

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

---

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI  
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**BEKPO‘LATOV JAVLON MUSTAFOQULIYEVICH**

**TARKIBIDA NODIR VA RANGLI METALL BO‘LGAN  
TEXNOGEN CHIQINDILARNI KOMPLEKS QAYTA  
ISHLASHNING ILMIY ASOSLARI**

**05.02.01 – Mashinasozlikda materialshunoslik. Quymachilik. Metallarga termik va bosim  
ostida ishlov berish. Qora, rangli va noyob metallar metallurgiyasi**

**Texnika fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi  
AVTOREFERATI**

**Texnika fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора технических наук (DSc)**

**Content of dissertation abstract of doctor of Science (DSc) of technical sciences**

**Bekro‘latov Javlon Mustaquliyevich**

Tarkibida nodir va rangli metall bo‘lgan texnogen chiqindilarni kompleks qayta ishlashning ilmiy asoslari ..... 3

**Бекпулатов Жавлон Мустафокулиевич**

Научные основы комплексной переработки техногенных отходов, содержащих цветные и благородные металлы..... 29

**Bekpulatov Javlon Mustafokulievich**

Scientific bases of complex processing of technogenic waste containing non-ferrous and precious metals..... 57

**E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 61

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

---

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI  
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**BEKPO‘LATOV JAVLON MUSTAFOQULIYEVICH**

**TARKIBIDA NODIR VA RANGLI METALL BO‘LGAN  
TEXNOGEN CHIQINDILARNI KOMPLEKS QAYTA  
ISHLASHNING ILMIY ASOSLARI**

**05.02.01 – Mashinasozlikda materialshunoslik. Quymachilik. Metallarga termik va bosim  
ostida ishlov berish. Qora, rangli va noyob metallar metallurgiyasi**

**Texnika fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi  
AVTOREFERATI**

**Olmaliq – 2024**

**Fan doktori (DSc) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta‘lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.4.DSc/T624 raqam bilan ro‘yxatga olingan.**

Texnika fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume) Ilmiy kengashning veb-sahifasida ([www.misis.uz](http://www.misis.uz)) va «Ziyonet» Axborot ta‘lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

<b>Ilmiy maslahatchi:</b>	<b>Xudoyarov Suleyman Rashidovich</b> texnika fanlari doktori, dotsent
<b>Rasmiy opponentlar:</b>	<b>Ermatov Ziyadulla Dosmatovich</b> texnika fanlari doktori, profeesor <b>Vohidov Baxriddin Raxmiddinovich</b> texnika fanlari doktori, dotsent <b>Tolibov Behzod Ibrohim o‘g‘li</b> texnika fanlari doktori
<b>Yetakchi tashkilot:</b>	<b>«O‘zbekiston texnologik metallar kombinati» AJ</b>

Dissertatsiya himoyasi Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti «MISIS»ning Olmaliq shahridagi filiali huzuridagi DSc.22/30.12.2019.T.98.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil 25 dekabr soat 9<sup>00</sup> dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. Manzil: 110101, Olmaliq shahri, Amir Temur ko‘chasi, 56-uy. Tel.: (70) 614-22-57; E-mail: [info@misis.uz](mailto:info@misis.uz).

Dissertatsiya bilan Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti «MISIS»ning Olmaliq shahridagi filiali Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (24-34-D raqam bilan ro‘yxatga olingan). Manzil: 110101, Olmaliq shahri, Amir Temur ko‘chasi, 56-uy. Tel.: (70) 614-22-57.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil 12 dekabr kuni tarqatilgan.  
(2024 yil 12 dekabr №24 raqamli reestr bayonnomasi).



