приобретают исследования, направленные на разработку и внедрение технологий обогащения при извлечении полиметаллических руд сложного состава, а также на применение новых методов повышения степени извлечения драгоценных металлов.

Данное диссертационное исследование направлено на реализацию задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», Указом Президента Республики Узбекистан от 24 июня 2021 года № УП-5159 ¹«О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической

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

промышленности и смежных с ней направлений», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 26 мая 2020 года № ПП-4731 О дополнительных мерах по расширению производства цветных и драгоценных металлов на базе месторождений АО «Алмалыкский ГМК», а также другими нормативными документами, связанными с данной сферой, в которых предусмотрены конкретные поручения по расширению отрасли.

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 мировой практике большой вклад в научные исследования по развитию технологий переработки полиметаллических руд сложного состава внесли Седелникова Г.В., Савари Й.Й., Заулочный П.А., Кошел Й.А., Койжанова А.К., Кенжалиев Б.К., Магомедов Д.Р., Абдилдаев Н.Н., Федотов П.К., Сенченко А.Й., Федотов К.В., Бурдонов А.Й., Санакулов К.С., Самадов А.У., Якубов М.М., Абдурахмонов С.А., Ахмедов Х.А., Хасанов А.С., Хабиров В.В., Эргашев У.А. и другие учёные.

Данное направление включает в себя исследования новых процессов гравитационного обогащения, реализуемых по схеме, включающей винтовой сепаратор, шлюз, концентрационный стол, концентраторы, магнитные сепараторы и флотационную машину. С этой точки зрения разработка технологии обогащения при переработке полиметаллических руд сложного состава с использованием современных методов, направленных на повышение извлечения драгоценных металлов, представляет собой важную научную и практическую задачу и является одним из перспективных направлений исследований.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационная научно-исследовательская работа выполнена в Алмалыкском филиале Ташкентского государственного технического университета имени И. Каримова в рамках грантового проекта АЛ-6022012291 на тему «Разработка технологии комплексной переработки окисленных медных руд».

Цель исследования — разработка эффективной технологии обогащения полиметаллических руд сложного состава месторождения Алчалык, позволяющей увеличить производство драгоценных и цветных металлов.

Задачи исследования:

Определение оптимальных параметров обогащения золота и серебра из состава Алчалыкской руды в центробежных концентраторах, исходя из физических свойств компонентов, содержащихся в руде;

Изучение качественно-количественного распределения по фракциям минералов золота, серебра и меди в составе сложных полиметаллических руд

месторождения Алчалык с целью проведения флотационного процесса и достижения эффективного извлечения компонентов;

Разработка технологии комплексной переработки сложносоставных полиметаллических руд месторождения Алчалык с применением методов гравитационного и флотационного обогащения для извлечения золотого, серебряного и медного концентратов в промышленный продукт;

Разработка технологической схемы комплексного обогащения руд полиметаллических месторождений сложного состава, определение оптимальной технологической последовательности схемы цепи аппаратов и создание технологии с высоким показателем извлечения ценных компонентов.

Объект исследования — выбраны сложные по составу полиметаллические руды месторождения Алчалык.

Предмет исследования — является разработка технологии комплексного извлечения ценных компонентов (золота, серебра и меди) из полиметаллических руд сложного состава Алчалыкского месторождения.

Методы исследования. При проведении исследования использовались современные комплексные методы, включая химический, минералогический, оптико-эмиссионный, спектральный и аналитический анализы, а также методы обработки результатов лабораторных экспериментов и широкомасштабных промышленных испытаний.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Исходя из физических свойств компонентов, содержащихся в руде, определено, что при обогащении руды месторождения Алчалык в центробежных концентраторах показатель извлечения золота в концентрат при оптимальном параметре 70 G составляет 65,7%, а показатель извлечения серебра в концентрат - 57,94%.

Определено качественно-количественное распределение по фракциям минералов золота, серебра и меди в составе полиметаллической руды сложного состава месторождения Алчалык. Установлено, что эффективные показатели извлечения золота — 78,36 %, серебра — 57,2 % и меди — 71,8 % могут быть достигнуты при использовании собирательного реагента 442F в процессе флотации.

Разработана технология комплексной переработки полиметаллических руд сложного состава месторождения Алчалык с использованием методов гравитационного и флотационного обогащения для извлечения золота, серебра и меди.

Разработана технологическая схема комплексного обогащения руд полиметаллических месторождений сложного состава, определена оптимальная технологическая последовательность в схеме цепочки аппаратов для достижения максимальной степени обогащения ценных компонентов, и впервые создана технология с показателями извлечения золота — 88,3 %, серебра — 78,7 % и меди — 83,8 %.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Определена степень извлечения золота и серебра в концентрат при обогащении полиметаллических руд месторождения Алчалык в центробежных концентраторах при величине центробежной силы 70 G и соотношении Т:Ж=1:4.

Изучено качественно-количественное распределение по фракциям минералов золота, серебра и меди, содержащихся в полиметаллической руде сложного состава месторождения Алчалык, и определено достижение эффективного показателя за счет применения собирающего реагента 442F в процессе флотации.

Разработана комплексная технология и оптимальные режимы, объединяющие гравитационные и флотационные методы обогащения сложносоставных полиметаллических руд месторождения Алчалык.

Определены технические параметры установок, применяемых при переработке проб руды, и на их основе, перерабатывая руду месторождения Алчалык, получен концентрат, содержащий 42,85 г/т золота, 130,4 г/т серебра и 10,3 % меди.

Достоверность результатов исследования подтверждена проведёнными экспериментальными исследованиями по определению эффективных параметров и режимов переработки руд значительных объёмов полиметаллических месторождений сложного состава, а также удовлетворительным соотношением показателей извлечения золота, серебра и меди в промышленных масштабах.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что в ходе лабораторных экспериментов и опытно-промышленных испытаний были выявлены закономерности количественного распределения ценных компонентов (золота, серебра и меди) по фракциям, направленные на их извлечение. На основе этих данных был разработан комбинированный способ переработки сложносоставных полиметаллических руд месторождения Алчалык.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что в результате разработки технологической схемы, обеспечивающей извлечение ценных компонентов (золота, серебра и меди) из руд сложных полиметаллических месторождений, послужить достижению извлечения золота в концентрат на 88,3%, серебра на 78,7% и меди на 83,8%.

Внедрение результатов исследования.

На основе проведённых исследований по разработке технологии комплексного извлечения ценных компонентов из полиметаллических руд сложного состава:

Технология переработки золота и серебра путем обогащения руд месторождения Алчалык с использованием центробежных концентраторов и флотомашины внедрена в АО «Алмалыкский ГМК» (справка АО

«Алмалыкский ГМК» № СА-0254 от 17 марта 2025 г.). В результате удалось извлечь из руды 88,3% золота и 78,7% серебра в концентрат;

Технология переработки меди путем обогащения руд Алчалыкского месторождения с использованием центробежных концентраторов и флотационных машин внедрена в АО «Алмалыкский ГМК» (справка АО «Алмалыкский ГМК» № СА-0254 от 17 марта 2025 г.). В результате удалось извлечь 83,8% медного концентрата из состава руды.

Апробация результатов исследования.

