

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

---

**«MINERAL RESURSLAR INSTITUTI»  
DAVLAT MUASSASASI**

**USENOV RASUL BOVIRJONOVICH**

**QOLMAQIR KONI OKSIDLANGAN VA ARALASH MA'DANLARINI  
BOYITILUVCHANLIGINI O'RGANISH**

**04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish**

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

**Navoi 2023**

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

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

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

**Usenov Rasul Bovirjonovich**

Qolmaqir koni oksidlangan va aralash ma'danlarini  
boyitiluvchanligini o'rganish..... 3

**Усенов Расул Бовиржонович**

Исследование обогатимости окисленных и смешанных руд  
месторождения Кальмакыр..... 21

**Usenov Rasul Bovirjonovich**

Study of the mineral processing of oxidized and mixed ores  
at the Kalmakyr deposit..... 39

**E'lon qilingan ishlar ro'yxati**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 41

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

---

**«MINERAL RESURLAR INSTITUTI»  
DAVLAT MUASSASASI**

**USENOV RASUL BOVIRJONOVICH**

**QOLMAQIR KONI OKSIDLANGAN VA ARALASH MA'DANLARINI  
BOYITILUVCHANLIGINI O'RGANISH**

**04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish**

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

**Navoi 2023**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.4.PhD/T3268 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Doktorlik dissertatsiyasi «Mineral resurslar instituti» Davlat muassasasida bajarilgan.  
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.ndki.uz) va «ZiyoNet» Axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:** **Almatov Ilxomjon Mirzabek o'g'li**  
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD),  
katta ilmiy xodim

**Rasmiy opponentlar:** **Sharafutdinov Ulugbek Ziyatovich**  
texnika fanlari doktori, dotsent

**Xudoyarov Suleyman Rashidovich**  
texnika fanlari nomzodi, dotsent

**Yetakchi tashkilot:** **Toshkent davlat texnika universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Navoiy Davlat konchilik va texnologiyalar universiteti huzuridagi DSc.17.04.06.2021.T.06.01 raqamli Ilmiy kengashning 2023 yil « 15 » 04 soat 14<sup>00</sup> 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@ndki.uz, nsmi@gmail.com).

Dissertatsiya bilan Navoiy Davlat konchilik va texnologiyalar universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (129 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 2023 yil « 31 » 03 kuni tarqatildi.

(2023 yil « 31 » 03 dagi 10 raqamli reyestr bayonnomasi)



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

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

**A.U. Samadov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash qoshidagi  
ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

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

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda elektr avtomobil ishlab chiqarish hajmining kengayishi va ekologik toza energiya ishlab chiqarish hajmining ko'payishi misga bo'lgan global talabni keskin oshirdi. Yer yuzidagi mis ma'danlarining zahiralari tobora kamayib borishi hamda ikkilamchi misning jahonda ishlab chiqarish hajmi kam ulushni tashkil qilishi mis qazib olish tannarxi oshishiga olib kelmoqda. Bugungi kunda misning katta qismi mashinasozlik, qurilish va infratuzilmada ishlatiladi. Shu bilan birga oxirgi yillarda avtomobilsozlik sanoati rivojlanishi natijasida misdan foydalanish hajmining keskin oshishiga olib kelmoqda. Shu sababli misning miqdori kam bo'lgan konlarni qazib olish va qayta ishlashning yangi texnologiyalarini ishlab chiqish masalalarini hal etishga e'tibor qaratish muhim ahamiyatga ega.

Bugungi kunda dunyoda misning asosiy qismi sulfidlangan mis ma'danlarini qayta ishlash orqali olinmoqda va oksidlangan hamda aralash mis ma'danlarini gravitatsion, flotatsion va tanlab eritish usullarini qo'llagan holda boyitish va mavjudlarini takomillashtirishning yangi texnologik usullari va sxemalarini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, oksidlangan va aralash mis ma'danlarni boyitishda zamonaviy uskunalarni qo'llagan holda innovatsion texnologiyalarni joriy qilish asosida mis ma'danlaridan kompleks foydalanish hisobiga misdan tashqari boshqa nodir metallarni ajratib olish natijasida ma'danni qayta ishlash tannarxini kamaytirish, texnologik jarayondan ajralib chiqayotgan chiqindi va gazlarni zararsizlantirish, ekologik toza va iqtisodiy samarador texnologik usullarni joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda mis ma'danlarining yangi konlarini sanoatda o'zlashtirish maqsadida olib borilayotgan texnologik tadqiqotlarda mahalliy reagentlardan va yuqori ishlab chiqarish unumdorlikga ega zamonaviy uskunalardan foydalangan holda mis ma'danini qayta ishlash texnologiyarini ishlab chiqishga doir bir qator ilmiy-amaliy natijalarga erishilmoqda. Yangi O'zbekistonning 2022-2026 yillarga mo'ljallangan taraqqiyot strategiyasida<sup>1</sup> «ilmiy-tadqiqot va innovatsion faoliyatni rag'batlantirish, innovatsion yutuqlarni amaliyotga joriy etishning samarali mexanizmlarini yaratish, ishlab chiqarishga energiya va resurs tejaydigan texnologiyalarni keng joriy etish...» kabi muhim vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalardan kelib chiqqan holda, oksidlangan va aralash mis ma'danlarni boyitish jarayonlarini intensivlashtirish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash imkonini beruvchi usullarni ishlab chiqish va joriy etishga qaratilgan tadqiqotlar katta ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarda yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida» gi, 2017 yil 24 iyuldagi PF-3145-son «Foydali qazilmalar konlarini sanoat yo'li bilan o'zlashtirish sohasidagi loyiha-qidiruv va ilmiy tadqiqot ishlari boshqaruvini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida», 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-son

---

<sup>1</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarda yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni

«O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha harakatlar strategiyasi to‘g‘risida»gi Farmonlari, 2019 yil 17 yanvardagi PQ-4124-son «Kon-metallurgiya tarmog‘i korxonalari faoliyatini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-xuquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada hizmat qiladi.

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

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Adabiyot ma‘lumotlarini o‘rganish shuni ko‘rsatadiki, oksidlangan mis ma‘danlarini qayta ishlashda dunyoning tog‘-kon sanoati bilan shug‘ullanuvchi mamlakat tadqiqotchilari va olimlari gidrometallurgiya jarayonlaridan foydalanishga e‘tibor qaratgan. Ilmiy poydevorni rivojlantirish va oksidlangan mis ma‘danlarini qayta ishlash texnologiyasini yaratishga quyidagi xorijiy va mahalliy olimlar katta hissa qo‘shdilar: S.I. Polkin, A.A. Abramov, V.A. Konev, V.M. Avdoxin, V.A. Bacharov, V.I. Melik Gaykazyan, S.I. Mitrofanov, S.V. Dudenkova, O.S. Bagdanov, A.K. Podnek, N.A. Yanis, V.A. Glembotskiy, V.I. Klassen, A.K. Kunbazarov, L.B. Voloshina, L.Ya. Shubov, S.I. Ivankov, N.K. Sheglova, M.M. Sorokin, V.D. Samigin, B.E. Goryachev, A.V. Zimin, Yu.P. Nazarova, S.Sh. Rozenfeld, M.A. Orel, L.K. Uzdebayeva va boshqalar.

O‘zbekistonda oksidlangan mis ma‘danlarini o‘rganishga quyidagi olimlar o‘zining ilmiy ishlarini bag‘ishlashgan: Q. Sanakulov, M.G. Sagdiyeva, B.R. Raimjonov, Ye.L. Popov, X. Axmedov, G.A. Lukomskaya, L.K. Uzdebayeva, S.A. Abduraxmonov, A.S. Xasanov, M.M. Yakubov, U.A. Ergashev, R.D. Allabergenov, D.B. Xolikulov va boshqalar.

Shu bilan birga, Qolmaqir konidan oksidlangan va aralash mis ma‘danlarini qayta ishlash bilan bog‘liq qator masalalar, jumladan, mis va oltinni yuqori ekologik toza texnologiya bilan ajratib olish yetarlicha o‘rganilmagan.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti «Mineral resurslar instituti» Davlat muassasasi ilmiy-tadqiqot rejasining 1296-sonli – «Qolmaqir konining oksidlangan mis ma‘danlarini zamonaviy laboratoriya asbob-uskunalari yordamida qayta ishlash texnologik sxemasini ishlab chiqish» mavzusidagi amaliy loyiha doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** mis, oltin va boshqa metallarni ajratib olish imkonini beruvchi Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma‘danlarini qayta ishlashning samarali texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

#### **Tadqiqot vazifalari:**

oksidlangan va aralash mis ma‘danlarini qayta ishlash bo‘yicha jahon tajribasi materiallarini ko‘rib chiqish, o‘rganish va umumlashtirish;

Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma‘danlarining moddiy tarkibini kimyoviy, fizik-kimyoviy va mineralogik taxlillar asosida o‘rganish;

flotatsion va gravitatsion boyitish, magnitli saralash, shuningdek, gidrometallurgik tadqiqotlar asosida oksidlangan va aralash mis ma'danlarini boyitishning texnologik sxemalarini o'rganish;

tajriba materiallarini umumlashtirish, Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlarini qayta ishlashning samarali texnologik sxemasini ishlab chiqish.

**Tadqiqotning obekti** sifatida O'zbekiston Respublikasi, Toshkent viloyatidagi Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlari olingan.

**Tadqiqotning predmetini** Qolmaqir koni oksidlangan va aralash mis ma'danlaridan mis, oltin va boshqa metallarni kompleks ajratib olish tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlaridan olingan namunalarni kimyoviy, fizik-kimyoviy va mineralogik kabi taxlil usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlaridan misni ajratib olishda agitatsion chanlarda tanlab eritish hamda ekstraksiya va reekstraksiya jarayonlarini qo'llagan holda qayta ishlash texnologiyasi ishlab chiqilgan;

birinchi marta Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlaridan mis katodi ajratib olingan;

Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlaridan agitatsiya chanlardan chiqqan kekni flotatsion boyitish usulidan foydalangan holda oltinni ajratib olish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlaridan boyitishning kombinatsiyalashgan usulidan foydalangan holda mis va oltin ajratib olish imkoniyati asoslangan va eksperimental tarzda tasdiqlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

sulfat kislotasi eritmasi bilan agitatsion chanda tanlab eritish, ekstraksiya va reekstraksiya jarayonlarining optimal parametrlari aniqlash maqsadida, kompleks laboratoriya va tajriba sinovlarini o'tkazish uchun eksperimental qurilmalar ishlab chiqilgan;

Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlaridan LIX-984N ekstraktoridan foydalangan holda misni organik fazaga ajratish uchun ekstraksiya va reekstraksiya jarayonining texnologik parametrlari aniqlangan;

birinchi marotaba Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlaridan tarkibida 99,96% mis bo'lgan katodli mis olingan;

Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlarini kompleks qayta ishlash uchun gidrometallurgiya va flotatsiya usullarini qo'llash asosida misning ajralishi 73% va oltinning ajralishi 49% bo'lgan samarali va xavsiz texnologiya ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** sezilarli hajmdagi Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlarini qayta ishlashning samarali texnologiyasini aniqlash bo'yicha olib borilgan tajriba eksperimentlar hamda sanoat miqiyosida oltin va mis ajratib olish miqdorlarini qoniqarli mutonosibli bilan isbotlangan.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati gidrometallurgiya usullarini qo‘llash orqali misni ajratib olish, bunda sulfat kislota eritmasi bilan chanda tanlab eritish, ekstraksiya va elektroliz orqali mis katodini olish hamda oltinni ajratib olish uchun boyitishning flotatsion usulni qo‘llashning ilmiy asosida ishlab chiqish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma’danlaridan mis va oltin olishning samarali va yuqori ekologik toza texnologik sxemasini ishlab chiqishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Qolmaqir konining oksidlangan va aralash ma’danlari boyitiluvchanligini o‘rganish bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma’danlarini qayta ishlash bo‘yicha ishlab chiqilgan texnologiya «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJda amaliyotga joriy etilgan («Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJning 2022-yil 29-sentyabrdagi AA-009642-sonli ma’lumotnomasi). Natijada, Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma’danlaridan boyitishning kombinatsiyalashgan usulidan foydalangan holda mis va oltin ajratib olish imkonini bergan;

gidrometallurgiya jarayonlaridan va flotatsion boyitish usullaridan foydalangan xolda kombinatsiyalashgan sxema «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJda amaliyotga joriy etilgan («Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJning 2022-yil 29-sentyabrdagi AA-009642-sonli ma’lumotnomasi). Natijada, Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma’danlarini ekologik xavfsiz va yuqori samarali texnologiya asosida qayta ishlash imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqotlarning natijalari 2 ta respublika va 2 ta xalqaro ilmiy-amaliy anjumanlarida aprobatsiya qilingan.