**F.Ya.Umarov**

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

**G.S.Nutfulloyev**

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

**Sh.Sh.Zairov**

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

## KIRISH (fan doktori (DSc) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda oltin va mis tarkibli rudalarni boyitish va qayta ishlashdan hosil bo'lgan texnogen chiqindilarning texnologik sxemalarini takomillashtirish, yangi texnologik va texnik yechimlarni ishlab chiqish yo'li bilan samaradorligini oshirish borasida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada oltin va mis narxining tobora ortib borishi texnogen chiqindilarning qayta ishlashga jalb qilinishi va mineral xomashyo bazasini kengaytirilishi uchun qulay sharoitlar yaratmoqda. Oltin va mis tarkibli texnogen chiqindilarni qayta ishlash samaradorligini oshirish masalalarini hal etishda katta muvaffaqiyatlarga erishish muhim ahamiyat kasb etadi. Texnogen chiqindilarni qayta ishlashni takomillashtirishda ularni mahalliy sanoat korxonalarini chiqindilaridan olingan reagentlarni qo'llab flotatsiya va gravitatsiya usullarida boyitish, texnologiyalarini yaratish bilan bog'liq masalalar oxirigacha o'z yechimini topmagan. Shu munosabat bilan, o'rganilayotgan texnogen chiqindilarni an'anaviy va yangi mahalliy reagentlarni qo'llab flotatsiya usulida boyitish sxemalarini ishlab chiqish, oltin va mis tarkibli texnogen chiqindilarni boyitish va qayta ishlashning turli usullarini ishlab chiqish, boyitish fabrikalari va metallurgik zavodlarda boyitish samaradorligini oshirish, oltin va mis tarkibli texnogen chiqindilarni an'anaviy reagentlar yordamida qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirishga alohida e'tibor qaratish muhim ahamiyatga ega.

Bugungi kunda dunyoda metallurgiya sanoatida mineral resurslardan unumli foydalanish, texnogen chiqindilarni qayta ishlash usullarini yaratish, boyitish fabrikalari texnogen chiqindilarini fizik, kimyoviy va boyitiluvchanlik xossalarini tadqiq qilish, boyitishning texnogen chiqindilarini mineralogik tarkibini, fraksion va granulometrik tahlil qilish, boyitishning texnogen chiqindilaridan mis, oltin, kumush tarkibli boyitma olish texnologiyasini tadqiq qilish va foydali qazilmalarni boyitishdan hosil bo'lgan texnogen chiqindilarni qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqarishga tatbiq etish bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada tarkibida nodir va rangli metall bo'lgan texnogen chiqindilarni kompleks qayta ishlash hamda texnogen chiqindilar tarkibidan oltin va mis tarkibli boyitmalar olishning ilmiy asoslarini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda konchilik sanoatni sifat jihatdan yangi bosqichga ko'tarish, mahalliy xomashyo manbalarini chuqur qayta ishlash, tayyor mahsulotlar ishlab chiqarishni jadallashtirish, yangi turdagi mahsulotlar va texnologiyalarni o'zlashtirish bo'yicha ilg'or ilmiy asoslangan chora-tadbirlarni joriy qilib, qator ilmiy-amaliy natijalarga erishilmoqda. Bu borada «Olmaliq kon metallurgiya kombinati» AJ mis boyitish fabrikasi (MBF), Angren oltin saralash fabrikasi (AOSF) va Xondiza kon boshqarmasi texnogen chiqindilaridan rangli metallarni ajratib olishning yangi texnologiyalarini yaratish va takomillashtirishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqotlar muhim ahamiyatga ega. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qarorida<sup>1</sup> «Respublikada tog'-kon korxonalarini mineral-xomashyo

---

<sup>1</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 17-yanvardagi PQ-4124-son «Kon-metallurgiya tarmog'i korxonalarini faoliyatini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Qarori

bazasidan foydalanish samaradorligini oshirish» kabi muhim vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalardan kelib chiqqan holda, texnogen chiqindilarni kompleks qayta ishlashga qaratilgan tadqiqotlar katta ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi «Yangi O‘zbekistonni 2022-2026-yillarda rivojlantirish strategiyasi» to‘g‘risidagi PF-60-son Farmoni, 2018-yil 27-apreldagi «Innovatsion g‘oyalar, texnologiyalar va loyihalarni amaliy joriy qilish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari» to‘g‘risidagi PQ-3682-son, 2019-yil 17-yanvardagi «Kon-metallurgiya tarmog‘i korxonalari faoliyatini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari» to‘g‘risida PQ-4124-son, 2021-yil 24-iyundagi «Kon-metallurgiya sanoati va unga bog‘liq sohalarni rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar» to‘g‘risidagi PQ-5159-son Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