Апробация результатов данного исследования проведена на 2-й республиканской и 4-х международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 12 научных работ, из них 6 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 2 статьи в республиканских и 4 в зарубежных журналах.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 122 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость проведённого исследования, определены цели и задачи, объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Раскрыты научная новизна и практические результаты исследования, даны рекомендации по внедрению результатов исследования в практику, подробно приведены сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ ранее проведённых исследований по обогащению полиметаллических руд сложного состава»** рассмотрены и проанализированы современные литературные источники, а также технологии ведущих мировых предприятий по переработке ценных компонентов из полиметаллических руд сложного состава. Установлено, что в ряде стран мира проводились научные исследования по обогащению руд, содержащих такие металлы, как золото, серебро и медь, с применением различных методов на обогатительных фабриках. В результате анализа литературы изучено влияние механических и физико-химических свойств полиметаллических руд на процесс обогащения. Разработка научно обоснованных технологий комплексной переработки компонентов цветных и драгоценных металлов, позволяющих увеличить дополнительные запасы, является важным направлением повышения экономической эффективности горно-металлургического производства.

Во второй главе диссертации **«Обоснование объектов исследования и методика проведения экспериментов по технологиям извлечения ценных**

компонентов из полиметаллических руд сложного состава» представлены сведения об образцах, полученных с месторождения Алчалык, их местонахождении, минеральном составе руд и рудовмещающих метасоматитов, а также о методах анализа, использованных при изучении вещественного состава образцов. В частности, описаны полный химический, спектральный, оптико-эмиссионный, спектральный и пробирный анализы, формы нахождения ценных компонентов, схемы расположения скважин, представленные полиметаллической формацией. Приведена информация обо всех видах оборудования для подготовки, обогащения и анализа, использованного в ходе исследования.

Рудные проявления Алчалыка расположены на границе габбровых и диоритовых массивов среднекарбонového возраста, прорванных многочисленными субвулканическими телами сиенито-диоритов, диабазовых порфириров и кварцевых порфириров. В качестве рудоконтролирующих структур в Алчалыкском рудном проявлении, перспективном на месторождения золота, медно-порфирировые и полиметаллические с серебром, рассмотрены разрывные нарушения северо-восточного простирания и контактные зоны субвулканических тел кварцевых порфириров, габбровых сиенит-диоритов. Основными рудоконтролирующими структурами на восточном участке являются радиальные трещины, расходящиеся наклонно от палеовулкана Алчалык, и северо-восточные трещины, образующие сложную структурную мозаику участка. Важную роль в оруденении играют также зоны контакта субвулканических тел диабазовых порфириров с туфопесчаниками. В этой позиции можно встретить множество древних выработок. В ходе детальных изысканий был выделен ряд объектов, перспективных для выявления серебряно-свинцовых, золото-серебряных и медно-порфирировых месторождений в пределах площади Алчалык. Изучены объекты площади Алчалык, и геологами спрогнозировано, что общий объем балансовых и забалансовых запасов составляет 33 млн. т, при этом установлено содержание золота — 2,48 г/т, серебра — 8,47 г/т, а меди — 0,63 %.

Третья глава диссертации под названием **«Исследование и определение технологии комплексного извлечения ценных компонентов из полиметаллических руд сложного состава»** содержит результаты гранулометрического, спектрального, рационального и химического анализов, результаты исследований, описание выбора новых технологий, изучение степени обогащения, а также оптимальные параметры извлечения металлов из полиметаллических руд сложного состава. Для полного анализа полиметаллической руды Алчалыкского месторождения руду предварительно просеивали и получали результаты гранулометрического анализа.

Таблица 1

Зависимость выхода класса -0,074+0мм от времени измельчения

Время измельчения, мин.	0	10	20	30
Выход класс -0,074мм, %	9,14	46,7	74,9	84,5

Результаты ситового анализа руды показали, что содержание полезных компонентов в крупном классе несколько выше, чем в мелком. Измельченную

руды во влажном состоянии просеивали через сито размером 0,074 мм. В таблице 1 приведены зависимость степени классификации от результата и затраты времени на измельчение до -0,074 мм.

Таблица 2

Результаты рационального анализа средней пробы руды на золото и серебро

Форма залегания золота, серебра и характер их связи с рудными компонентами	Распределение металлов			
	Au		Ag	
	г/т	%	г/т	%
Au и Ag встречаются в самородном виде, а также в смеси с другими минералами: хлоридами, сульфатами и простыми сульфидами серебра.	1,99	80,17	6,44	76,06
Растворимые в кислоте минералы, Au и Ag, связанные с оксидами железа и марганца	0,16	6,61	0,33	3,87
В сульфидах Au и Ag (пирите и арсенопирите)	0,18	7,44	0,92	10,92
Au и Ag в кварце, алюмосиликатах и других нерастворимых в кислоте минералах	0,14	5,79	0,77	9,15
Общее количество проб	2,48	100	8,47	100

Таблица 3

Результаты минералогического анализа руды Алчалыкского месторождения

Название минералов	Содержани я, %	Размер агрегатов и частиц, мм			
		Наличие		Проявление	
		от	до	от	до
Минералы золота, серебра и висмута: Самородное золото	Ед. зн.		0,035	0,004	0,02
Мальдонит	Ед. зн.	0,001	0,008	-	-
Сильвинит	Ед. зн.	0,001	0,018	-	-
Минералы висмута и теллура: Висмутин	Ед. зн.	0,03	0,32	-	-
Тетрадимит	Ед. зн.	0,007	0,06	-	-
Сульфиды: Пирит	~3,7	0,001	2,10	0,05	0,2
Халькопирит	~1,62	0,001	3,55	0,01	0,2
Сфалерит	Ед. зн.	0,001	0,05	Тонкозернистые	
Арсенопирит		0,001	0,01		
Гидроксид железа	Ед. зн.	Тонкозернистые			
Породообразующие минералы: Кварц	~44,6	0,02	0,35	0,1	0,25
Плагиоклаз (среднего состава)	~8,1	0,005	0,3	0,05	0,1
Калиевый полевой шпат	2,1	0,005	0,2	Тонкозернистые	
Серицит+гидрослюда	~24,0	Тонкозернистые			
Хлорит	~6,0	0,001	0,2	Тонкозернистые	
Актинолит	Р. зн.	0,01	0,03	Тонкозернистые	
Карбонаты: Анкерит+кальцит	7,5	0,07	1,25	0,1	0,2
Акцессорные минералы: Апатит	~0,7	0,003	0,01	Тонкозернистые	
Рутил+сфен	~0,5	0,001	0,01		
Магнетит	~0,5	0,001	0,02		
Флюорит	Р. зн.	0,01	0,08	-	

Образец руды представляет собой обломочный материал гидротермально изменённых эффузивных пород, размер которого достигает 5 см. Минералогический анализ проводился с помощью химического, атомно-абсорбционного, рационального и оптико-эмиссионного спектрального анализов, на основе которых составлен перечень минералов пробы руды Алчалык. Микроскопические и визуальные исследования проводились поэтапно для определения вещественного состава руды, форм нахождения золота и серебра, их связи с золотосодержащими сульфидами и нерудными минералами.