**Tadqiqot natijalarining e’lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 8 ta ilmiy ish chop etilgan. Shulardan O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 4 ta maqola, jumladan 2 ta respublika va 2 ta xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati hamda ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 103 betni tashkil etgan.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

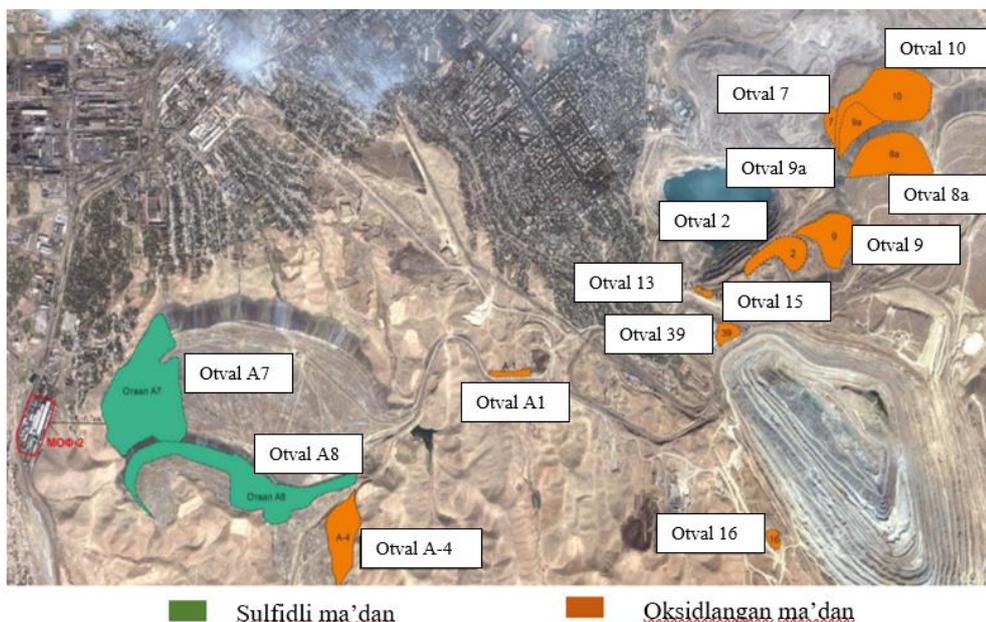
**Kirish** qismida olib borilgan tadqiqotning dolzarbligi va zurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obyekt va predmeti aniqlangan, tadqiqotning Respublikada fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilishi bo‘yicha tavsiyalar, e’lon qilingan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Oksidlangan mis ma’danlarini qayta ishlash muammolarini taxlili**» deb nomlangan birinchi bobida oksidlangan va aralash mis ma’danlarini qayta ishlash muammolarining holati, ularni qayta ishlash

texnologiyasi, shuningdek, oksidlangan va aralash mis ma'danlaridan foydalanish tendensiyalari to'g'risidagi ma'lumotlar taqdim etilgan. Oksidlangan mis ma'danlarini qayta ishlaydigan yirik zavodlar, xususan: «Tvin-Byutts» mis zavodi (AQSH), «Xayden» va «Leykshor» zavodlari (AQSH), Chingola koni (Zambiya), Bingam koni (AQSH), Aktogay majmuasi (Qozog'iston), Udokan koni (Rossiya) xaqida tuxtalgan. Qolmaqir koni o'zlashtirilishining qisqacha tarixi va oksidlangan mis ma'danlarini qayta ishlash bo'yicha mamlakatimizda olib borilgan tadqiqotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Obektlar, materiallar va tadqiqot usullari**» deb nomlangan ikkinchi bobida Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlarini tadqiq etish metodikasi keltirilgan.

Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlarining to'planish hajmlari tahlili bayon etilgan. Shuningdek, Qolmaqir koni atrofida oksidlangan va aralash mis ma'danlari joylashuv xaritasi keltirilgan (1-rasm).



**1-rasm. Oksidlangan va sulfidli mis ma'danlari joylashish sxemasi.**

Tadqiqotlar boyitish usullari (gravitatsiya, flotatsiya, magnit saralash) va gidrometallurgiya yordamida amalga oshirildi. Texnologik namunalarning moddiy tarkibini o'rganish standart kimyoviy va fizik-kimyoviy usullardan foydalangan holda amalga oshirildi. «MRI» Davlat Muassasasi va «Markaziy laboratoriya» Davlat Korxonasining kimyoviy laboratoriyalarida quyidagi asbob-uskunalar yordamida o'rtacha namunalarning spektral, mass-spektrometrik (ICP-MS) va kimyoviy tahlillari o'tkazildi:

- ZEE nit 700P atom-absorbtsion spektrofotometr;
- Perkin Elmer atom-absorbtsion spektrofotometr;
- ICP-MS mass-spektrometr;
- Skyray Instrument Explorer 7000 rentgenofluorescent analizatori va boshqalar.

Dissertatsiyaning «**Boyitish usullarini tadqiq qilish va Qolmaqir konining oksidlangan va aralash ma'danlaridan qimmatli komponentlarni ajratib olish imkoniyatlari**» deb nomlangan uchinchi bobida Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlari o'rganilib, ular asosida oksidlangan misni kompleks qayta ishlash texnologiyasi ishlab chiqildi.

Qolmaqir konining balansdagi oksidlangan mis ma'danlari 9, 9a, 39 va balansdan tashqari oksidlangan mis ma'danlari 8a, 10, A-4 olingan 6 ta namunaning moddiy tarkibi o'rganilgan. Olingan natijalar 1-jadvalda ko'rsatilgan.

Namunalarni kimyoviy tahlil qilish natijalari shuni ko'rsatdiki, Qolmaqir konining 39, 9 va 9a balansidagi oksidlangan mis ma'danlarida quyidagi elementlar mavjud: mis 0,9-1,1%; molibden 0,01%; oltin 1,4-2,1 g/t; kumush 5,0-6,2 g/t. 8a, 10, A-4 balansdan tashqari oksidlangan mis ma'danlarida kutilganidek, metall miqdori ancha past: mis 0,13-0,27%, molibden 0,007-0,009%, oltin 0,4 g/t, kumush 4,8-5,2 g/t.

**Kimyoviy taxlil bo'yicha mis, molibden, oltin va kumush tarkibi**

| Namuna olingan otval raqami | Cu, % | Mo, % | Au, g/t | Ag, g/t |
|-----------------------------|-------|-------|---------|---------|
| 39                          | 0,997 | 0,012 | 1,48    | 5,06    |
| 9                           | 1,142 | 0,01  | 2,18    | 6,29    |
| 9a                          | 1,053 | 0,01  | 1,52    | 5,12    |
| 8a                          | 0,131 | 0,008 | 0,43    | 5,24    |
| 10                          | 0,270 | 0,007 | 0,47    | 5,01    |
| A-4                         | 0,254 | 0,009 | 0,45    | 4,86    |

Oksidlangan va aralash mis ma'danlarini gravitatsion boyitish usullari bilan boyitish jarayonlarini tadqiq qilish. Gravitatsion boyitish uchun turli o'lchamdagi namunalar tayyorlandi: -3; -1; -0,5; -0,315 mm. Namuna o'lchami -0,315 mm tashkil qilganida 39-sonli balansdagi oksidlangan ma'dan boyitmasida oltin miqdori 1,48 g/t dan 13,27 g/t gacha oshdi, bunda oltinni ajralishi 20,66% ni tashkil qiladi. 9-sonli oksidlangan mis ma'dan boyitmasi oltin miqdori 2,11 g/t dan 13,02 g/t gacha oshdi, ajralish 22,28% ni tashkil qildi. Qolgan namunalarda xam natijalar takrorlangan.

Knelson MD3 markazdan qochma konsentratorida tajribalar o'tkazilganda eng yaxshi natija quyidagi parametrlarda hosil bo'ldi: 2,5-3,0 l/daq suyuqlik oqimi tezligi, rotor tezligi 70 ay/daq va Q:S = 1:3. Bunda oltin, kumush va misni ajratib olish mos ravishda 25,5%, 4,6% va 8,16% ni tashkil etdi. Shu bilan birga, metallarning tarkibi quyidagicha edi: Au – 1,54 g/t; Ag – 1,13 g/t; Cu – 0,54 g/t.

Gravitatsion boyitish jarayonida qimmatbaho metallarning og'ir fraksiyaga ajralishi kuzatilmadi va qimmatbaho metallarning asosiy miqdori chiqindiga o'tdi. Shubhasiz, Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlari uchun gravitatsion usuldan foydalanish maqsadga muvofiq emas.

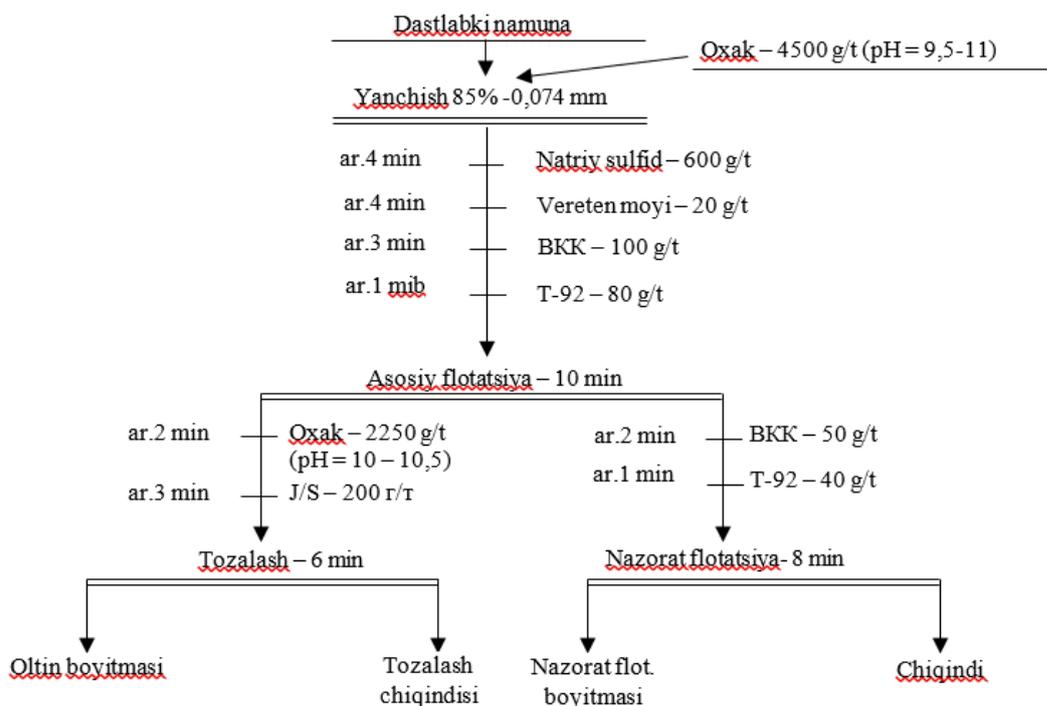
Magnit saralash usullari yordamida namunani boyitish jarayonlarini o'rganish. Nam magnitli saralash usuli zarrachalarni to'liqroq ajratish hisobiga boyitish samaradorligini oshiradi.

2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, o'rganilayotgan namunalarda mahsulot chiqishi 1,5-2,3% ni tashkil etdi, temirning ajralishi esa past va 10,2-16,1% ni tashkil qildi. Magnit fraksiyadagi temir miqdori 31,2-37,8% ni tashkil qildi. Boshqa metallar asosan (98,1-99,7%) magnit bo'lmagan fraksiyaga o'tdi.

**5A tok kuchida nam magnit saralash natijalari**

| Namuna nomi | Boyitish mahsulotlari | Mahsulot chiqishi, % | Miqdori, % |      |        |         |     | Ajralish, % |      |      |      |      |
|-------------|-----------------------|----------------------|------------|------|--------|---------|-----|-------------|------|------|------|------|
|             |                       |                      | Fe         | Cu   | Mo     | Au, g/t | Al  | Fe          | Cu   | Mo   | Au   | Al   |
| 39          | Magnit fraksiya       | 1,8                  | 32,8       | 0,79 | 0,0023 | 1,23    | 3,3 | 11,8        | 1,7  | 0,5  | 1,6  | 1,1  |
|             | Nomagnit fraksiya     | 98,2                 | 4,5        | 0,86 | 0,0082 | 1,42    | 5,4 | 88,2        | 98,3 | 99,5 | 98,4 | 98,9 |

| Namuna nomi | Boyitish mahsulotlari | Mahsulot chiqishi, % | Miqdori, % |      |        |         |      | Ajarlish, % |      |      |      |      |
|-------------|-----------------------|----------------------|------------|------|--------|---------|------|-------------|------|------|------|------|
|             |                       |                      | Fe         | Cu   | Mo     | Au, g/t | Al   | Fe          | Cu   | Mo   | Au   | Al   |
|             | Dastlabki namuna      | 100                  | 5,0        | 0,86 | 0,0081 | 1,42    | 5,4  | 100         | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 9           | Magnit fraksiya       | 1,5                  | 35,2       | 0,76 | 0,0021 | 1,95    | 5,71 | 10,2        | 1,3  | 0,3  | 1,4  | 1,4  |
|             | Nomagnit fraksiya     | 98,5                 | 4,7        | 0,92 | 0,0098 | 2,13    | 6,3  | 89,8        | 98,7 | 99,7 | 98,6 | 98,6 |
|             | Dastlabki namuna      | 100                  | 5,2        | 0,92 | 0,0097 | 2,13    | 6,3  | 100         | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 9a          | Magnit fraksiya       | 1,7                  | 37,8       | 0,86 | 0,0024 | 1,34    | 5,3  | 16,1        | 1,6  | 0,4  | 1,5  | 1,6  |
|             | Nomagnit fraksiya     | 98,3                 | 3,4        | 0,89 | 0,0095 | 1,49    | 5,6  | 83,9        | 98,4 | 99,6 | 98,5 | 98,4 |
|             | Dastlabki namuna      | 100                  | 4,0        | 0,89 | 0,0094 | 1,49    | 5,6  | 100         | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 8a          | Magnit fraksiya       | 2,3                  | 33,3       | 0,10 | 0,0019 | 0,51    | 4,2  | 14,3        | 1,6  | 0,6  | 2,7  | 1,6  |
|             | Nomagnit fraksiya     | 97,7                 | 4,7        | 0,15 | 0,0082 | 0,43    | 6,1  | 85,7        | 98,4 | 99,4 | 97,3 | 98,4 |
|             | Dastlabki namuna      | 100                  | 5,4        | 0,15 | 0,0080 | 0,43    | 6,1  | 100         | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 10          | Magnit fraksiya       | 1,9                  | 34,6       | 0,25 | 0,0072 | 0,47    | 3,9  | 13,2        | 1,9  | 1,9  | 1,9  | 1,3  |
|             | Nomagnit fraksiya     | 98,1                 | 4,4        | 0,25 | 0,0073 | 0,46    | 5,8  | 86,8        | 98,1 | 98,1 | 98,1 | 98,7 |
|             | Dastlabki namuna      | 100                  | 5,0        | 0,25 | 0,0073 | 0,46    | 5,8  | 100         | 100  | 100  | 100  | 100  |
| A-4         | Magnit fraksiya       | 1,8                  | 31,2       | 0,23 | 0,0083 | 0,46    | 3,6  | 11,3        | 1,8  | 1,7  | 1,9  | 1,3  |
|             | Nomagnit fraksiya     | 98,2                 | 4,5        | 0,23 | 0,0086 | 0,44    | 5,1  | 88,7        | 98,2 | 98,3 | 98,1 | 98,7 |
|             | Dastlabki namuna      | 100                  | 5,0        | 0,23 | 0,0086 | 0,44    | 5,1  | 100         | 100  | 100  | 100  | 100  |



**2-rasm. Flotatsiya jarayoni sxemasi.**

Flotatsion boyitish usuli flotatsiya boyitmasini qayta tozalash bilan amalga oshirildi (2-rasm). Shuningdek, ushbu tajribaning chiqindilari gidrometallurgiya tadqiqotlariga jo‘natildi. Natijalar 3-jadvalda ko‘rsatilgan.