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

**Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy tadqiqotlar sharhi<sup>2</sup>.** Oltin va mis boyitish fabrikalaridan hosil bo‘lgan texnogen chiqindilarini boyitish va qayta ishlash texnologiyalarini ishlab chiqishga yo‘naltirilgan keng qamrovli ilmiy izlanishlar dunyoning yetakchi ilmiy markazlari va oliy ta‘lim muassasalari, jumladan: Universidad de Concepción (Chili), Pukyong National University (Janubiy Koreya), Institute of Technology (Hindiston), University of Belgrade (Serbiya), Bandung Institute of Technology (Indoneziya), Aalto University (Finlandiya), Ural federal universiteti (Rossiya), University of Science and Technology Beijing, Wuhan University of Science and Technology (Xitoy), Montana Tech of The University of Montana (AQSH), University of Toronto (Kanada), Ukraina metallurgiya akademiyasi (Ukraina), Tohoku University (Yaponiya), Qarag‘anda davlat sanoat universiteti (Qozog‘iston), The University of Queensland (Avstraliya) va boshqa ilmiy-tadqiqot muassasalari tomonidan keng qamrovli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Boyitish fabrikalarida hosil bo‘lgan texnogen chiqindilarni qayta ishlab, uning tarkibidan foydali komponentlarni ajratib olish hamda fizik-kimyoviy jarayonlarini aniqlash bo‘yicha amalga oshirilgan tadqiqotlar natijasida qator ilmiy natijalar olingan, shu jumladan: mis boyitish fabrikalari chiqindilarini past haroratda tiklab magnit separatsiya qilish orqali temir birikmalarini ajratib olish usullari ishlab chiqilgan (University of Science and Technology Beijing); oltin tarkibli texnogen chiqindilarni tanlab eritmaga o‘tkazish va qayta ishlash texnologik sxemasi ishlab chiqilgan (Pukyong National University, Institute of Technology); mis tarkibli texnogen chiqindilarning tarkibi tahlil qilingan va flotatsiya usulida boyitish

---

<sup>2</sup> Dissertatsiyaning mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi [www.atlasrockbit.com](http://www.atlasrockbit.com), <http://www.varelintl.com>, [www.dissercat.com](http://www.dissercat.com), <http://vbm.ru>, <https://www.amazon.com>, <http://www.mirknigi.ru> va boshqa manbalar asosida ishlab chiqilgan.

texnologik sxemasi ishlab chiqilgan (Ural federal universiteti, University of Science and Technology Beijing); texnogen chiqindi tarkibidagi komponentlarni boyitmaga o'tishi aniqlangan va boyitish jarayonining takomillashtirishning matematik modeli ishlab chiqilgan (University of Toronto, Ukraina metallurgiya akademiyasi); oltin tarkibli texnogen chiqindilarni boyitish uchun konsentratsion stolning texnologik parametrlari ishlab chiqilgan (Bandung Institute of Technology, Aalto University); oltin, kumush va mis tarkibli texnogen chiqindilarni qayta ishlashni haroratga, jarayon vaqtiga va reagent sarfiga bog'liqligi asoslangan (Universidad de Concepción va Toshkent davlat texnika universiteti).