По результатам рационального анализа пробы руды: Самородное золото составляет 1,99 г/т (80,17 %), серебро — 6,44 г/т (76,06 %); Золото, связанное с кислоторастворимыми минералами и оксидами железа и марганца, составляет 0,16 г/т (6,61 %), серебро — 0,33 г/т (3,87 %); Золото в сульфидах — 0,18 г/т (7,44 %), серебро — 0,92 г/т (10,92 %); Золото и серебро в кварце, алюмосиликатах и других кислотонерастворимых минералах: Au — 0,14 г/т (5,79 %), Ag — 0,77 г/т (9,15 %).

Ниже приведены примерные количественные соотношения минералов, размеры их зёрен и мономинеральных агрегатов в образце, а также перечень и описание минералов, составляющих руду Алчалык.

Основной формой нахождения золота в исследуемом образце руды является ультратонкодисперсная и пылевидная форма.

Полный химический анализ средней пробы руды был проведён в лаборатории на приборе UV-VIS с использованием вибрационного метода. Результаты анализа представлены на рисунке 1.

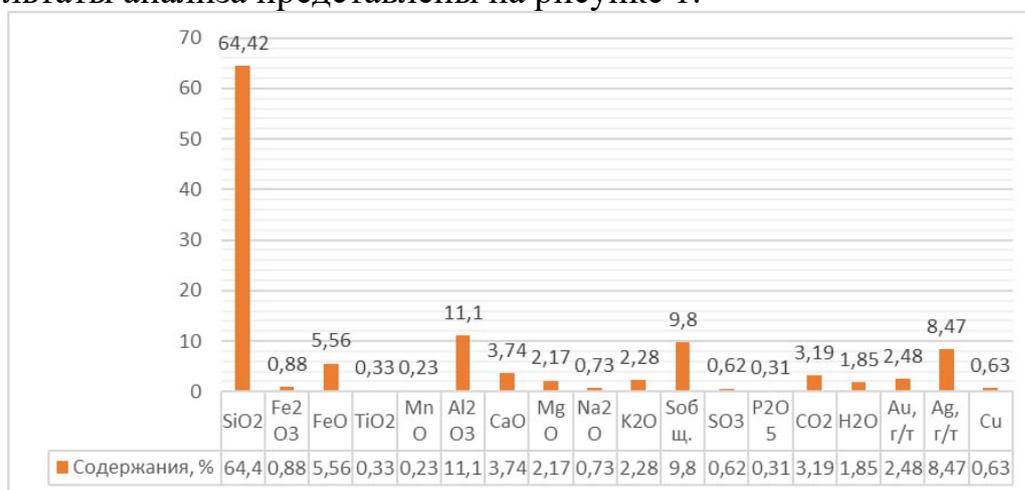


Рис. 1. Результаты химического анализа средней пробы руды

Результаты химического анализа средней пробы показали, что в исследуемом образце руды содержание золота составило 2,48 г/т, серебра — 8,47 г/т, а меди — 0,63%. Экспериментальные испытания по вещественному составу руды проводились на основе методов обогащения. При этом в качестве основных методов были приняты гравитационный, флотационный и гидрометаллургический методы обогащения. Измельчение руды осуществлялось в лабораторной шаровой мельнице марки 40МЛ при

соотношении твёрдое:жидкое и шаров 1:0,75:8. Гравитационное обогащение руды проводилось на лабораторном концентрационном столе марки 30КС и в центробежных концентраторах. Флотация руды осуществлялась на лабораторных флотационных машинах ФМ-1, ФМ-2, ФЛ-237. Перед флотацией руду измельчали порциями по 1 кг в лабораторных шаровых мельницах марки 40МЛ. Результаты экспериментов по обогащению оценивались по данным химического анализа на ценные компоненты с помощью атомно-абсорбционного спектрометра фирмы Perkin-Elmer.

Качество гравитационных золотосодержащих концентратов оценивали согласно техническим условиям ТУ-Уз-65-001-94-003, в которых установлено содержание золота в концентрате не менее 50 г/т и предельное содержание вредных примесей: мышьяк (As) — не более 0,7%, сурьма (Sb) — не более 0,3% и оксид алюминия (Al_2O_3) — не более 10%. Для оценки золотосодержащих флотационных концентратов применяли технические условия ТУ-Уз-65-001-94-006, где содержание золота должно быть не менее 20 г/т, а содержание вредных примесей не должно превышать: мышьяк (As) — 2%, сурьма (Sb) — 0,3% и оксид алюминия (Al_2O_3) — 10%

Гравитационное обогащение проводилось с целью извлечения из руды относительно крупных частиц самородного золота и сульфидов в гравиконцентрат. Крупность поступившего материала для гравитационного обогащения определялась исходя из размера исходной руды и варьировалась от -0,5+0 мм до -0,1+0 мм. Изначально процесс осуществлялся на концентрационном столе. Эксперимент проводился в стандартном режиме при следующих параметрах.

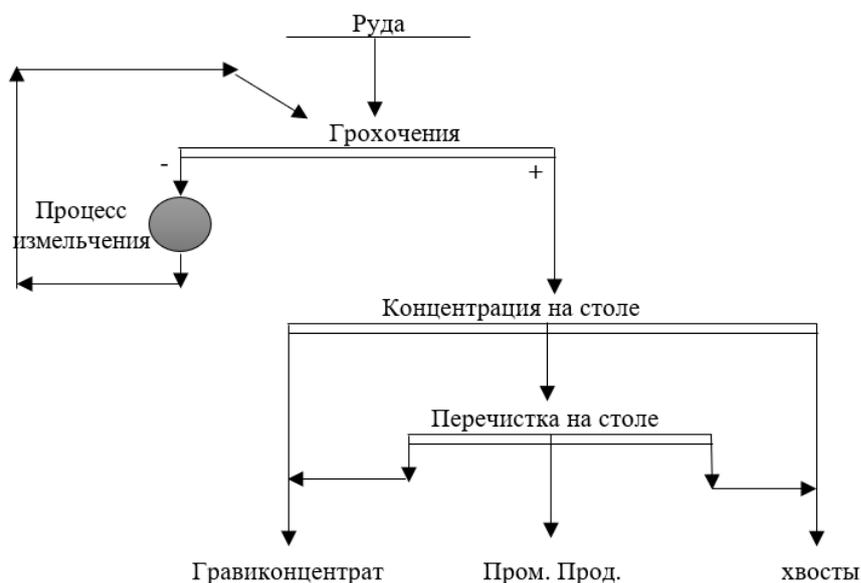


Рис. 2. Схема обогащения руд на концентрационном столе

Режим работы стола: - частота колебаний 110 ходов в минуту; - амплитуда колебаний 8-9 мм; - поперечный наклон деки 7-10°; - навеска руды 5 кг; - расход промывочной воды - 4,5 л/мин.