## Flotatsiya jarayoni natijalari

| Boyitish mahsulotlari                         | Mahsulot chiqishi, % | Miqdori, % |      |         |         | Ajrash, % |       |       |       |
|---|----------------------|------------|------|---------|---------|-----------|-------|-------|-------|
|   |                      | Cu         | Mo   | Au, g/t | Ag, g/t | Cu        | Mo    | Au    | Ag    |
| Balansdagi oksidlangan mis ma'danlari         |                      |            |      |         |         |           |       |       |       |
| Oltin boyitmasi                               | 3,1                  | 4,32       | 0,01 | 25,36   | 32,1    | 15,71     | 3,10  | 51,02 | 20,16 |
| Tozalash chiqindisi                           | 1,2                  | 1,23       | 0,01 | 0,62    | 1,93    | 1,73      | 1,20  | 0,48  | 0,47  |
| Nazorat flot. boyitmasi                       | 1,3                  | 1,12       | 0,01 | 3,02    | 5,07    | 1,71      | 1,30  | 2,55  | 1,34  |
| Chiqindi                                      | 94,4                 | 0,73       | 0,01 | 0,75    | 4,08    | 80,85     | 94,40 | 45,95 | 78,03 |
| Dastlabki namuna                              | 100                  | 0,85       | 0,01 | 1,54    | 4,94    | 100       | 100   | 100   | 100   |
| Balansdan tashqari oksidlangan mis ma'danlari |                      |            |      |         |         |           |       |       |       |
| Oltin boyitmasi                               | 3,6                  | 0,94       | 0,01 | 5,53    | 21,7    | 14,47     | 3,60  | 42,97 | 17,00 |
| Tozalash chiqindisi                           | 1,1                  | 0,77       | 0,01 | 0,23    | 2,84    | 3,62      | 1,10  | 0,55  | 0,68  |
| Nazorat flot. boyitmasi                       | 1,5                  | 0,89       | 0,01 | 0,56    | 3,35    | 5,71      | 1,50  | 1,81  | 1,09  |
| Chiqindi                                      | 93,8                 | 0,19       | 0,01 | 0,27    | 3,98    | 76,20     | 93,80 | 54,67 | 81,23 |
| Dastlabki namuna                              | 100                  | 0,23       | 0,01 | 0,46    | 4,60    | 100       | 100   | 100   | 100   |

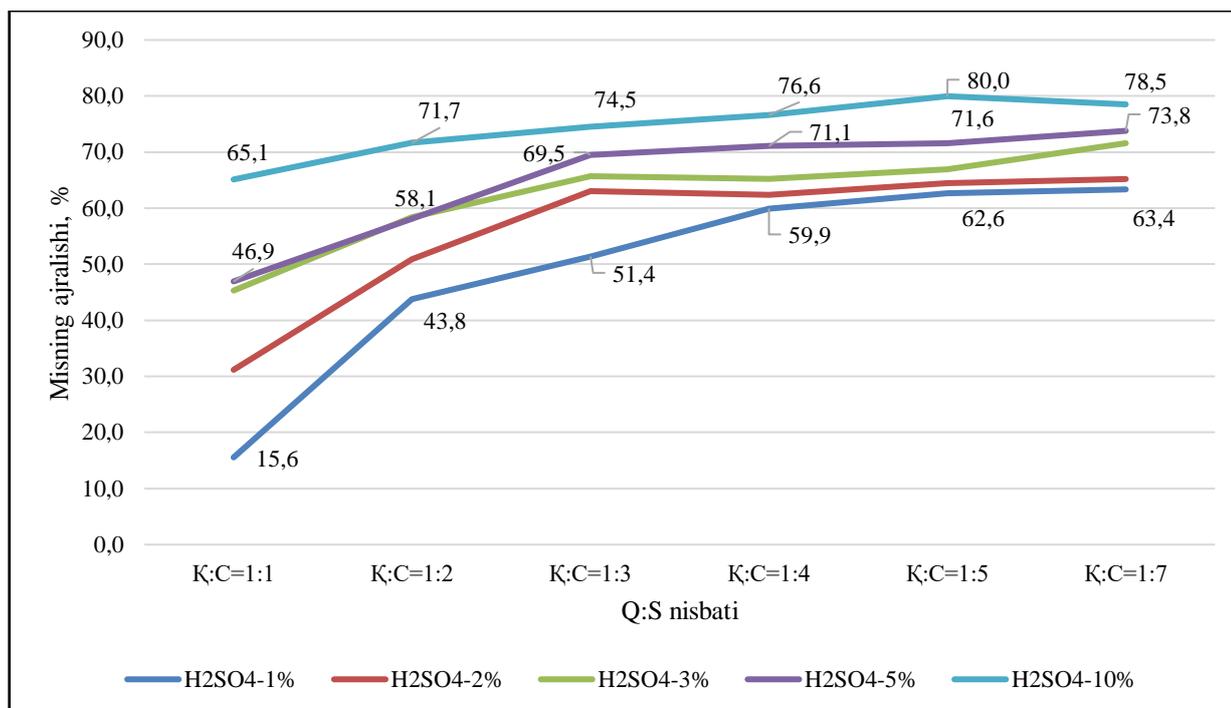
3-jadvaldan ko'rinib turibdiki, balansdagi oksidlangan mis ma'danlar uchun boyitmaning unumi 3,1% ni tashkil etdi. Bunda oltin va kumushning boyitmaga ajralishi mos ravishda 51,02% va 20,16% ni tashkil etdi. Boyitmadagi oltin va kumushning miqdori mos ravishda 25,36 g/t va 32,10 g/t ni tashkil etdi. Mis va molibdenning ajralishi mos ravishda 15,71 va 3,10% ni tashkil qildi, bunda mis miqdori 4,32% va molibden 0,01% ni ko'rsatdi. Shuningdek, balansdan tashqari oksidlangan mis ma'danlar uchun boyitmaning unumi 3,6% ni tashkil etdi. Oltin va kumushning boyitmaga ajralishi mos ravishda 42,97% va 17,0% ni tashkil etdi. Boyitmadagi oltin va kumushning miqdori mos ravishda 5,53 g/t va 21,70 g/t ni tashkil etdi. Mis va molibdenning ajralishi mos ravishda 14,41 va 3,60% ni tashkil etdi, bu esa oksidlangan mis minerallarining ajralmaganligini va flotatsiya chiqindilariga o'tishini ko'rsatadi.

Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlaridan qimmatli komponentlarni ajratib olish uchun ishqor va kislota eritmalari bilan tanlab eritish (agitatsion chanli va uyumli) amalga oshirildi.

Laboratoriya sharoitida olib borilgan tadqiqot natijalariga ko'ra Qolmaqir koni oksidlangan mis ma'danlarini sulfat kislota eritmasi bilan agitatsion chanda tanlab eritishning optimal parametrlari aniqlandi, ular quyidagilardan iborat: sulfat kislota konsentratsiyasi – 3-5%, ma'dan o'lchamlari sinfi, -1 mm, vaqt – 30 daqiqa, harorat

–  
Q:S = 1:3.

40°S,



**3-rasm. Misning ajralishining Q:S nisbatiga bog'liqligi.**

Bizning holatimizda uyumli tanlab eritish turli o'lcham sinflarida (-0,5; -1; -3; -5; -10 mm) quyidagi parametrlar bilan amalga oshirildi: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 5%, Q:S = 1:2, xona harorati, namuna 5000 g. Dastlabki namunalar sifatida 39-sonli oksidlangan mis ma'danlaridan foydalanilgan.

4-jadval

**Xar xil o'lchamli sinflarda uyumli tanlab eritish natijalari**

| Sinf o'lchamlari, mm | Kek chiqishi, % | Metallarning kekdagi miqdori, % |       | Metallarning eritmaga ajralishi, % |       |
|----------------------|-----------------|---------------------------------|-------|------------------------------------|-------|
|                      |                 | Cu                              | Mo    | Cu                                 | Mo    |
| -0,5                 | 98              | 0,51                            | 0,019 | 46,83                              | 19,04 |
| -1                   | 97              | 0,21                            | 0,021 | 65,95                              | 11,43 |
| -3                   | 97              | 0,23                            | 0,019 | 63,88                              | 19,87 |
| -5                   | 98              | 0,25                            | 0,019 | 60,38                              | 19,04 |
| -10                  | 97              | 0,35                            | 0,019 | 56,66                              | 19,87 |
| Dastlabki namuna     |                 | 0,94                            | 0,023 |                                    |       |



#### **4-rasm. Xar xil o'lchamli sinflarda uyumli tanlab eritish.**

4-jadvaldan ko'rinib turibdiki, dastlabki namuna sinf o'lchami -1 mm ni tashkil qilganda uyumli tanlab eritish jarayonidan so'ng mis eritmaga 65,9% gacha o'tgan. Shuni ta'kidlash kerakki, kichik sinflarda ma'danlarning o'ta mayda qismi kislotaning o'tuvchanligiga to'sqinlik qilib, misni eritmaga ajralishini kamaytirdi.

Natijalardan kelib chiqib, shunday xulosa qilish mumkinki, chanda eritish usuli bir qator afzalliklarga ega, bu esa uni boshqa gidrometallurgiya jarayonlari qatorida keng qo'llash imkonini beradi va qiyin mineral xom ashyoni qayta ishlashda istiqbolli xisoblanadi:

- uyumli tanlab eritishdan farqli o'laroq, to'liq nazorat qilish va boshqarish imkoniyati mavjud;

- minerallarning degradatsiya jarayonini tezlashtirish maqsadida, usul maydalangan ma'danlarda qo'llaniladi;

- muayyan tanlab eritish sharoitlarini yaratib, qimmatbaho metallarni ajratib olishda yuqori darajada selektivlikka erishish mumkin.

- usul maxsus jihozlardan foydalanishni talab qilmaydi va kislotaga chidamli chanlarda amalga oshirilishi mumkin;

- past haroratli, atmosferaga xavfli chiqindilarni chiqarmasdan, yopiq suv aylanishi bilan, ekologik toza texnologiya xisoblanadi.

Metallarni chanlarda tanlab eritishning muhim xususiyati shundaki uyumli tanlab eritishga nisbatan sarflangan vaqt kamroq bo'ladi. Tanlab eritish texnologiyasida jarayon tezligi uning samaradorligini belgilaydi.

Ekstraksiya yo'li bilan eritmalardan misni ajratib olish uchun turli xil sharoitlarda turli ekstraktorlardan foydalangan holda ekstraksiya va reekstraksiya bo'yicha izlanishlar olib borildi (5-jadval).

Laboratoriya sharoitida olib borilgan tadqiqotlar natijalariga ko'ra ekstraksiya va reekstraksiya jarayonlarining optimal parametrlari aniqlandi, ular quyidagilardan iborat: ekstraktor LIX-984N bilan erituvchi o'rtasidagi nisbat – 50/50, aralashtirish vaqti – 3 daqiqa, harorat – xona harorati (25-30°C), organik va suvli fazalar nisbati – 1:1.

### Turli ekstraktorlar bilan o'tkazilgan ekstraksiya natijalari

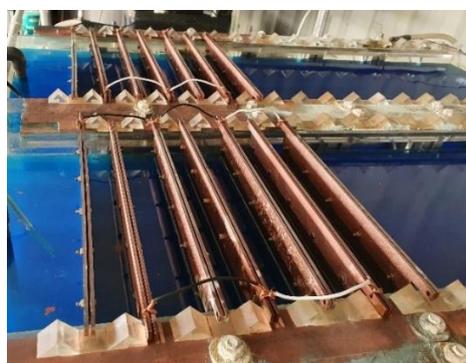
| Tajriba | Ekstragent nomi | Suvli fazada Cu miqdori, g/l | Organik fazaga Cu ni o'tishi, % |
|---------|-----------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1       | LIX984-N        | 0,11                         | 93,4                            |
| 2       | Mextral 5774    | 0,12                         | 92,8                            |
| 3       | Mextral 5640H   | 0,10                         | 94,0                            |
| 4       | Mextral 984N    | 0,11                         | 93,4                            |
| 5       | Mextral 973N    | 0,09                         | 94,6                            |

Mis elektrolizi. Elektroliz uchun quyidagi parametrlar qo'llanilgan: mis miqdori 36,8 g/l bo'lgan elektrolit;  $H_2SO_4$  konsentratsiyasi 150-175 g/l; tok zichligi 270-300 A/m<sup>2</sup>; elektrolit harorati 35-50°C; elektroliz vaqti 1 kun.