Jahonda qo'rg'oshin-rux, oltin va mis tarkibli rudalarni boyitish va qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan texnogen chiqindilardan qimmatbaho komponentlarni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqishga oid quyidagi ustuvor yo'nalishlar bo'yicha qator tadqiqot ishlari amalga oshirilmoqda: oltin va mis tarkibli texnogen chiqindilarning granulometrik tarkibini o'rganish; gravitatsiya va flotatsiya usulida boyitishga ta'sir etuvchi omillarini aniqlash; minerallarning fizik-kimyoviy va texnologik xossalarini aniqlash; moddiy tarkibini tahlil qilish va konsentrat olishning energiya va resurs tejamkor texnologiyasini ishlab chiqish; texnogen chiqindilardan qimmatbaho komponentlarni flotatsiya, gravitatsiya, sianlash usulida boyitmaga o'tkazishning optimal texnologik sxemasini ishlab chiqish; mis, qo'rg'oshin-rux hamda oltin tarkibli texnogen chiqindilarni qayta ishlashda mahalliy reagent qo'llab flotatsiya usulida boyitish texnologiyasini ishlab chiqish.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Qo'rg'oshin-rux, oltin va mis tarkibli rudalarni boyitish fabrikalarida hosil bo'lgan texnogen chiqindilarni boyitish jarayoni ustidan ilmiy izlanishlar olib brogan olimlardan: M.I.Panfilov, P.S.Xarlashin, B.F.Belov, A.I.Trosan, A.I.Zaysev, A.M.Bigeyev, Y.S.Yusfin, A.I.Gamey, N.V.Naumkin, V.I.Tixonov, E.I.Ostrov, A.N.Krutilin, M.N.Kuxarchuk, O.A.Sichevalar va boshqalar tomonidan qora metallurgiya sanoatida temir boyitmalarini uglerod tarkibli tiklovchilar yordamida tiklab, metallashgan qumoqlar (okatish) olishga erishilgan.

Shuningdek, rudalarni boyitish natijasida hosil bo'lgan texnogen chiqindilarni qayta ishlashda resurs-tejamkorlikni ta'minlash, texnogen chiqindilarni qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish asosida ularning ishonchliligi va samaradorligini oshirish muammolari yuzasidan o'zbek olimlari K.S.Sanakulov, A.A.Yusupxodjayev, A.S.Hasanov, M.G.Sagdiyeva, A.U.Samadov, M.M.Yakubov, X.A.Ahmedov, E.L.Popov, S.T.Matkarimov va boshqalar tomonidan ilmiy tadqiqotlar o'tkazilgan va bir qator samarali natijalarga erishilgan.

Tahlillarga ko'ra texnogen chiqindilarni qayta ishlash sohasida ko'plab ilmiy natijalarga erishilishiga qaramay, hali yechimini topmagan muammolar ham ko'p. Jumladan, texnogen chiqindilar tarkibidagi qimmatbaho komponentlarni ajratib olishning resurstejamkor chiqindisiz texnologiyasini ishlab chiqish muammosi mavjudligini ta'kidlash lozim. Shu munosabat bilan texnogen chiqindilarni dastlab tahlillar o'tkazish yanchish, gravitatsion, flotatsion usullarda boyitish va texnik

talab darajasidagi boyitma olish texnologiyasi ishlab chiqish bo'yicha olib borilgan ilmiy izlanishlar Respublikamiz sanoat-korxonalari uchun muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

**Ilmiy-tadqiqot mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim yoki ilmiy tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetining ilmiy tadqiqot ishlari rejasining 63-172-son «Olmaliq KMK» AJ texnogen hosilalaridan noyob, tarqoq, nodir, rangli va qora metallar moddiy tarkibini aniqlashning tahlili» va PZ-20170929768-son «Qimmatbaho komponentlarni ajratib olish maqsadida mis ishlab chiqarish shlaklarini qayta ishlash texnologiyasini yaratish» mavzularidagi loyihalar doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** «Olmaliq KMK» AJ Angren oltin saralash va mis boyitish fabrikalari hamda Xondiza kon boshqarmasi boyitish fabrikalardan chiqqan texnogen chiqindilar tarkibidan oltin va mis tarkibli boyitmalar olish hamda qayta ishlashning ilmiy asoslarini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