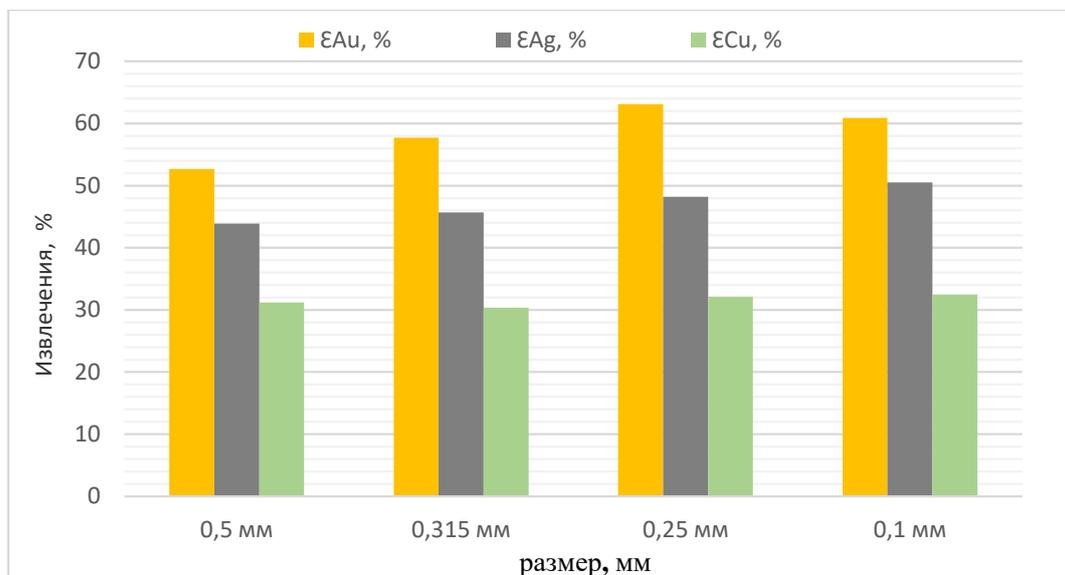


Рис. 3. Результаты обогащения проб руды в концентрационных столах

Из приведённых данных видно, что при обогащении пробы на концентрационном столе наилучшие результаты были достигнуты при крупности измельчения руды $-0,25+0$ мм. В результате был получен гравеоконцентрат, содержащий 47,81 г/т золота, 125,2 г/т серебра и 6,2 % меди, с извлечением ценных металлов соответственно 63,1 %, 48,2 % и 32,1 %.

Кроме того, обогащение проводилось на других гравитационных установках: отсадочной машине, шлюзе, винтовом сепараторе и центробежном концентрате. Наилучшие показатели были получены в центробежном концентрате марки Кнелсон при крупности руды $0,1-0$ мм, центробежной силе 70 G и расходе воды 3–3,5 л/мин.

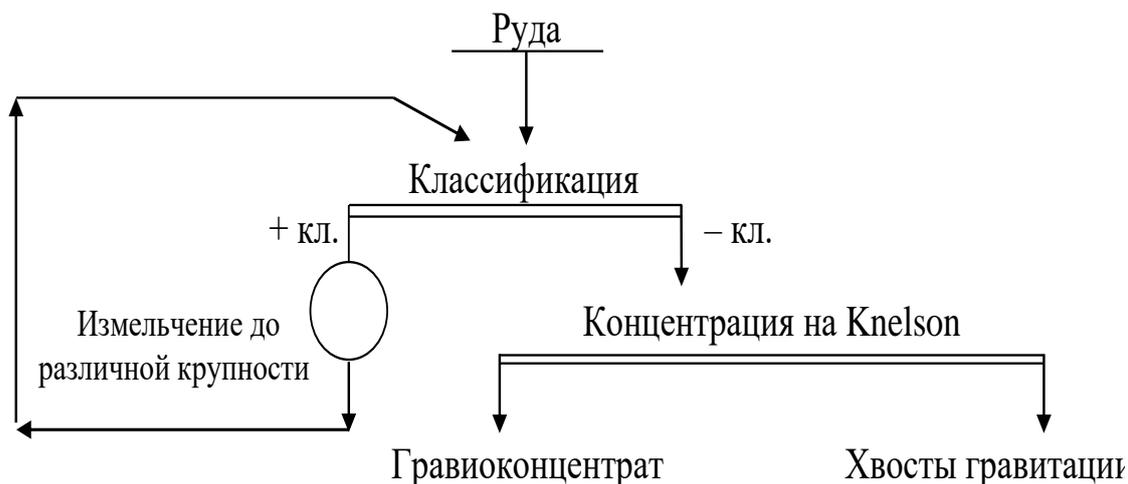


Рис. 4. Схема обогащения проб руды на концентрате

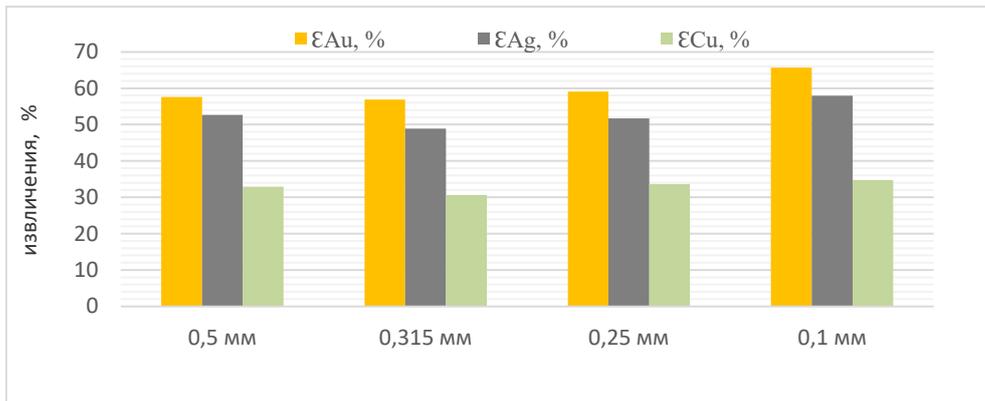


Рис. 5. Результаты обогащения проб руды в концентраторе

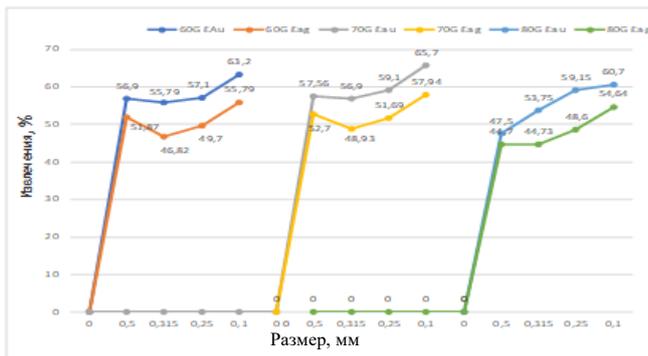


Рис.6. Результаты обогащения пробы руды месторождения Алчалык в ЦК

В результате был получен гравитационный концентрат, содержащий 51,43 г/т золота, 154,8 г/т серебра и 6,9 % меди, при этом извлечение драгоценных металлов составило 65,7 %, 57,94 % и 34,78 % соответственно.

Из сравнительного графика видно, что при различных значениях центробежной силы наилучшие результаты были достигнуты при 70 G. Для

экспериментов руду измельчали до крупности, при которой 80 % материала проходило через сито с размером ячеек -0,074+0 мм. Флотация выполнялась по стандартной схеме, включающей основную, контрольную и перечистную флотации. В процессе использовались собиратели БКК и марки 442F, при этом собиратель 442F находится на стадии экспериментальных испытаний. Расход остальных реагентов поддерживался постоянным по следующему режиму (г/т): сода — 500; веретенное масло — 40; собиратель 442F — с переменным расходом; Т-92 — 40 для основной флотации и 20 для контрольной.