Olingan katodli mis M1k darajasiga nafaqat mis tarkibi (99,95% dan kam bo'lmagan), balki barcha asosiy aralashmalar bo'yicha ham mos keldi.

### Mis katodining kimyoviy tarkibi, %

|       |        |          |           |       |        |
|-------|--------|----------|-----------|-------|--------|
| Cu    | Bi     | Sb       | As        | P     | Pb     |
| 99,96 | 0,0003 | 0,0001   | 0,0003    | 0,002 | 0,0006 |
| S     | Sn     | Ni       | Fe        | Zn    | Ag     |
| 0,005 | 0,0003 | <0,00001 | <0,000003 | 0,001 | 0,0003 |



5-rasm. Mis katodi.

Dissertatsiyaning «Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlarini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish» deb nomlangan to'rtinchi bobida Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlarini qayta ishlashning kombinatsiyalashgan usuli ishlab chiqildi. Bu usul quyidagilarni o'z ichiga oladi: bir bosqichli maydalash, -1 mm sinf o'lchami 80% gacha bo'lgan bir bosqichli yanchish, 3%li sulfat kislota bilan agitatsion chanlarda tanlab eritish,

filtrlash, yuvish, ekstraksiya, reekstraksiya va elektroliz. Yuvilgan kek asosiy flotatsiya, nazorat flotatsiyasi va tozalashga yuboriladi (6-rasm).

7-jadval

### Texnologik sxemaning gidrometallurgiya qismi natijalari

| Ma'dan turi        | Tanlab eritish  |                                 |                            |                             | Ekstraksiya                                  |                                     |                                   | Cu ning to'liq o'tishi, % |
|--------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                    | Kek chiqishi, % | Cu ning boshlang'ich miqdori, % | Cu ning kekdagi miqdori, % | Cu ning eritmaga o'tishi, % | Cu ning boshlang'ich eritmadagi miqdori, g/l | Cu ning suvli fazadagi miqdori, g/l | Cu ning organik fazaga o'tishi, % |                           |
| Balansdagi         | 98              | 0,9                             | 0,25                       | 72,78                       | 2,2  | 0,123                               | 94,4                              | 68,70                     |
| Balansdan tashqari | 97              | 0,3                             | 0,13                       | 57,97                       | 1,6  | 0,078                               | 95,1                              | 55,12                     |

8-jadval

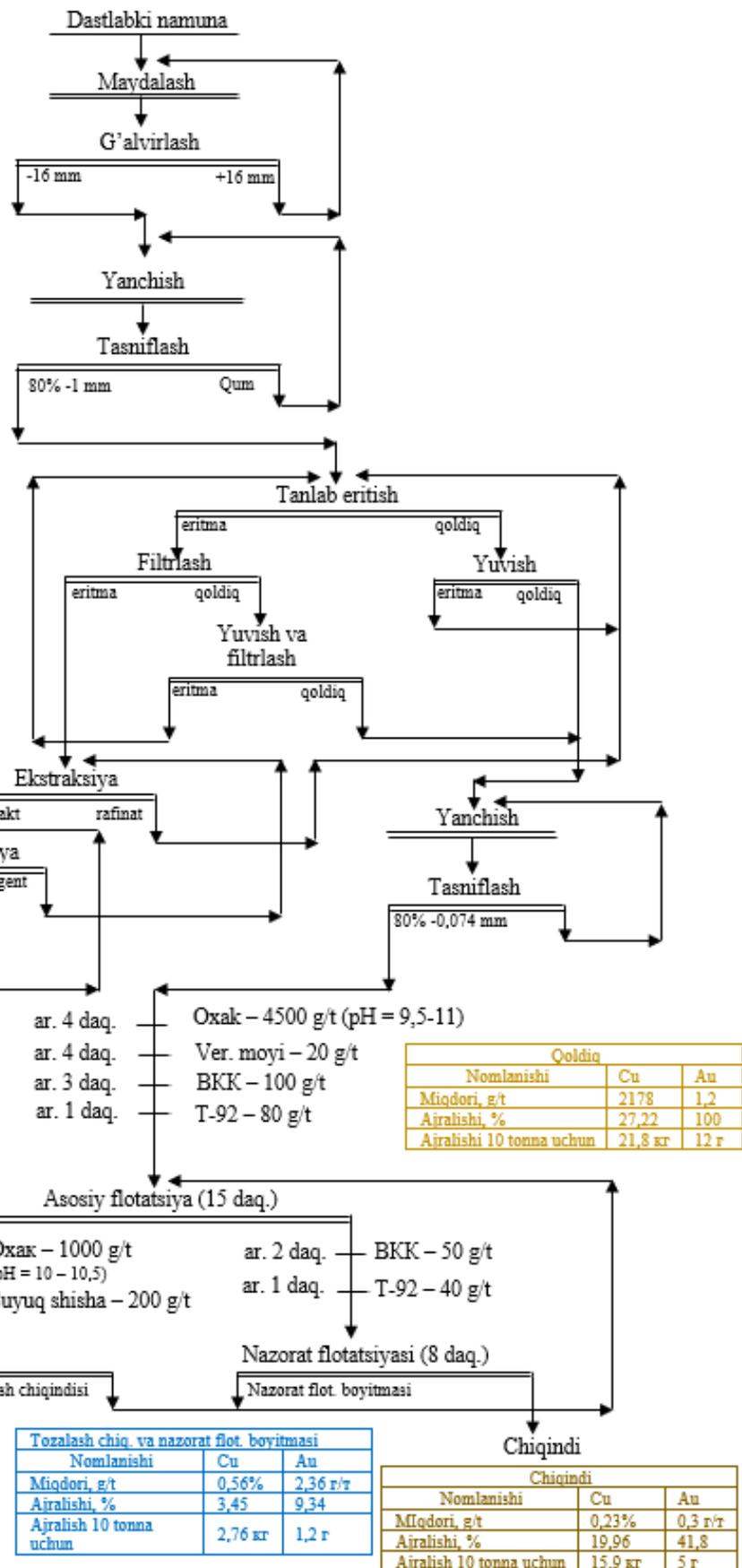
### Texnologik sxemaning flotatsiya qismi natijalari

| Boyitish mahsulotlari   | Chiqish, % | Miqdori, % |      |         |         | O'tishi, % |       |       |       |
|-------------------------|------------|------------|------|---------|---------|------------|-------|-------|-------|
|                         |            | Cu         | Mo   | Au, g/t | Ag, g/t | Cu         | Mo    | Au    | Ag    |
| Balansdagi              |            |            |      |         |         |            |       |       |       |
| Oltin boyitmasi         | 4,1        | 0,90       | 0,01 | 17,96   | 25,2    | 14,00      | 4,10  | 48,86 | 22,31 |
| Tozalash chiqindisi     | 6,2        | 0,31       | 0,01 | 1,24    | 3,61    | 7,29       | 6,20  | 5,10  | 4,83  |
| Nazorat flot. boyitmasi | 5,7        | 0,25       | 0,01 | 1,12    | 5,41    | 5,41       | 5,70  | 4,24  | 6,66  |
| Chiqindi                | 84         | 0,23       | 0,01 | 0,75    | 3,65    | 73,30      | 84,00 | 41,80 | 66,20 |
| Dastlabki namuna        | 100        | 0,26       | 0,01 | 1,51    | 4,63    | 100        | 100   | 100   | 100   |
| Balansdan tashqari      |            |            |      |         |         |            |       |       |       |
| Oltin boyitmasi         | 3,1        | 0,70       | 0,01 | 5,28    | 33,1    | 15,98      | 3,10  | 32,86 | 22,12 |
| Tozalash chiqindisi     | 3,6        | 0,26       | 0,01 | 0,98    | 2,74    | 6,89       | 3,60  | 7,08  | 2,13  |
| Nazorat flot. boyitmasi | 2,3        | 0,20       | 0,01 | 1,14    | 3,23    | 3,39       | 2,30  | 5,26  | 1,60  |
| Chiqindi                | 91         | 0,11       | 0,01 | 0,3     | 3,78    | 73,73      | 91,00 | 54,80 | 74,15 |
| Dastlabki namuna        | 100        | 0,14       | 0,01 | 0,50    | 4,64    | 100        | 100   | 100   | 100   |

| Dastlabki namuna         |       |      |
|--------------------------|-------|------|
| Nomlanishi               | Cu    | Au   |
| Miqdori, g/t             | 8 000 | 1,2  |
| Ajralishi, %             | 100   | 100  |
| Ajralishi 10 tonna uchun | 80 kr | 12 r |

| Eritma                   |          |    |
|--------------------------|----------|----|
| Nomlanishi               | Cu       | Au |
| Miqdori, g/t             | 4 (5822) | -  |
| Ajralishi, %             | 72,78    | -  |
| Ajralishi 10 tonna uchun | 58,2kr   | -  |

| Mis katodi               |         |    |
|--------------------------|---------|----|
| Nomlanishi               | Cu      | Au |
| Miqdori, g/t             | 99,96   | -  |
| Ajralishi, %             | 68,7    | -  |
| Ajralishi 10 tonna uchun | 54,9 kr | -  |



6-rasm. Oksidlangan va aralash mis ma'danlarini qayta ishlash texnologik sxemasi.

Qayta ishlash orqali quyidagi to‘liq ajratib olish natijalariga erishildi (7-8-jadval):

- balansdagi oksidlangan mis ma’danlari uchun: mis – 73%, oltin – 48,8%;
- balansdan tashqari oksidlangan mis ma’danlari uchun: mis – 58%, oltin – 32,8%.

Bundan tashqari kapital va ekspluatatsion xarajatlar, ishchilarning ish haqi, sarf materiallar va reaktivlar hisoblab chiqilgan.

9-jadval

### Bir tonna oksidlangan mis ma’danlarini qayta ishlash xarajatlari

| 1. Ekspluatatsiya xarajatlari, doll./yil.                            |            |
|--|------------|
| Ish xaqi   | 1 876 478  |
| Reagentlar va materiallar  | 15 890 028 |
| Elektroenergiya sarfi  | 9 952 070  |
| Tamirlash (uskunaning balans qiymatidan 2%)                          | 1 566 004  |
| Jami:  | 29 284 580 |
| 2. Qo‘shimcha xarajatlar, doll./yil.                                 |            |
| Umumiy iqtisodiy xarajatlar (ekspluatatsiya xarajatlarning 10%)      | 2 928 458  |
| Boshqaruv xizmatlari (umumiy iqtisodiy xarajatlarning 25%)           | 732 114    |
| Amortizatsiya (uskunalar balans qiymatining 10%)                     | 7 830 020  |
| Jami:  | 11 490 592 |
| Jami xarajatlar: doll./yil   | 40 775 172 |
| 1 tonna balansdagi ma’danlarni qayta ishlash qiymati, doll.:         | 16,31      |
| 1 tonna balansdan tashqari ma’danlarni qayta ishlash qiymati, doll.: | 8,15       |

Bunda yillik savdo hajmi quyidagicha:

- balansdagi ma’danlari uchun 201,6 mln. dollar, 1 tonna ma’dandan olinadigan qiymat 80,64 dollarni tashkil etadi. Texnologiyaning solishtirma iqtisodiy samarasi 64,33 dollar/tonnani tashkil qiladi;

- balansdan tashqari ma’danlari uchun 104,4 mln. dollar, 1 tonna ma’dandan olinadigan qiymat 20,88 dollarni tashkil etadi. Texnologiyaning solishtirma iqtisodiy samarasi 12,73 dollar/tonnani tashkil qiladi.

Olingan ko‘rsatkichlar, tavsiya etilgan texnologiyaning samaradorligini ko‘rsatadi.

Balansdagi oksidlangan mis ma’danlari bo‘yicha:

- to‘plangan pul oqimi – 683,17 mln. dollar;
- rentabellik – 65,02%;
- o‘zini oqlash muddati – 3 yil.

Balansdan tashqari oksidlangan mis ma’danlari bo‘yicha:

- to‘plangan pul oqimi – 1 021,11 mln. dollar;
- rentabellik – 37,61%;
- o‘zini oqlash muddati – 4,7 yil.

## XULOSA

«Qolmaqir koni oksidlangan va aralash ma'danlarini boyitiluvchanligini o'rganish» mavzusidagi texnika fanlari bo'yicha falsafasi doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarga asoslangan holda, nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Qolmaqir koni balansdagi va balansdan tashqari oksidlangan va aralash mis ma'danlarining moddiy tarkibini o'rganish shuni ko'rsatdiki, kimyoviy tarkibi bo'yicha namunalar 75-85% litofil va alyumosilikat tarkibi bilan tavsiflanadi: 62-69%  $\text{SiO}_2$ ; 10-12%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  va 9-10%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Namunalardagi gidroksid va yergidroksidi metallarining umumiy miqdori 3 dan 6% gacha o'zgarib turadi. Qolmaqir konining 39, 9 va 9a balansdagi oksidlangan mis ma'danlarida quyidagi elementlar keng tarqalgan: mis 0,9-1,1%; molibden 0,01%; oltin 1,4-2,1 g/t; kumush 5,0-6,2 g/t. Qolmaqir konining 8a, 10 va A-4 balansdan tashqari oksidlangan mis ma'danlarida kutilganidek, metall miqdori ancha past: mis 0,13-0,27%, molibden 0,007-0,009%, oltin 0,4 g/t, kumush 4,8-5,2 g/t.