«Olmaliq KMK» AJga Angren oltin saralash fabrikasi, Mis boyitish fabrikasi va Xondiza kon boshqarmasi boyitish fabrikalari texnogen chiqindilarini qayta ishlashning mavjud texnologiyalari va xossalari bo'yicha ma'lumotlarni tahlil qilish;

«Olmaliq KMK» AJ Angren kon boshqarmasi, Mis boyitish fabrikalari va Xondiza kon boshqarmasi boyitish fabrikalari texnogen chiqindilarini fizik, kimyoviy va boyitiluvchanlik xossalari tahlil qilish;

boyitishning texnogen chiqindilarini mineralogik tarkibini, fraksion va granulometrik tahlil qilish;

boyitishning texnogen chiqindilarini va mahsulotlarini qayta ishlash bo'yicha amalga oshirilgan tadqiqotlarning tahlil qilish;

boyitishning texnogen chiqindilaridan mis, oltin, kumush tarkibli boyitma olish texnologiyasini tadqiq qilish;

foydali qazilmalarni boyitishdan hosil bo'lgan texnogen chiqindilarni qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqarishga tatbiq etish va iqtisodiy samaradorligini aniqlash.

**Tadqiqotning obykti** sifatida «Olmaliq KMK» AJga Angren kon boshqarmasi, Xondiza kon boshqarmasi va Mis boyitish fabrikalari texnogen chiqindilari olingan.

**Tadqiqotning predmetini** boyitish fabrikalarining mis va oltin tarkibli texnogen chiqindilarini boyitish texnologiyasi tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishini bajarishda zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullaridan, IQ-spektroskopiya, rentgenfazaviy (RFT), differensial-termik (DTT) tahlillar, namuna tarkibidagi metallar bo'yicha miqdoriy tahlil usullari va tahlilning boshqa standart usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

texnogen chiqindilardan oltinni ajratib olish va qayta ishlash darajasini mavjud usullarga nisbatan 15-20% ga oshirish imkonini beruvchi reagent tartiblari

va ishlov berish usullarini o'z ichiga olgan texnologik jarayon parametrlari ishlab chiqilgan;

metall miqdori past bo'lgan xomashyodan samarali tarzda mis tarkibli minerallarni ajratib olish imkonini beruvchi mis tarkibli texnogen chiqindilarni qayta ishlash uchun moslashtirilgan flotatsiya usuli ko'llanilgan texnologik sxema ishlab chiqilgan;

qayta ishlash jarayoni samaradorligini oshirishga va uning sharoitlarini jadallashtirish imkonini beruvchi texnogen chiqindilardagi qimmatbaho komponentlarni konsentratga o'tishining kinetik va termodinamik qonuniyatlarini tavsiflovchi, ularning murakkab mineral tarkibi va texnologik parametrlarining ta'sirini hisobga oluvchi matematik model ishlab chiqilgan;

mahalliy reagentning yuqori selektivligi va murakkab chiqindilarni boyitishda samaradorligini namoyon etuvchi hamda import qilinuvchi reagentlar uchun xarajatlarni kamaytiradigan va texnologiyaning ekologik barqarorligini oshiradigan mahalliy PS-1 reagenti qo'llanilib, tarkibidagi misning miqdori 0,1-0,12% bo'lgan texnogen chiqindilardan flotatsiya usulini qo'llab tarkibida 7-8% mis saqlovchi boyitma olishga erishilgan;

tarkibida 10% qurg'oshin hamda 15% ruh saqlovchi boyitmalar olish va murakkab mineral tarkibli ikkilamchi resurslarni sanoatda qo'llash uchun yangi imkoniyatlar yaratilgan bo'lib, qurg'oshin va ruh tarkibli texnogen chiqindilarni flotatsiya usuli bilan boyitish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