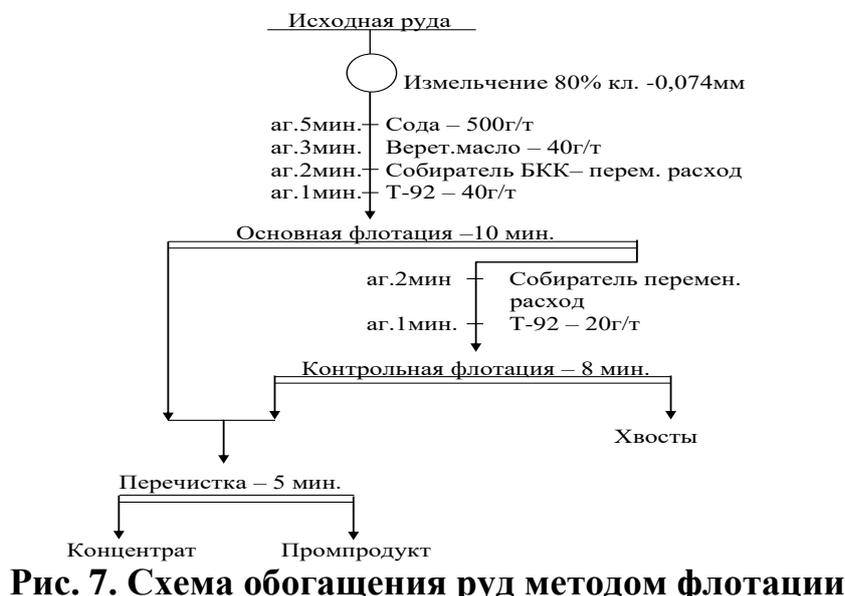


Рис. 7. Схема обогащения руд методом флотации

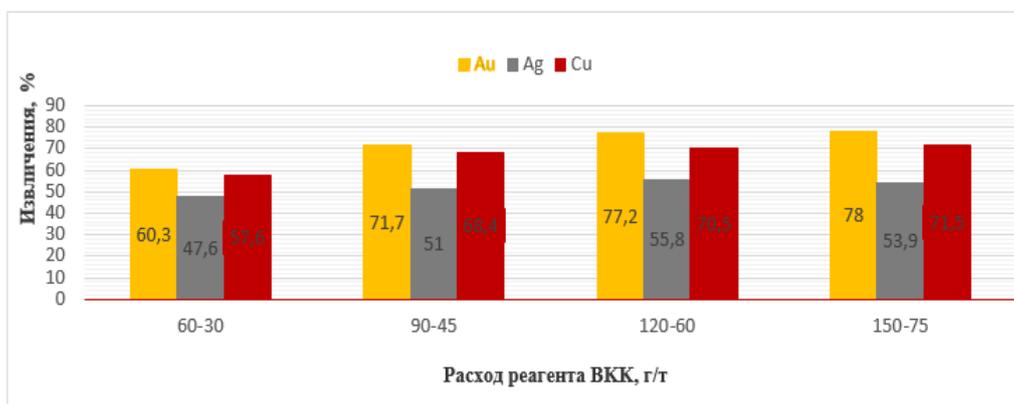


Рис. 8. Результаты обогащения руд методом флотации

Из этого графика видно, что оптимальный расход БКК при флотации образцов составляет 120 г/т для основной флотации и 60 г/т для контрольной флотации. При обогащении образцов методом флотации с оптимальным расходом БКК был получен флотационный концентрат, содержащий 25,47 г/т золота, 63,18 г/т серебра и 5,94 % меди. При этом извлечение золота составило 77,2 %, серебра — 55,8 %, а меди — 70,5 %. Концентрат получен с использованием добавления реагента на контрольную флотацию.

Вместо применявшегося собирательного реагента БКК был проведен процесс флотации с различным расходом собирательного реагента марки 442F, который в настоящее время находится на стадии экспериментальных испытаний. Расход остальных реагентов поддерживался постоянным по следующему режиму (г/т):- сода - 500; - веретенное масло - 40; -Т-92 - для основной флотации -40 и для контрольной флотации -20. Полученные результаты представлены на графике ниже.

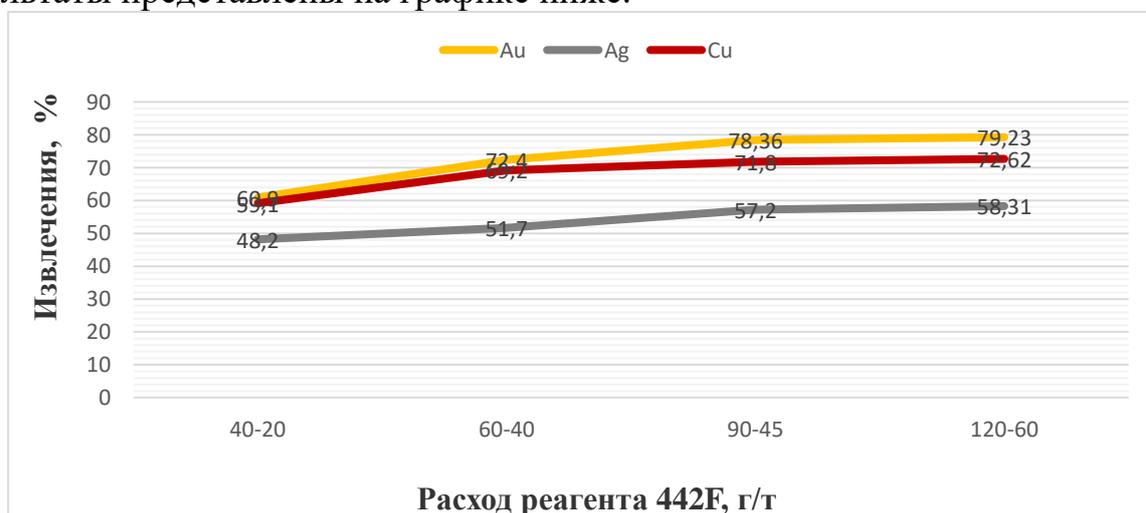


Рис. 9. Результат флотации руды Алчалькского месторождения с использованием реагента 442F.

Очевидно, что при проведении процесса флотации руды с использованием собирающего реагента 442F содержание золота составило 20,72–28,34 г/т, серебра — 52,09–76,74 г/т и меди — 4,82–6,99%, при этом извлечение ценных компонентов составило: для золота — 60,9–79,23%, для серебра — 48,2–58,31% и для меди — 59,1–72,6%.