2. Oksidlangan va aralash mis ma'danlaridan sulfat kislota eritmasi bilan tanlab eritish orqali agitatsion chanida 80% gacha mis ajratib olish imkoniyati ko'rsatilgan. Agitatsion chanlarda tanlab eritish, ekstraksiyalash va reekstraksiyalashning optimal parametrlari aniqlangan. Yangi ekstragentlar ko'rib chiqilgan.

3. Uyumli tanlab eritishda dastlabki namunalarning o'lcham sinfi -1 mm bo'lganda, misning eritmaga ajralishi 65,9% gacha ko'tarildi. Kichik sinflarda ma'danlarning o'ta mayda qismi kislotaning o'tuvchanligiga to'sqinlik qilib, misni eritmaga ajralishini kamaytirdi.

4. Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlarini qayta ishlashning kombinatsiyalashgan gidrometallurgiya-flotatsion texnologiyasi o'rganilib, balansdagi namunalarda: mis – 73%, oltin – 48,8% va balansdan tashqari namunalarda: mis – 58%, oltin – 32,8% to'liq ajralishiga erishildi

5. Laboratoriya va yarim sanoat tadqiqotlari natijasida Qolmaqir konining oksidlangan va aralash mis ma'danlarini qayta ishlash jarayonida birinchi marta M1k navi talablariga javob beradigan mis miqdori 99,96% bo'lgan katodli mis olindi.

6. Yiliga 2,5 mln. tonna (1 bosqich) balansdagi oksidlangan mis ma'danlarini qayta ishlashda loyihaning oqlash muddati 3 yil va qaytish (IRR) 65,02% ni tashkil qildi. Shuningdek, yiliga 5 mln. tonna (2 bosqich) balansdan tashqari oksidlangan mis ma'danlarini qayta ishlashda loyihaning oqlash muddati 4,7 yil va qaytish (IRR) 37,61% ni tashkil qildi.

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

---

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ»**

**УСЕНОВ РАСУЛ БОВИРЖОНОВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГАТИМОСТИ ОКИСЛЕННЫХ И  
СМЕШАННЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛЬМАКЫР**

**04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых**

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

**Навои 2023**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером № В2022.4.PhD/Т3268.

Диссертация выполнена в ГУ «Институт минеральных ресурсов».

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

**Научный руководитель:** Алматов Илхом Мирзабек угли – доктор философии (PhD) по техническим наукам, старший научный сотрудник

**Официальные оппоненты:** Шарафутдинов Улугбек Зиятович доктор по техническим наукам, доцент  
Худояров Сулейман Рашидович кандидат технических наук, доцент

**Ведущая организация:** Ташкентский государственный технический университет

Защита диссертации состоится «15» 04 2023 года в 14:00 часов на заседании Научного Совета DSc.17/04.06.2021.Т.06.01. Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Зал заседаний Навоийского государственного горно-технологического университета. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz), [nsmi@gmail.com](mailto:nsmi@gmail.com).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горно-технологического университета (зарегистрирован за №129). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

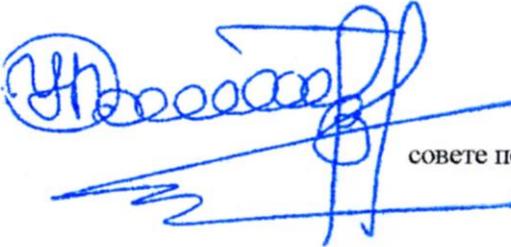
Автореферат диссертации разослан «31» 03 2023 года.

(реестр протокола рассылки № 10 от 31.03.2023 года).



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

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

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

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мировой практике с расширением производства электромобилей и увеличением производства экологически чистой энергии резко возрос мировой спрос на медь. Сокращение запасов медных руд на Земле и малая доля мирового производства вторичной меди приводят к удорожанию себестоимости добычи меди. Сегодня большая часть меди используется в машиностроении, строительстве и инфраструктуре. В последние годы развитие автомобилестроения привело к резкому увеличению использования меди. В связи с этим важно уделить особое внимание разработке новых технологий добычи и переработки руд с низким содержанием меди.

На сегодняшний день большая часть меди в мире добывается путем переработки сульфидных медных руд. Ведутся научные исследования по разработке новых технологических способов и схем обогащения окисленных и смешанных медных руд гравитационным, флотационным и гидрометаллургическим методами, а также усовершенствуются существующие технологии. В связи с этим уделяется особое внимание на внедрение экологически чистых и экономически эффективных технологических методов обезвреживания газов и отходов, выделяемых благодаря технологическим процессам, уменьшению себестоимости переработки руд в результате извлечения благородных металлов, кроме меди, за счет комплексного использования медных руд на основе внедрения инновационных технологий с использованием современного оборудования при обогащении окисленных и смешанных медных руд.

В Республике выполняется ряд научно-практических работ по проведению технологических исследований, посвященные разработке технологии переработки медных руд с использованием местных реагентов и современных оборудований с высокой производительностью с целью освоения новых месторождений меди. В Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы<sup>1</sup> определены важные задачи: «Стимулирование научной и инновационной деятельности, создание эффективных механизмов внедрения инновационных достижений, широкое внедрение в производство энерго- и ресурсосберегающих технологий...». Исходя из этих задач, исследования, направленные на разработку и внедрение методов интенсификации процессов обогащения окисленных и смешанных медных руд и обеспечение экологической устойчивости, имеют большое научное и практическое значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-3145 от 24 июля 2017 года «О мерах по совершенствованию управления научно-исследовательскими и проектно-изыскательскими работами в сфере промышленного освоения месторождений

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 г. «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

рудных полезных ископаемых», в Указе Президента Республики Узбекистан УП-4124 от 17 января 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», в Указе Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действия по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой 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.** По литературным данным видно, что исследователи и ученые горно-добывающих стран мира при переработке окисленных медных руд основное внимание уделяли применению гидрометаллургических процессов. Значительный вклад внесли зарубежные и отечественные ученые С.И. Полькин, А.А. Абрамов, В.А. Конев, В.М. Авдохин, В.А. Бачаров, В.И. Мелик Гайказян, С.И. Митрофанов, С.В. Дуденкова, О.С. Багданов, А.К. Поднек, Н.А. Янис, В.А. Глембоцкий, В.И. Классен, А.К. Кунбазаров, Л.Б. Волошина, Л.Я. Шубов, С.И. Иванков, Н.К. Щеглова, М.М. Сорокин, В.Д. Самыгин, Б.Е. Горячев, А.В. Зимин, Ю.П. Назарова, С.Ш. Розенфельд, М.А. Орел, Л.К. Уздебаева и др.

В Узбекистане изучению окисленных медных руд посвятили свои научные исследования К. Санакулов, М.Г. Сагдиева, Б.Р. Раимжонов, Е.Л. Попов, Х. Ахмедов, Г.А. Лукомская, Л.К. Уздебаева, С.А. Абдурахмонов, А.С. Хасанов, М.М. Якубов, У.А. Эргашев Р.Д. Аллабергенев, Д.Б. Холикулов и др.

Вместе с тем, ряд вопросов, касающихся переработки окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр, в т. ч. высокоэкологичная технология извлечения меди и золота, остаются недоизученными.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ ГУ «Институт минеральных ресурсов» на тему: № 1296 «Исследование и разработка технологической схемы переработки окисленных медных руд месторождения Кальмакыр с использованием современного лабораторного оборудования».

**Цель исследования** – является разработка эффективной технологии переработки окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр с получением меди, золота и других металлов.

**Задачи исследования:**

обзор, изучение и обобщение материалов мирового опыта по переработке окисленных и смешанных медных руд;

на основе химических, физико-химических и минералогических анализов – изучение вещественного состава окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр;

изучение технологических схем гравитационного и флотационного обогащения, магнитной сепарации, а также гидрометаллургических исследований окисленных и смешанных медных руд;

обобщение экспериментальных материалов, разработка оптимальной технологической схемы для переработки окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр.

**Объектом исследования** являются окисленные и смешанные медные руды месторождения Кальмакыр Ташкентской области Республики Узбекистан.

**Предмет исследования** – технология извлечения меди, золота и других металлов из окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр.

**Методы исследований.** Исследования проб, отобранных из окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр, осуществлялись с использованием методов химических, физико-химических, минералогических анализов.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработана технология переработки с применением агитационного чанового выщелачивания, а также экстракция и реэкстракция окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр;

впервые получена катодная медь из окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр;

разработана технология извлечения золота из кека агитационного чанового выщелачивания с применением флотационного обогащения из окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр;

обоснована и экспериментально подтверждена возможность получения меди и золота из окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр с применением комбинированной схемы.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

с целью определения оптимальных параметров процесса агитационного чанового выщелачивания раствором серной кислоты, экстракции и реэкстракции разработаны установки для проведения комплексных лабораторных и экспериментальных испытаний;

разработаны оптимальные условия процесса экстракции и реэкстракции для извлечения меди в органическую фазу с использованием экстрагента LIX-984N;

впервые получена катодная медь с содержанием 99,96% меди из окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр;

разработана технология комплексной переработки окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр с использованием способов гидрометаллургии и обогащения с извлечением меди – 73% и золота – 49%.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследований обеспечивается репрезентативностью и достоверностью исходных данных, полученных с использованием современного сертифицированного оборудования и научно апробированных методов, и подтверждается сопоставлением результатов экспериментально-лабораторных исследований, и опытно-промышленных испытаний, разработанных технологических решений по переработке окисленных и смешанных медных руд.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость исследования обосновывается использованием гидрометаллургических способов извлечения с определением оптимальных параметров агитационного чанового выщелачивания раствором серной кислоты для извлечения меди, а также флотационного метода обогащения кеков после выщелачивания для извлечения золота.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке эффективной и высокоэкологичной технологии извлечения меди и золота из окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр.

**Внедрение результатов исследования.** На основании научных результатов, полученных при исследовании обогатимости окисленных и смешанных руд месторождения Кальмакыр:

разработанная технология по переработке окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр внедрена в АО «Алмалыкский ГМК» (справка АО «Алмалыкский ГМК» № АА-009642 от 29 сентября 2022 г.). В результате получена возможность извлечения меди и золота из окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр;

разработана комбинированная схема с применением гидрометаллургических процессов и флотационного обогащения внедрена в АО «Алмалыкский ГМК» (справка АО «Алмалыкский ГМК» № АА-009642 от 29 сентября 2022 г.). В результате применения данной технологии обеспечена эффективная и высокоэкологичная технология извлечения меди и золота из окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования апробировались на 2 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 8 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, опубликованы 4 статьи, в т. ч. 2 в республиканских и 2 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации 103 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе **«Анализ проблем переработки окисленных медных руд»** представлены данные по состоянию проблем переработки окисленных и смешанных медных руд, технологии их переработки, а также тенденции по применению окисленных и смешанных медных руд. Описаны крупные комбинаты, перерабатывающие окисленные медные руды, в частности: медный комбинат «Твин-Бьюттс» (США), заводы «Хайден» и «Лейкшор» (США), рудник «Чингола» (Замбия), рудник Бингам (США), Актогайский комплекс (Казахстан), месторождение Удокан (Россия). Представлена краткая история по развитию месторождения Кальмакыр и предыдущие исследования по переработке окисленных и смешанных медных руд.

Во второй главе **«Объекты, материалы и методы исследований»** проанализированы объемы накопления окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр, представлена схема расположения отвалов вокруг месторождения Кальмакыр (рис. 1), а также приведены методики проведения исследований и описание проведения лабораторных экспериментов.

Исследования проведены с использованием методов обогащения (гравитация, флотация, магнитная сепарация) и гидрометаллургии. Изучение вещественного состава технологических проб осуществлялось с применением стандартных химических и физико-химических методов. Спектральный, масс-спектрометрический (ICP-MS), химический анализы средних проб были выполнены в химических лабораториях ГУ «ИМР» и ГП «Центральная лаборатория» на следующем оборудовании:

- спектрофотометр атомно-абсорбционный ZEEnit 700P;
- спектрофотометр атомно-абсорбционный Perki nElemer;
- масс-спектрометрия с индуктивно включенной плазмой ICP-MS;
- рентгенофлуоресцентный анализатор Skyray Instrument Explorer 7000 и др.



**Рис. 1. Схема расположения отвалов окисленных и сульфидных медных руд.**

В третьей главе «Исследование способов обогащения и возможности извлечения ценных компонентов из окисленных и смешанных руд месторождения Кальмакыр» рассмотрены окисленные и смешанные медные руды месторождения Кальмакыр, на основе которых разработана технология комплексной переработки данных руд.

Описан вещественный состав 6 проб, отобранных из отвалов, в т. ч. 3 пробы из балансовых отвалов № 39; 9, 9а и 3 пробы из забалансовых отвалов 8а, 10, А-4 месторождения Кальмакыр.