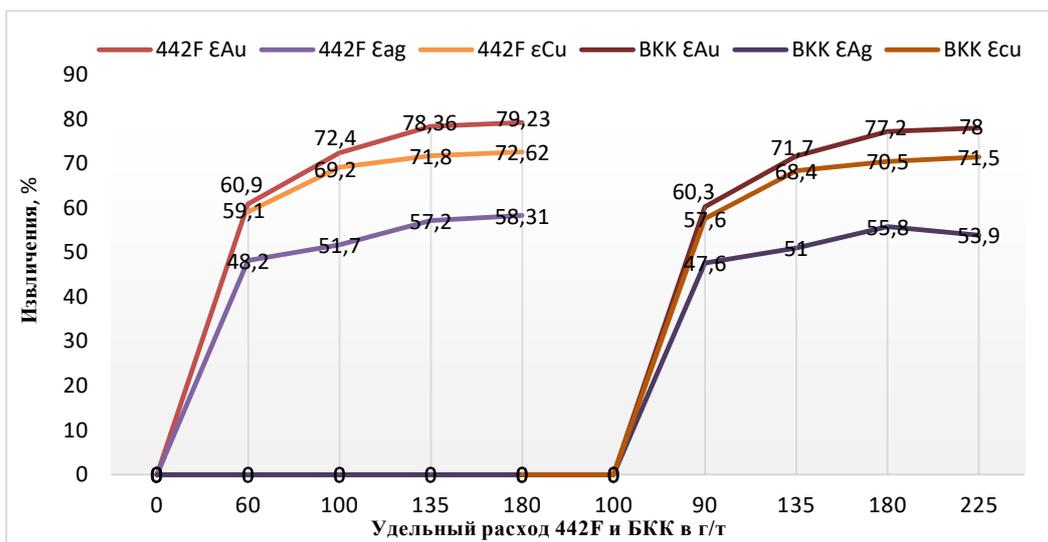


Рис. 10. Разница в результатах, полученных при флотации руды месторождения Алчалык с использованием реагентов БКК и 442F.

При обогащении образца методом флотации с использованием реагента 442F был получен флотационный концентрат, содержащий 25,47 г/т золота, 63,49 г/т серебра и 5,93 % меди, при этом извлечение драгоценных металлов составило: золото — 78,36 %, серебро — 57,2 %, медь — 71,8 %. При сравнении результатов, полученных с использованием реагентов БКК и 442F, установлено, что применение реагента 442F в количестве, равном 75 % от общего расхода реагента БКК (то есть 90 г/т вместо 120 г/т), обеспечивает более высокий уровень извлечения, чем использование БКК.

В результате экспериментов, проведённых на основе непрерывного процесса с целью повышения флотационных свойств полезных компонентов, снижения содержания драгоценных металлов в хвостах и предотвращения их потерь, был получен концентрат, содержащий 37,6 г/т золота, 119,4 г/т серебра и 8,9 % меди. При этом извлечение драгоценных металлов в концентрат составило: золото — 77,8 %, серебро — 72,3 %, медь — 72,6 %.

Полученные концентраты по содержанию полезных компонентов соответствуют требованиям технических условий ТУ-Уз-65-001-94-003 и ТУ-Уз-65-001-94-006, предъявляемым к концентратам, поступающим на медеплавильные заводы.

Как видно из таблицы 4, при сорбционном цианировании измельченного концентрата извлечение золота в смолу составило 93,70%, а серебра - 83,40%; из измельченных хвостов флотации извлечение золота в смолу составило 78,85%, а серебра - 75,30%; при сорбционном цианировании концентрата извлечение золота в смолу составило 92,10%, а серебра - 79,60%.

Продукты обогащения — гравифлотоконцентрат и хвосты флотации — подвергались цианированию по схеме, представленной на рисунке 14. Были проведены эксперименты по прямому и сорбционному цианированию с использованием ионообменной смолы Д-301Г. В экспериментах по сорбционному цианированию расход смолы составлял 3 % от объёма пульпы. Для цианирования брались пробы продуктов обогащения исходной крупности

и измельчённые до 80 % класса -0,074+0 мм. Результаты сорбционного цианирования приведены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты сорбционного цианирования продуктов обогащения руды месторождения Алчалык

Название продукта	Содержание, г/т				Извлечение в раствор, %		Расход смолы D-301G по отношению к объему пульпы, %
	исх. прод.		кек				
	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag	
Исходный размер продукции							
Концентрат 1	42,85	130,4	3,72	27,7	91,30	78,20	-
Концентрат 2	42,85	130,4	3,38	25,9	92,10	79,60	2
Хвосты 1	0,3	2,07	0,065	0,5	78,40	75,55	-
Хвосты 2	0,3	2,07	0,065	0,51	78,38	75,10	2
Продукт измельчения -0,074+0мм							
Концентрат 1	42,85	130,4	2,95	22,49	93,10	82,30	-
Концентрат 2	42,85	130,4	2,7	21,1	93,70	83,40	2
Хвосты 1	0,3	2,07	0,065	0,52	78,12	74,85	-
Хвосты 2	0,3	2,07	0,063	0,51	78,85	75,30	2

В четвёртой главе диссертации под названием «**Рекомендуемая технология комплексного извлечения ценных компонентов из полиметаллических руд сложного состава и её экономическая эффективность**» представлены разработанные технологические схемы и результаты, полученные на основе выбранной схемы: схема цепи аппаратов для переработки концентратов, а также результаты балансовых показателей.

По результатам проведённых лабораторных и технологических исследований рекомендована гравитационно-флотационная схема переработки для обогащения полиметаллических руд Алчалыкского месторождения. Согласно рекомендованной технологической схеме, проба руды измельчается до фракции -0,1+0 мм и подвергается гравитационному обогащению в центробежном концентраторе (Кнельсон). Хвосты обогащения полиметаллических руд в центробежном концентраторе измельчаются до 80 % класса -0,074 мм и направляются на флотацию с целью максимального извлечения меди. В процессе флотации применяются основной, контрольный и перечистный этапы для повышения степени обогащения металлов. Вместо собирательного реагента БКК был использован собирательный реагент 442F (135 г/т), при этом остальные реагенты поддерживались в оптимальном режиме.

Результаты переработки руды Алчалыкского месторождения по рекомендованной технологической схеме

Обогащенного продукт	Выход,	Содержания			Извлечения		
		г/т		%	Au	Ag	Cu
		Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu
Гравиконцентрат	3,17	51,43	154,8	6,9	65,7	57,94	34,78
Флотоконцентрат	1,94	28,89	90,63	15,92	22,7	20,76	49,02
Общий концентрат	5,11	42,85	130,4	10,3	88,3	78,7	83,8
хвосты	94,89	0,30	1,9	0,10	11,7	21,3	16,2
руда	100	2,48	8,47	0,63	100	100	100

В результате обогащения руды месторождения Алчалык по рекомендуемой гравитационно-флотационной комбинированной схеме получен объединенный концентрат с содержанием золота 42,85 г/т, серебра 130,4 г/т и меди 10,3% при извлечении золота 88,3%, серебра 78,7% и меди 83,8%. Полученный концентрат соответствует требованиям ТУ-Уз-65-001-94-006 и пригоден для совместной плавки с медным концентратом на медеплавильном заводе АО «Алмалыкский ГМК.»

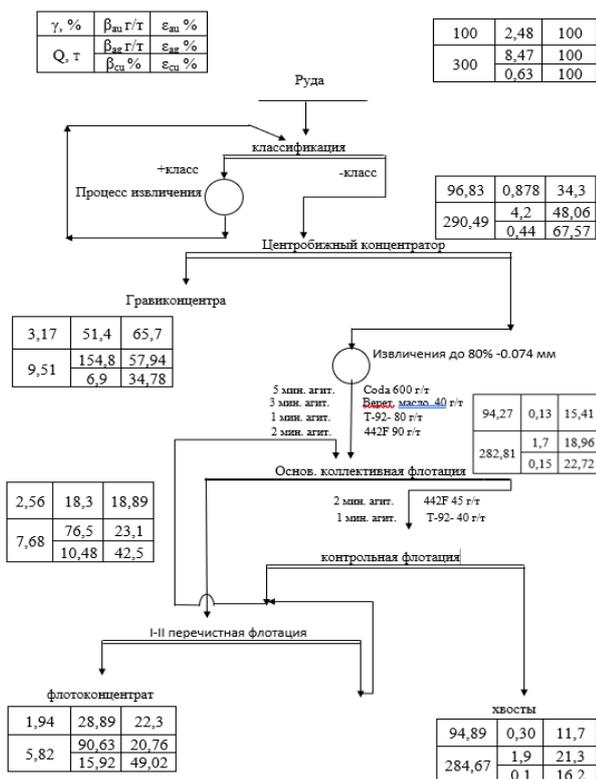


Рис. 11. Комбинированная качественно-количественная схема обогащения полиметаллической руды Алчалыкского месторождения

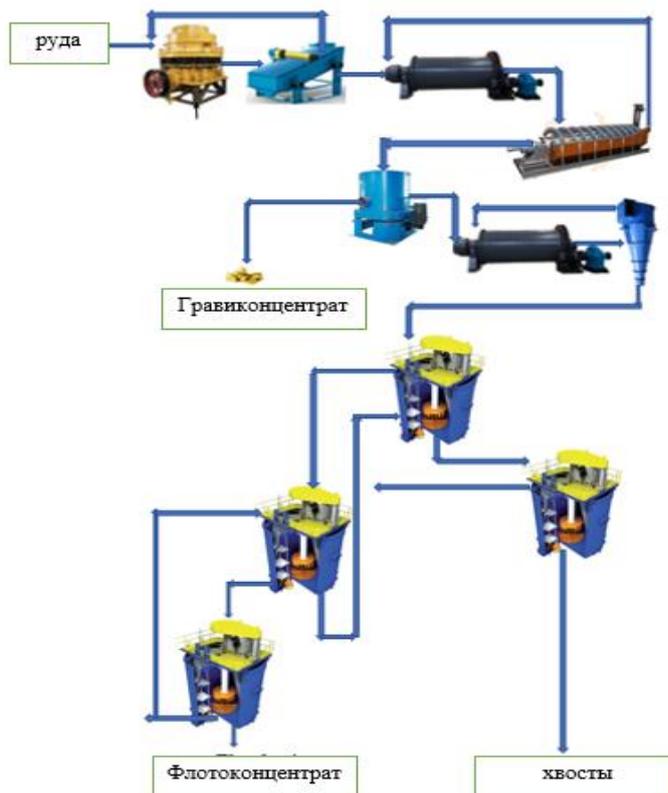


Рис. 12. Схема цепи аппаратов для обогащения полиметаллической руды месторождения Алчалык

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований в рамках диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему «Разработка технологии комплексного извлечения ценных компонентов из

полиметаллических месторождений сложного состава» представлены следующие выводы, имеющие теоретическое и практическое значение:

1. Технология обогащения полиметаллических руд выбрана с учетом большого разнообразия стадий и условий минералообразования, соотношения основных рудных и породообразующих минералов, волокнистой формы руды, а также ее текстурных и структурных особенностей.

2. Результаты химического анализа среднего образца показали, что в исследуемом образце руды содержание золота составило 2,48 г/т, серебра 8,47 г/т и меди 0,63%. Содержание цианируемого свободного золота в пробе руды составляет 80,17% и серебра 76,06%; с карбонатами и гидроксидами железа и марганца связано 6,61% золота и 3,87% серебра; с сульфидами (пирит, арсенопирит) связано 7,44% золота и 10,92% серебра.

3. По минеральному и химическому составу руда относится к золото-карбонатно-кварцевому малосульфидному типу, основными концентраторами золота являются халькопирит, кварц и карбонаты. Продуктивные для золота парагенетические ассоциации - золото-халькопиритовая и золото-карбонатно-кварцевая. Серебро в технологической пробе присутствует в качестве дополнительного элемента в составе самородного золота и сильванита.

4. При гравитационном обогащении образца наилучшие показатели получены при крупности измельчения руды -0,1+0 мм. При этом был получен гравитационный концентрат, содержащий 51,43 г/т золота, 154,8 г/т серебра и 6,9% меди, при извлечении благородных металлов 65,7%, 57,94% и 34,78% соответственно.

5. При флотационном обогащении образца руды с использованием нового реагента 442F получен концентрат, содержащий 25,47 г/т золота, 63,49 г/т серебра и 5,93% меди, извлечение металлов составило 78,36%, 57,2% и 71,8% соответственно.

6. При прямом цианировании пробы руды извлечение золота в раствор варьируется в пределах 62,81-80,18%, а извлечение серебра - 45,77-64,79%. При сорбционном цианировании концентрата извлечение золота в смолу составило 92,10%, а извлечение серебра - 79,60%. Показатели цианирования улучшаются после применения операции доизмельчения продуктов обогащения. При сорбционном цианировании доизмельченного концентрата извлечение золота в смолу составило 93,70%, а серебра - 83,40%; из доизмельченных хвостов флотации в смолу извлекается 78,85% золота и 75,30% серебра.

7. В результате обогащения по комбинированной схеме, рекомендованной для комплексного извлечения ценных компонентов из полиметаллических руд сложного состава, коэффициент извлечения составил 88,3% для золота, 78,7% для серебра и 83,8% для меди соответственно, что позволило получить объединенный концентрат с содержанием золота 42,85 г/т, серебра 130,4 г/т и меди 10,3%. Полученные концентраты соответствуют требованиям ТУ-Уз-65-001-94-006 и пригодны для плавки совместно с медным концентратом на медеплавильном заводе АО «Алмалыкский ГМК» Это позволит увеличить объем производства драгоценных металлов и получить экономический эффект в размере 421 670 (четыреста двадцать одна тысяча шестьсот семьдесят) долларов США при переработке 1 млн. тонн руды в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.17/04.06.2021.T.06.01 AT NAVOI STATE UNIVERSITY OF
MINING AND TECHNOLOGIES**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM
KARIMOV**

SUYAROV JAKHONGIR USMONQUL UGLI

**DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR COMPLEX EXTRACTION
OF VALUABLE COMPONENTS FROM COMPLEX POLYMETALLIC
DEPOSITS**

04.00.14 – Mineral processing

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

Navoi – 2025

The topic of the dissertation of a Doctor of Philosophy (PhD) is registered at the Higher Attestation Commission under the Ministry of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan under № B2024.4.PhD/T5058

The dissertation was completed at the Tashkent state technical university named after Islam Karimov. The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume) is on the website of the Scientific Council (www.nsmut.uz) and on the information and educational portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor: **Samadov Alisher Usmanovich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Sharafutdinov Ulug‘bek Ziyatovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Makhmarajabov Dilmurod Bakhtiyorovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization: **Almalyk branch of the National University of Science and Technology “MISiS”**

The defense of the dissertation will be held on «18» 09 2025 at 09⁰⁰ at the meeting of the Scientific council DSc.17/04.06.2021.T.06.01 at the Navoi state university of mining and technologies. Address: 210100, Navoi, Galaba Shoh street 76-v. Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz.