Таблица 1

**Содержания меди (Cu), молибдена (Mo), золота (Au) и серебра (Ag) в исходных пробах, по данным химического анализа**

| Место взятия пробы, отвал | Cu, % | Mo, % | Au, г/т | Ag, г/т |
|---------------------------|-------|-------|---------|---------|
| 39                        | 0,997 | 0,012 | 1,48    | 5,06    |
| 9                         | 1,142 | 0,01  | 2,18    | 6,29    |
| 9а                        | 1,053 | 0,01  | 1,52    | 5,12    |
| 8а                        | 0,131 | 0,008 | 0,43    | 5,24    |
| 10                        | 0,270 | 0,007 | 0,47    | 5,01    |
| А-4                       | 0,254 | 0,009 | 0,45    | 4,86    |

Результаты химического анализа проб (табл.1) показывают, что в балансовых отвалах № 39, 9 и 9а месторождения Кальмакыр в большом количестве распространены элементы: медь 0,9 – 1,1%; молибден – 0,01%; золото – 1,4-2,1 г/т; серебро – 5,0-6,2 г/т. В забалансовом отвале 8а, 10, А-4,

как и предполагалось, содержание металлов намного меньше: медь – 0,13-0,27%, молибден – 0,007-0,009%, золото – 0,4 г/т, серебро – 4,8-5,2 г/т.

Для гравитационного обогащения готовились пробы различной крупности: -3; -1; -0,5; -0,315 мм. При обогащении исходных проб окисленной медной руды из отвалов № 39, 9, 9а, 8а, 10 и А-4 месторождения Кальмакыр по классам крупности в тяжелой фракции концентрационного стола – концентрата – наблюдается увеличение содержания золота по сравнению с исходным. Так, содержание золота увеличивается при классе крупности -0,315 мм в балансовых отвалах № 39 с 1,48 до 13,27 г/т, при этом извлечение (не высокое) металла в концентрате составляет 20,66%. В отвалах № 9 с 2,11 до 13,02 г/т, при извлечении 22,28%. В отвалах № 9а с 1,49 до 12,86 г/т, при извлечении 20,11%. Также в забалансовых отвалах № 8а с 0,46 до 5,79 г/т, при извлечении 21,9%. В отвалах № 10 с 0,52 до 7,98 г/т, при извлечении 20,76%. В отвалах № А-4 с 0,47 до 6,02 г/т, при извлечении 20,87%.

При проведении опытов на центробежном концентраторе Knelson MD3 наилучший результат получен при режиме расхода флюидизационной воды 2,5-3,0 л/мин, оборот ротора 70 об/мин и Т:Ж = 1:3, выход готового класса 7,1%, извлечение золота, серебра и меди составило, %: 25,5, 4,6 и 8,16 соответственно. Содержание металлов следующее, г/т: Au – 1,54; Ag – 1,13; Cu – 0,54.

При гравитационном обогащении не наблюдалось извлечения ценных металлов в тяжелую фракцию, и основное количество ценных металлов перешло в хвосты. Очевидно, применение гравитационного обогащения для окисленной медной руды месторождения Кальмакыр нецелесообразно.

Метод мокрой магнитной сепарации повышает эффективность обогащения за счет более полного разделения частиц в водной среде.

Таблица 2

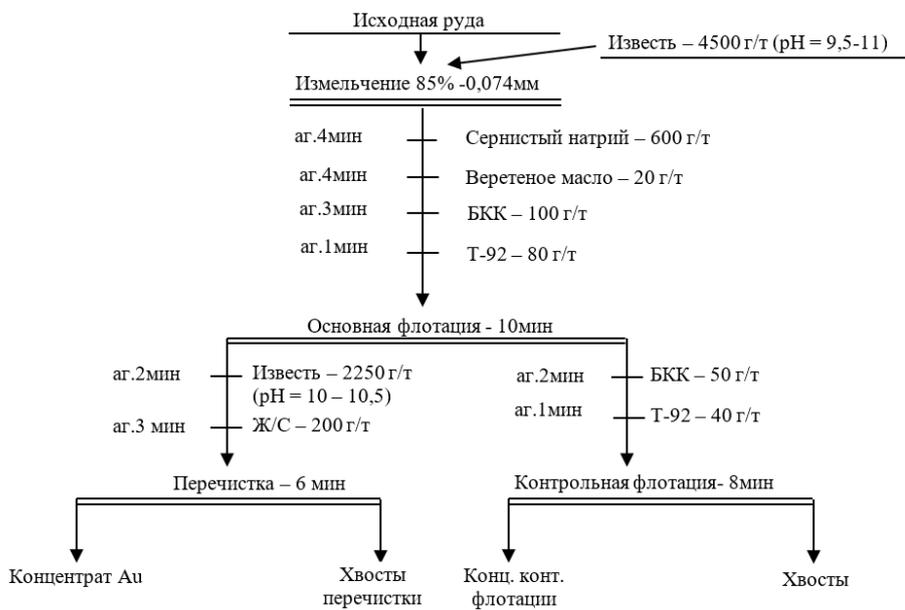
**Результаты мокрой магнитной сепарации исследуемых проб при силе тока 5А**

| Номер отвала | Продукты обогащения | Выход продуктов, % | Содержание, % |      |        |         |      | Извлечение, % |      |      |      |      |
|--------------|---------------------|--------------------|---------------|------|--------|---------|------|---------------|------|------|------|------|
|              |                     |                    | Fe            | Cu   | Mo     | Au, г/т | Al   | Fe            | Cu   | Mo   | Au   | Al   |
| 39           | Магнит. фр.         | 1,8                | 32,8          | 0,79 | 0,0023 | 1,23    | 3,3  | 11,8          | 1,7  | 0,5  | 1,6  | 1,1  |
|              | Немаг. фр.          | 98,2               | 4,5           | 0,86 | 0,0082 | 1,42    | 5,4  | 88,2          | 98,3 | 99,5 | 98,4 | 98,9 |
|              | Исходная проба      | 100                | 5,0           | 0,86 | 0,0081 | 1,42    | 5,4  | 100           | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 9            | Магнит. фр.         | 1,5                | 35,2          | 0,76 | 0,0021 | 1,95    | 5,71 | 10,2          | 1,3  | 0,3  | 1,4  | 1,4  |
|              | Немаг. фр.          | 98,5               | 4,7           | 0,92 | 0,0098 | 2,13    | 6,3  | 89,8          | 98,7 | 99,7 | 98,6 | 98,6 |
|              | Исходная проба      | 100                | 5,2           | 0,92 | 0,0097 | 2,13    | 6,3  | 100           | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 9а           | Магнит. фр.         | 1,7                | 37,8          | 0,86 | 0,0024 | 1,34    | 5,3  | 16,1          | 1,6  | 0,4  | 1,5  | 1,6  |
|              | Немаг. фр.          | 98,3               | 3,4           | 0,89 | 0,0095 | 1,49    | 5,6  | 83,9          | 98,4 | 99,6 | 98,5 | 98,4 |
|              | Исходная проба      | 100                | 4,0           | 0,89 | 0,0094 | 1,49    | 5,6  | 100           | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 8а           | Магнит. фр.         | 2,3                | 33,3          | 0,10 | 0,0019 | 0,51    | 4,2  | 14,3          | 1,6  | 0,6  | 2,7  | 1,6  |
|              | Немаг. фр.          | 97,7               | 4,7           | 0,15 | 0,0082 | 0,43    | 6,1  | 85,7          | 98,4 | 99,4 | 97,3 | 98,4 |
|              | Исходная проба      | 100                | 5,4           | 0,15 | 0,0080 | 0,43    | 6,1  | 100           | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 10           | Магнит. фр.         | 1,9                | 34,6          | 0,25 | 0,0072 | 0,47    | 3,9  | 13,2          | 1,9  | 1,9  | 1,9  | 1,3  |
|              | Немаг. фр.          | 98,1               | 4,4           | 0,25 | 0,0073 | 0,46    | 5,8  | 86,8          | 98,1 | 98,1 | 98,1 | 98,7 |
|              | Исходная проба      | 100                | 5,0           | 0,25 | 0,0073 | 0,46    | 5,8  | 100           | 100  | 100  | 100  | 100  |
| А-4          | Магнит. фр.         | 1,8                | 31,2          | 0,23 | 0,0083 | 0,46    | 3,6  | 11,3          | 1,8  | 1,7  | 1,9  | 1,3  |

| Номер отвала | Продукты обогащения | Выход продуктов, % | Содержание, % |      |        |         |     | Извлечение, % |      |      |      |      |
|--------------|---------------------|--------------------|---------------|------|--------|---------|-----|---------------|------|------|------|------|
|              |                     |                    | Fe            | Cu   | Mo     | Au, г/т | Al  | Fe            | Cu   | Mo   | Au   | Al   |
|              | Немаг. фр.          | 98,2               | 4,5           | 0,23 | 0,0086 | 0,44    | 5,1 | 88,7          | 98,2 | 98,3 | 98,1 | 98,7 |
|              | Исходная проба      | 100                | 5,0           | 0,23 | 0,0086 | 0,44    | 5,1 | 100           | 100  | 100  | 100  | 100  |

Как видно из табл. 2, при мокрой магнитной separации исследуемых проб выход магнитной фракции составил 1,5-2,3%, при этом извлечение железа низкое – 10,2-16,1%. Содержание железа в магнитной фракции составляет 31,2-37,8%. Другие металлы, в основном, переходят (98,1-99,7%) в немагнитную фракцию.

Так, была проведена флотация с перечисткой концентрата основной флотации (рис. 2). Хвосты данного опыта использованы при гидрометаллургических исследованиях. Результаты приведены в табл. 3.



**Рис. 2. Флотация отвалов окисленных медных руд.**

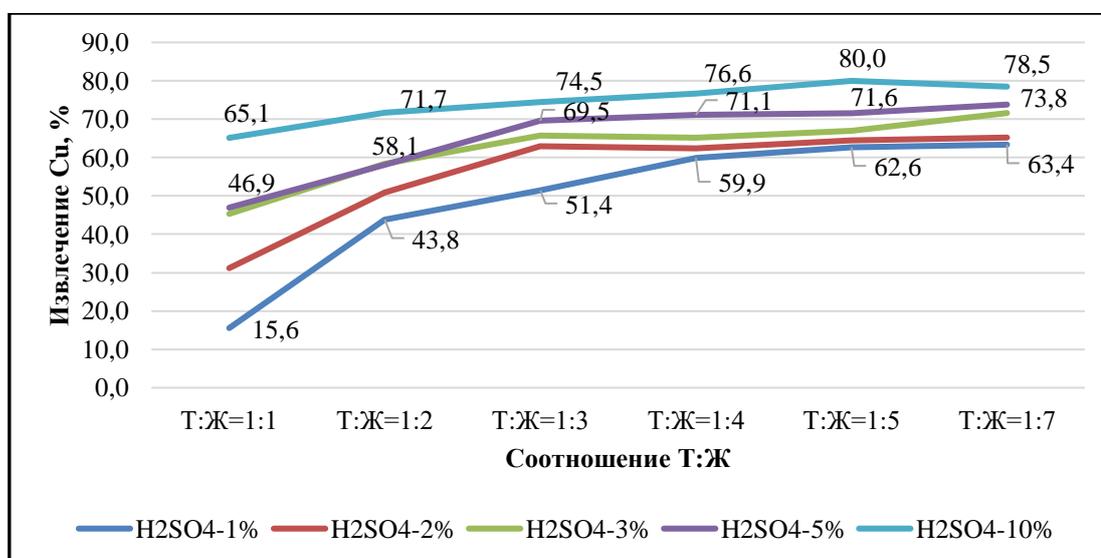
Таблица 3

**Результаты флотации с перечисткой**

| Продукты обогащения | Выход продуктов, % | Содержание, % |      |         |         | Извлечение, % |       |       |       |
|---------------------|--------------------|---------------|------|---------|---------|---------------|-------|-------|-------|
|                     |                    | Cu            | Mo   | Au, г/т | Ag, г/т | Cu            | Mo    | Au    | Ag    |
| <b>Балансовый</b>   |                    |               |      |         |         |               |       |       |       |
| Концентрат Au       | 3,1                | 4,32          | 0,01 | 25,36   | 32,1    | 15,71         | 3,10  | 51,02 | 20,16 |
| Хв. переч.          | 1,2                | 1,23          | 0,01 | 0,62    | 1,93    | 1,73          | 1,20  | 0,48  | 0,47  |
| Конц.контр.флот.    | 1,3                | 1,12          | 0,01 | 3,02    | 5,07    | 1,71          | 1,30  | 2,55  | 1,34  |
| Хвосты              | 94,4               | 0,73          | 0,01 | 0,75    | 4,08    | 80,85         | 94,40 | 45,95 | 78,03 |
| Исходная руда       | 100                | 0,85          | 0,01 | 1,54    | 4,94    | 100           | 100   | 100   | 100   |
| <b>Забалансовый</b> |                    |               |      |         |         |               |       |       |       |
| Концентрат Au       | 3,6                | 0,94          | 0,01 | 5,53    | 21,7    | 14,47         | 3,60  | 42,97 | 17,00 |
| Хв. переч.          | 1,1                | 0,77          | 0,01 | 0,23    | 2,84    | 3,62          | 1,10  | 0,55  | 0,68  |
| Конц.контр.флот.    | 1,5                | 0,89          | 0,01 | 0,56    | 3,35    | 5,71          | 1,50  | 1,81  | 1,09  |
| Хвосты              | 93,8               | 0,19          | 0,01 | 0,27    | 3,98    | 76,20         | 93,80 | 54,67 | 81,23 |
| Исходная руда       | 100                | 0,23          | 0,01 | 0,46    | 4,60    | 100           | 100   | 100   | 100   |

Как следует из табл. 3, при флотации с перечисткой концентрата основной флотации по балансовым рудам выход концентрата составил 3,1%. В этом случае извлечение золота и серебра в концентрат – 51,02 и 20,16% соответственно. Содержание золота и серебра в концентрате 25,36 и 32,10 г/т соответственно. Извлечение меди и молибдена невелико – 15,71 и 3,10% соответственно при содержании меди 4,32% и молибдена 0,01%. По забалансовым рудам выход концентрата составил 3,6%. Извлечение золота и серебра в концентрат – 42,97 и 17,00% соответственно. Содержание золота и серебра в концентрате – 5,53 и 21,70 г/т соответственно. Извлечение меди и молибдена – 14,41 и 3,60% соответственно, при содержании меди 0,94% и молибдена 0,01%, что свидетельствует о том, что окисленные медные минералы не флотировались и терялись с хвостами флотации.