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi state university of mining and technologies under No 222 (Address: 210100, Navoi, Galaba Shoh street 76-v. Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66).

The abstract of the dissertation is distributed on «05» 09 2025.
(Protocol at the register № 26 dated «05» 09 2025.)



K. Sanakulov
Chairman of the Scientific Council for
awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

O.U. Fuzaylov
Scientific Secretary of the Scientific Council for
Awarding scientific degrees,
Doctor of Physical (PhD) in Technical Sciences

U.A. Ergashev
Acting Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific
Council for the Award of Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

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

The aim of the research The objective is to develop an effective technology that enables increased production of rare and non-ferrous metals through the enrichment of complex polymetallic ores from the Olchalik deposit.

The object of the research is polymetallic ores of complex composition of the Alchalyk deposit.

The scientific novelty of the research is as follows:

- Based on the physical properties of the components in the ore, during the enrichment of the Olchalik ore in centrifugal concentrators, high separation rates of 65.7% for gold and 57.94% for silver were achieved through the optimal parameter of 70 G.

- The qualitative and quantitative distribution of gold, silver, and copper minerals in the complex polymetallic ore of the Olchalik deposit has been determined by fractions. It has been established that using the collecting reagent 442F during the flotation process can achieve effective extraction rates of 78.36% for gold, 57.2% for silver, and 71.8% for copper.

- A complex processing technology has been developed for extracting gold, silver, and copper from polymetallic ores of complex composition at the Olchalik deposit, utilizing gravitational and flotation enrichment methods.

- A technological scheme for complex beneficiation of ores from polymetallic deposits with complex composition has been developed. The optimal technological sequence of the equipment chain has been determined to achieve the maximum degree of enrichment for valuable components. For the first time, a technology has been developed that achieves recovery rates of 88.3% for gold, 78.7% for silver, and 83.8% for copper.

Implementation of research results. Based on the research conducted on developing a technology for the complex extraction of valuable components from polymetallic ore deposits with complex composition:

The technology for processing gold and silver through enrichment of ores from the Olchalik deposit using centrifugal concentrators and flotation machines has been implemented at JSC "Olmaliq KMK" (according to certificate No. CA-0254 dated March 17, 2025, from JSC "Olmaliq KMK"). As a result, it has enabled the extraction of 88.3% gold and 78.7% silver concentrate from the ore composition;

The technology for copper processing through enrichment of ores from the Olchalik deposit using centrifugal concentrators and flotation machines has been implemented at JSC "Olmaliq MMC" (reference No. CA-0254 dated March 17, 2025, from JSC "Olmaliq MMC"). As a result, it has enabled the extraction of 83.8% copper concentrate from the ore composition.

The structure and scope of the thesis. The dissertation comprises an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total volume of the dissertation is 122 pages.

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

I bo'lim (I часть, part I)

1. Самадов А.У., Носиров Н.И., Суяров Ж.У. “Переработке труднообогатимости золотосодержащих руд” Euroasian journal of academic research, 2023, № 3. с. 164-168.(SJIF=5.685)

2. Самадов А.У., Суяров Ж.У. «Краткий информационный обзор по переработке проба золотосодержащей руды участка Алчалык Алчалыкской площад». International journal of formal education, 2023, № 2, с. 419-424.

3. Самадов А.У., Суяров Ж.У. Минералого-петрографическое изучение месторождения Алчалык// Miasto Przyszłości 1715 Kielce 2024, №1, с. 1715-1721. (Impact Factor: 9.9).

4. Самадов А.У., Носиров Н.И., Суяров Ж.У. The study of the location, amount, and composition of the rudal composition of the Alichalyk field, as well as the justification of the experimental method and research objects of the obtained samples. International Journal of Scientific Trends- (IJST). ISSN: 2980-4299 Volume 3, Issue 12, December – 2024-y. P: 85-90.

5. Samadov A.U., Nosirov N.I., Suyarov J.U. Murakkab tarkibli Olchalik koni rudasidan oltin va kumushni Sianlash usulida boyitish texnologiyasi «Qurilish va ta'lim ilmiy jurnali» («Научный журнал Строительство и образование», «Scientific journal Construction and education») ISSN 2181-3779 volume 4. 2025 y. 13-17-b.

6. Suyarov J.U. Olchalik koni murakkab tarkibli polimetall rudalaridan oltin va kumush metallarini gravitatsion usulida boyitish texnologiyasi "Sanoatda raqamli texnologiyalar" ilmiy-texnik jurnali №3(1)-son 2025-y. 103-107-b.

II bo'lim (II часть; part II)

7. Самадов А.У., Носиров Н.И., Суяров Ж.У. Изучение вещественного состава золотосодержащей руды участка Алычалык «Комплексное инновационное развитие зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы» IV международной конференция 16.11.2023 с. 63-64

8. Самадов А.У., Носиров Н.И., Суяров Ж.У. Изучение вещественного состава и подготовка золотосодержащих руд к обогащению. «Ресурсосберегающие технологии в минерально-индустриальном мегакомплексе в условиях устойчивого развития экономики» Сборник трудов Международной научно-практической конференции. ISBN 978-601-323-440-3. Алматы: КазНИТУ, 14.03.2024.–с.376-378

9. Suyarov J.U. Oltin saqlovchi rudalarni mintaqadagi joylashuvlari va ularning xususiyatlari. “Mineral xomashyolar va texnogen chiqindilarni samarali qayta ishlashning muammolari, istiqbollari va innovatsion yondashuvlar” Respublika ilmiy-texnik anjuman 2024-yil 15-16-may. 152-154 betlar.

10. Самадов А.У., Носиров Н.И., Суяров Ж.У. Olchalik koni rudalaridan olingan namunalarning hududiy joylashuvi va minerallarning assotsiatsiyalanishi. «Kimyo sanoatining dolzarb muammolari, innovatsion yechimlari va istiqbollari» Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya 2024 y. 278-279-b.

11. Самадов А.У., Носиров Н.И., Суяров Ж.У. Olchali koni ruda miqdorini va tarkibiy qismini o'rganish. «Kimyo sanoatining dolzarb muammolari, innovatsion yechimlari va istiqbollari» Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya 2024 y. 280-281-b.

12. Suyarov J.U. Juraqulov J.J. Olchalik koni rudalarining maydalanish darajasini va mineralogik tarkibini o'rganish «O'zbekistonda kon-metallurgiya xomashyolarini qayta ishlash texnologiyalarining dolzarb muammolari va yechimlari» Respublika ilmiy-amaliy konferensiya 2025 y. 26-27-b.

Avtoreferat “O‘zbekiston konchilik xabarnomasi” jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bichimi 60x84_{1/16}. Ofis qog‘ozi. Raqamli bosma usulida chop etildi. Times New Roman garniturasida. Shartli bosma tabog‘i: 2,75. Adadi 60. Buyurtma № 41 . Guvohnoma № 021683 “SARMISH NASHR” MCHJ bosmaxonasida chop etilgan. Bosmaxona manzili: Navoiy sh., G‘alaba shox ko‘chasi, 84a-uy.