С целью извлечения ценных компонентов из окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр проводилось выщелачивание (агитационное чановое и кучное) растворами щелочей и кислот. На рисунке 3 показано зависимость извлечение Cu от соотношению Т:Ж.



**Рис. 3. Зависимость извлечение Cu от соотношению Т:Ж.**

В нашем случае, кучное выщелачивание проводилось при разных классах крупности (-0,5; -1; -3; -5; -10 мм) при следующих параметрах: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 5%, Т:Ж = 1:2, комнатная температура, навеска 5000 г. В качестве исходных проб использовали окисленные медные руды из отвала № 39 (рис.4).

Как видно из табл. 4, при кучном выщелачивании извлечение меди в раствор составило до 65,9%, при этом оптимальный класс крупности исходных проб находится в пределах от 1 до 3 мм. Со снижением и увеличением класса крупности снижается извлечение меди в раствор. Необходимо отметить, что при мелких классах шламовая часть руды затрудняет проницаемость кислоты.



**Рис. 4. Кучное выщелачивание при разных классах крупности.**

Таблица 4

**Результаты кучного выщелачивания при разных классах крупностей**

| Класс крупности, мм | Выход кека, % | Содержание металлов в кеке, % |       | Извлечение металлов в раствор, % |       |
|---------------------|---------------|-------------------------------|-------|----------------------------------|-------|
|                     |               | Cu                            | Mo    | Cu                               | Mo    |
| -0,5+0              | 98            | 0,51                          | 0,019 | 46,83                            | 19,04 |
| -1+0                | 97            | 0,33                          | 0,021 | 65,95                            | 11,43 |
| -3+0                | 97            | 0,35                          | 0,019 | 63,88                            | 19,87 |
| -5+0                | 98            | 0,38                          | 0,019 | 60,38                            | 19,04 |
| -10+0               | 97            | 0,42                          | 0,019 | 56,66                            | 19,87 |
| Исход               |               | 0,94                          | 0,023 |                                  |       |

Так, можно сделать вывод, что агитационный чановый метод выщелачивания обладает рядом достоинств, что позволяет широко использовать его наряду с другими гидрометаллургическими процессами и делает перспективным при переработке труднообогатимого минерального сырья.

1. Этот метод, в отличие от кучного и подземного выщелачивания, является полностью контролируемым.

2. Применяется для продуктов тонкого помола, что значительно ускоряет процесс разрушения полезных ископаемых.

3. Добиться высокой селективности извлечения ценных полезных ископаемых можно созданием специфических условий промывки.

4. Способ не требует применения специального оборудования, его можно проводить, например, в кислотоупорных чанах или пачуках.

5. Низкотемпературный, без выброса вредных отходов в атмосферу, с замкнутым водооборотом, т. е. экологически чистый.

Важной особенностью чанового выщелачивания металлов является то, что при сочетании его с другими методами переработки время затрат ниже,

нежели при подземном и кучном. Скорость процесса, в основном, и определяет технологию выщелачивания и ее экономичность

Проведены поисковые исследования по экстракции и реэкстракции с применением различных марок экстрагентов (табл. 5).

Таблица 5

### Результаты экстракции при разных экстрагентах

| Номер опыта | Экстрагент    | Содержание Cu в водной фазе, г/л | Извлечение Cu в органической фазе, % |
|-------------|---------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1           | LIX984-N      | 0,11                             | 93,4                                 |
| 2           | Mextral 5774  | 0,12                             | 92,8                                 |
| 3           | Mextral 5640H | 0,10                             | 94,0                                 |
| 4           | Mextral 984H  | 0,11                             | 93,4                                 |
| 5           | Mextral 973H  | 0,09                             | 94,6                                 |

По результатам исследований в лабораторных условиях определены оптимальные параметры экстракции и реэкстракции окисленных медных руд месторождения Кальмакыр, которые составили: соотношение экстрагента LIX-984N с растворителем в органическом растворе – 50/50, время агитации – 3 мин, температура – комнатная (25-30°C) и соотношение органической и водной фаз – 1:1.

Для проведения электролиза применялись следующие параметры: электролит с содержанием меди 36,8 г/л; концентрация H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 150-175 г/л; плотность тока – 270-300 А/м<sup>2</sup>; температура электролита – 35-50°C; время электролиза – 1 сутки.

Полученная катодная медь соответствует уровню М1к не только по содержанию меди (не менее 99,95%), но и по всем основным примесям (табл. 6; рис. 5).

Таблица 6

### Химический состав катодной меди, %

|       |        |          |           |       |        |
|-------|--------|----------|-----------|-------|--------|
| Cu    | Bi     | Sb       | As        | P     | Pb     |
| 99,96 | 0,0003 | 0,0001   | 0,0003    | 0,002 | 0,0006 |
| S     | Sn     | Ni       | Fe        | Zn    | Ag     |
| 0,005 | 0,0003 | <0,00001 | <0,000003 | 0,001 | 0,0003 |

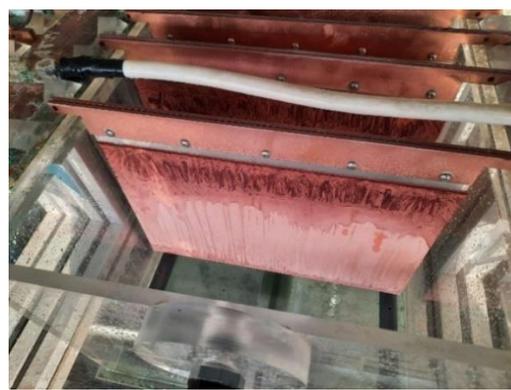
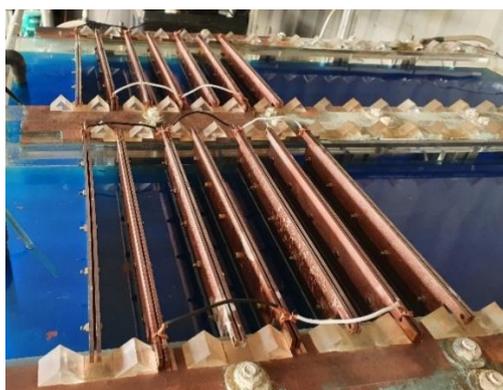


Рис. 5. Медь катодная.

В четвертой главе «Разработка технологии переработки окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр» изучен комбинированный метод переработки окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр (рис.6). Данный метод включает в себя: одностадиальное дробление, одностадиальное измельчение до крупности -1 мм класса 80%, агитационное чановое выщелачивание с помощью 3%-ной серной кислоты, фильтрация, промывка, экстракция, реэкстракция и электролиз. После промывки кек отправляется на основную флотацию, контрольную флотацию и перечистку.

Таблица 7

**Результаты технологической схемы по гидрометаллургической части**

| Тип руды     | Выщелачивание |                             |                          |                              | Экстракция   |                                  |                                      | Сквозное извлечение меди, % |
|--------------|---------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
|              | выход кек, %  | исходное содержание меди, % | содержание меди в кек, % | извлечение меди в раствор, % | исх. раствор | содержание Cu в водной фазе, г/л | извлечение Cu в органической фазе, % |                             |
| Балансовый   | 98            | 0,9                         | 0,25                     | 72,78                        | 2,2          | 0,123                            | 94,4                                 | 68,70                       |
| Забалансовый | 97            | 0,3                         | 0,13                     | 57,97                        | 1,6          | 0,078                            | 95,1                                 | 55,12                       |

Таблица 8

**Результаты технологической схемы по флотационной части**

| Продукты обогащения | Выход, % | Содержание, % |      |         |         | Извлечение, % |       |       |       |
|---------------------|----------|---------------|------|---------|---------|---------------|-------|-------|-------|
|                     |          | Cu            | Mo   | Au, г/т | Ag, г/т | Cu            | Mo    | Au    | Ag    |
| Балансовый          |          |               |      |         |         |               |       |       |       |
| Концентрат          | 4,1      | 0,90          | 0,01 | 17,96   | 25,2    | 14,00         | 4,10  | 48,86 | 22,31 |
| Промпродукт 1       | 6,2      | 0,31          | 0,01 | 1,24    | 3,61    | 7,29          | 6,20  | 5,10  | 4,83  |
| Промпродукт 2       | 5,7      | 0,25          | 0,01 | 1,12    | 5,41    | 5,41          | 5,70  | 4,24  | 6,66  |
| Хвосты              | 84       | 0,23          | 0,01 | 0,75    | 3,65    | 73,30         | 84,00 | 41,80 | 66,20 |
| Исх. проба          | 100      | 0,26          | 0,01 | 1,51    | 4,63    | 100           | 100   | 100   | 100   |
| Забалансовый        |          |               |      |         |         |               |       |       |       |
| Концентрат          | 3,1      | 0,70          | 0,01 | 5,28    | 33,1    | 15,98         | 3,10  | 32,86 | 22,12 |
| Промпродукт 1       | 3,6      | 0,26          | 0,01 | 0,98    | 2,74    | 6,89          | 3,60  | 7,08  | 2,13  |
| Промпродукт 2       | 2,3      | 0,20          | 0,01 | 1,14    | 3,23    | 3,39          | 2,30  | 5,26  | 1,60  |
| Хвосты              | 91       | 0,11          | 0,01 | 0,3     | 3,78    | 73,73         | 91,00 | 54,80 | 74,15 |
| Исх. проба          | 100      | 0,14          | 0,01 | 0,50    | 4,64    | 100           | 100   | 100   | 100   |

| Исходная руда                       |       |      |
|-------------------------------------|-------|------|
| Наименование                        | Cu    | Au   |
| Содержание, г/т                     | 8 000 | 1,2  |
| Извлечение, %                       | 100   | 100  |
| При переработке 10 тонн, извлечение | 80кг  | 12 г |

| Раствор                             |          |    |
|-------------------------------------|----------|----|
| Наименование                        | Cu       | Au |
| Содержание, г/л (г/т)               | 4 (5822) | -  |
| Извлечение, %                       | 72,78    | -  |
| При переработке 10 тонн, извлечение | 58,2кг   | -  |

| Катодная медь                        |         |    |
|--------------------------------------|---------|----|
| Наименование                         | Cu      | Au |
| Содержание, %                        | 99,96   | -  |
| Извлечение, %                        | 68,7    | -  |
| При переработке 100 тонн, извлечение | 54,9 кг | -  |

| Кек                                 |         |      |
|-------------------------------------|---------|------|
| Наименование                        | Cu      | Au   |
| Содержание, г/т                     | 2178    | 1,2  |
| Извлечение, %                       | 27,22   | 100  |
| При переработке 10 тонн, извлечение | 21,8 кг | 12 г |

| Концентрат Au                       |         |        |
|-------------------------------------|---------|--------|
| Наименование                        | Cu      | Au     |
| Содержание                          | 0,9 %   | 18 г/т |
| Извлечение, %                       | 3,81    | 48,86  |
| При переработке 10 тонн, извлечение | 3,05 кг | 5,8 г  |

| Ув. песок, и конд. контр. флот.     |         |          |
|-------------------------------------|---------|----------|
| Наименование                        | Cu      | Au       |
| Содержание                          | 0,56%   | 2,36 г/т |
| Извлечение, %                       | 3,45    | 9,34     |
| При переработке 10 тонн, извлечение | 2,76 кг | 1,2 г    |

| Хвосты                              |         |         |
|-------------------------------------|---------|---------|
| Наименование                        | Cu      | Au      |
| Содержание                          | 0,23%   | 0,3 г/т |
| Извлечение, %                       | 19,96   | 41,8    |
| При переработке 10 тонн, извлечение | 15,9 кг | 5 г     |

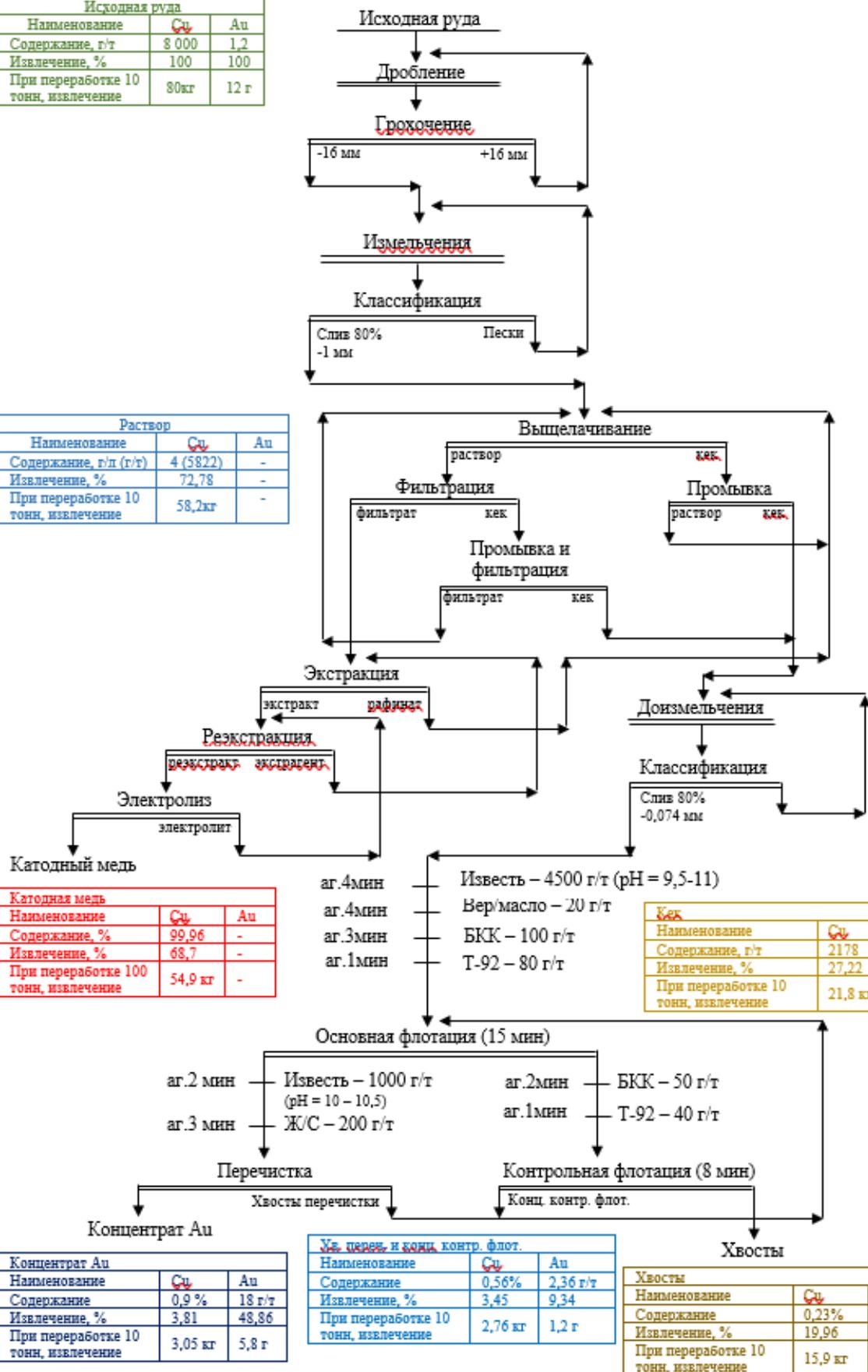


Рис. 6. Технологическая схема переработки окисленных и смешанных медных руд.

Как следует из табл. 7, 8, было достигнуто сквозное извлечение по балансовым отвалам: медь – 73%, золото – 48,8%; по забалансовым отвалам: медь – 58%, золото – 32,8%.

Рассчитаны капитальные и эксплуатационные затраты, оплата труда рабочего персонала, затраты на расходные материалы и реагенты (табл. 9).

Таблица 9

**Расчет себестоимости переработки одной тонны окисленных и смешанных медных руд**

| 1. Эксплуатационные затраты, долл./год                        |            |
|---|------------|
| Заработная плата  | 1 876 478  |
| Реагенты и материалы  | 15 890 028 |
| Электроэнергия  | 9 952 070  |
| Текущий ремонт (2% от балансовой стоимости оборудования)      | 1 566 004  |
| Итого   | 29 284 580 |
| 2. Прочие расходы, долл./год                                  |            |
| Общехозяйственные расходы (10% от эксп. затрат)               | 2 928 458  |
| Управленческие расходы (25% от общехоз.)                      | 732 114    |
| Амортизация (10% от балансовой стоимости оборудования)        | 7 830 020  |
| Итого   | 11 490 592 |
| Всего затрат: долл./год                                       | 40 775 172 |
| Себестоимость переработки 1 тонны балансовых отвалов, долл.   | 16,31      |
| Себестоимость переработки 1 тонны забалансовых отвалов, долл. | 8,15       |

Годовой объем реализации составит:

по балансовым отвалам – 201,6 млн. долл., извлекаемая ценность из 1 т отвалов – 80,64 долл. Удельный экономический эффект технологии – 64,33 долл./т.

по забалансовым отвалам – 104,4 млн. долл., извлекаемая ценность из 1 т отвалов – 20,88 долл. Таким образом, удельный экономический эффект технологии переработки отвальных хвостов – 12,73 долл./т.

Бюджетная эффективность реализации предлагаемой технологии для балансовых и забалансовых отвалов проведена на основании расчета налоговых поступлений за прогнозный период 9 и 25 лет соответственно.

Оценка полученных показателей свидетельствует об эффективности предлагаемой технологии.

По балансовым отвалам:

накопленный поток наличности – 683,17 млн. долл.;

рентабельность – 65,02%;

срок окупаемости – 3 лет.

По забалансовым окисленным и смешанным медным рудам:

накопленный поток наличности – 1 021,11 млн. долл.;  
рентабельность – 37,61%;  
срок окупаемости – 4,7 лет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему: «Исследование обогатимости окисленных и смешанных руд месторождения Кальмакыр» сделаны следующие заключения, имеющие теоритическую и практическую значимость:

1. Изучением вещественного состава окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр установлено, что по химическому составу пробы на 75-85% представлены литофильными компонентами и характеризуются типичным алюмосиликатным составом: 62-69%  $\text{SiO}_2$ ; 10-12%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 9-10%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Суммарное количество щелочных и щелочноземельных металлов в пробах варьирует от 3 до 6%. В балансовых отвалах № 39, 9 и 9а месторождения Кальмакыр распространены следующие элементы: медь 0,9 – 1,1%; молибден – 0,01%; золото – 1,4-2,1 г/т; серебро – 5,0-6,2 г/т. В забалансовых отвалах 8а, 10, А-4, как и предполагалось, содержание металлов намного меньше: медь – 0,13-0,27%, молибден – 0,007-0,009%, золото – 0,4 г/т, серебро – 4,8-5,2 г/т.

2. Показана возможность извлечения меди до 80% из окисленных и смешанных медных руд при агитационном чановом выщелачивании раствором серной кислоты. Определены оптимальные параметры агитационного чанового выщелачивания, экстракции и реэкстракции. Были рассмотрены новые экстрагенты.

3. Доказано, что при кучном выщелачивании оптимальный класс крупности исходных проб находится в пределах 1 мм, извлечение меди в раствор достигает 65,9%. Со снижением класса крупности снижается извлечение меди в раствор, так как шламовая часть руды затрудняет проницаемость кислоты.

4. Изучена комбинированная гидрометаллургическо-флотационная технология переработки окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр и достигнуто сквозное извлечение по балансовым отвалам: медь – 73%, золото – 48,8% и забалансовым отвалам: медь – 58%, золото – 32,8%.

5. Впервые в результате проведенных лабораторных и полупромышленных исследований при переработке окисленных и смешанных медных руд месторождения Кальмакыр получена катодная медь с содержанием меди 99,96%, соответствующая требованиям марки М1к.

6. Выполнены ориентировочные технико-экономические расчеты, которые показывают, что при организации производства по переработке балансовых отвалов окисленных медных руд 2,5 млн. тонн в год (I этап) срок окупаемости проекта составляет 3 года и внутренняя норма рентабельности

(IRR) – 65,02%. А также при переработке забалансовых отвалов окисленных медных руд по 5 млн. тонн в год (II этап) срок окупаемости проекта составляет 4,7 года и IRR – 37,61%.

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

---

**STATE ESTABLISHMENT INSTITUTE OF MINERAL RESOURCES**

**USENOV RASUL BOVIRJONOVICH**

**STUDY MINERAL PROCESSING OF OXIDIZED AND MIXED ORES OF  
THE KALMAKYR DEPOSIT**

**04.00.14 – Mineral processing**

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

**Navoi 2023**

**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 № B2022.4.PhD/T3268.**

The dissertation was completed at the Navoi State Mining and Technology University.

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

**Scientific supervisor:** **Almatov Ilkhomjon Mirzabek o'g'li**  
doctor of philosophy (PhD) in Technical Sciences,  
Senior Researcher

**Official opponents:** **Sharafutdinov Ulugbek Ziyatovich**  
doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
**Khudoyarov Suleyman Rashidovich**  
candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Leading organization:** **Tashkent State Technical University**  
**named after Islam Karimov**

The defence of the dissertation will be held on «15» 04 2023 at 14<sup>00</sup> 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 Shokh Street, 76v. Conference Hall of the Navoi State University of Mining and technologies Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66; e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz), [nsmi@gmail.com](mailto:nsmi@gmail.com).

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State University of Mining and technologies under No/29 Address: 210100, Navoi, 76v Galaba Shokh St. Phone: (79) 223-56-90; fax: (79) 223-00-55.

The abstract of the dissertation is distributed on «31» 03 2023.  
Protocol at the register No 10 dated «31» 03 2023.



**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 the scientific degrees,  
Doctor of philosophy (PhD) in Technical Sciences

**A.U. Samadov**  
Chairman of the scientific seminar under the Scientific  
Council for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

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

**The aim of the research work is** to develop a technology for the complex extraction of valuable components from the oxidized and mixed ores of the Kalmakyr deposit.

**The object of the research** of study are balance and off-balance oxidized copper ores of the dumps of the Kalmakyr deposit.

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

a processing technology was developed using agitation vat leaching, as well as extraction and re-extraction of oxidized and mixed copper ores of the Kalmakyr deposit;

for the first time, cathode copper was obtained from oxidized and mixed copper ores of the Kalmakyr deposit;

a technology was developed for extracting gold from agitation tank leaching cake using flotation enrichment from oxidized and mixed copper ores of the Kalmakyr deposit;

substantiated and experimentally confirmed the possibility of obtaining copper and gold from oxidized and mixed copper ores of the Kalmakyr deposit using a combined scheme.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results obtained in the study of the concentration of oxidized and mixed ores of the Kalmakyr deposit:

The developed technology for the processing of oxidized and mixed copper ores from the Kalmakyr deposit was introduced at Almalyk MMC JSC (certificate of Almalyk MMC JSC No. AA-009642 dated September 29, 2022). As a result of the developed technology, it was possible to extract copper and gold from oxidized and mixed copper ores of the Kalmakyr deposit;

the developed combined scheme using hydrometallurgical processes and flotation enrichment has been implemented at Almalyk MMC JSC (certificate of Almalyk MMC JSC No. AA-009642 dated September 29, 2022). As a result, the application of this technology will provide an efficient and highly environmentally friendly technology for the extraction of copper and gold from oxidized and mixed copper ores of the Kalmakyr deposit.

**The structure and scope of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 103 pages

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

**I bo'lim (I часть, part I)**

1. Алимов Р.С., Усенов Р.Б., Юсупходжаев А.М., Алматов И.М. Применение флотационного метода обогащения для извлечения металлов из отвальных хвостов медно-обогатительной фабрики АГМК // Ўзбекистон кончилик хабарномаси. - Навои, 2018. - С. 47-51. (04.00.00; № 3).

2. Юсупходжаев А.М., Усенов Р.Б., Алматов И.М. Результаты исследования обогатимости окисленных медных руд месторождения Калмакыр // Геология и минеральные ресурсы. - Ташкент, 2018 - № 5. - С. 55-57. (04.00.00; № 2).

3. Usenov R.B., Yusupkhodjaev A.M., Kholtursunov F.N. Flotation results of oxidized copper ores of the Kalmakyr deposit // International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD). – India, 2020. – Vol. 5. – Issue 1. – P. 2456-6470. (№ 23).

4. Usenov R.B., Rahmanov I.Y., Kholtursunov F.N. Copper extraction results from sulfuric acid solutions after leaching oxidized copper ore // The American Journal of Engineering and Technology – USA, 2020. - Vol. 02. - Issue 12. - P. 1-6. (№ 2).

**II bo'lim (II часть; part II)**

5. Юсупходжаев А.М., Усенов Р.Б., Алматов И.М. Основные направления по переработке окисленных медных руд месторождения Кальмакыр // Мат-лы Междунар. науч.-техн. конф. «Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан». - Ташкент: ГУ «ИМР», 2018. - С. 423-424.

6. Усенов Р.Б., Алматов И.М., Сагдиева М.Г. Определение пригодности чанового серно-кислотного выщелачивания отвальных окисленных медных руд месторождения Кальмакыр // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. «Современные тенденции в области теории и практики добычи и переработки минерального и техногенного сырья». - Екатеринбург, Россия, 2019. - С. 423-426

7. Jeong Y., Usenov R., Park G.S. Pilot plant tests for acid leaching of low grade copper oxide ores from Kalmakyr copper mine // Халқаро илмий-амалий конф. «Геология соҳасининг долзарб масалалари, фойдали қазилмаларни прогнозлаш, қазиб олиш ва қайта ишлаш технологиясининг инновацион усуллари». - Ташкент, 2022. - С. 368-371.

8. Усенов Р.Б., Алматов И.М., Сайназаров А.М., Бекбутаев А.Н. Результаты исследования вещественного состава балансовых и забалансовых окисленных медных руд месторождения Кальмакыр // Мат-лы Республ. науч.-практ. конф. «Актаульные проблемы геологии, геофизики, петрологии и рудообразования». - Ташкент: ИГиГ им. Х.М. Абдуллаева, 2022. - С. 303-309.

Bichimi 60x841/16. Rizograf bosma usuli. Times garniturası.  
Shartli bosma tabog‘i: 3,1. Adadi 60. Buyurtma №\_\_\_\_.  
“Mineral resurslar instituti” bosmaxonasida chop etilgan.  
Bosmaxona manzili: 100164, Toshkent sh., Olimlar ko‘chasi, 64.