oltinni ajratib olish darajasini, uning granulometrik tarkibi va mineral shakli kabi xususiyatlarini hisobga olgan holda oshirish imkonini beruvchi oltin tarkibli texnogen chiqindilarni boyitish uchun qo'llanilgan konsentratsion stolning optimal texnologik parametrlari aniqlangan;

qayta ishlash parametrlarini o'zgartirish hamda qimmatbaho komponentlarni ajratib olish darajasini oshirish imkonini yaratuvchi oltin, kumush va mis tarkibli texnogen chiqindilarni qayta ishlash samaradorligi, jarayonning harorati vaqti va reagent sarfiga kompleks bog'liqligi aniqlangan.

#### **Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

Angren oltin saralash fabrikasi texnogen chiqindilaridan qimmatbaho komponentlarni flotatsiya, garvitatsiya, sianlash usulida boyitmaga o'tkazishning optimal texnologik sxemasi va konsentratsion stol parametrlari ishlab chiqilgan;

mis boyitish fabrikalari texnogen chiqindilari tarkibidan qimmatbaho komponentlarni flotatsiya usulida boyitishning optimal texnologik sxemalarini tanlash natijasida, tarkibida 0,1-0,12% mis birikmasi bo'lgan texnogen chiqindilardan boyitma olingan;

qimmatbaho flotoreagentlarni mahalliy sanoat chiqindilari asosida tayyorlangan flotoreagentlar bilan qisman almashtirish natijasida flotatsiya jarayonidagi sarflanadigan xarajatlar va boyitish jarayoni mahsulotlari tannarxi kamaytirilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Tadqiqot natijalarining ishonchliligi aniq qo'yilgan vazifa asosida olingan mahsulotlarning fizik va texnologik xossalarini o'rganishda zamonaviy IQ-spektroskopiya, elektron mikroskop,

rentgenografiya va differentsial-termik tahlil usullari yordamida aniqlangan natijalar bilan taqqoslash orqali izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati oltin va mis boyitish va eritish natijasida hosil bo'lgan texnogen chiqindilarni yana boyitish hamda ularning parametrlarini boshqarish yo'li bilan mis, oltin, kumush va boshqa qimmatbaho komponentlar ajratishining eng qulay samarali texnologik sxemasini ta'minlaydigan, qayta ishlash usullari ishlab chiqishga va tekshirishga, buning asosida matematik model ishlab chiqish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati oltin va mis tarkibli rudalarni boyitishdan hosil bo'lgan texnogen chiqindilarni boyitishning texnologik sxemasi va dastgohlar zanjir sxemasini ishlab chiqish yordamida qo'shimcha konsentrat olish hamda qoldiq mahsulotlarni chiqindixonaga yo'naltirishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Tarkibida nodir va rangli metall bo'lgan texnogen chiqindilarni kompleks qayta ishlash usullarini ilmiy jihatdan asoslash bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

texnogen chiqindilaridan qimmatbaho komponentlarni flotatsiya, gravitatsiya, sianlash usulida boyitmaga o'tkazishning optimal texnologik sxemasi va konsentratsion stol parametrlari «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ Angren oltin saralash fabrikasida joriy etilgan («Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJning 2023-yil 27-oktabrdagi 63-618-son ma'lumotnomasi). Natijada, oltin va kumush birikmalarini o'z ichiga olgan graviboyitma olish imkonini bergan;

mis, qo'rg'oshin-rux hamda oltin tarkibli texnogen chiqindilarni qayta ishlashda mahalliy reagent qo'llab flotatsiya usulida boyitish texnologiyasi «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ Angren oltin saralash fabrikasida joriy qilingan («Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJning 2023-yil 27-oktabrdagi 63-618-son ma'lumotnomasi). Natijada, an'anaviy usulda boyitishga nisbatan 20% iqtisodiy samaradorlikka erishish imkonini bergan;

mis boyitish fabrikasining 0,1-0,12% mis tarkibli texnogen chiqindilarini flotatsiya usulida qayta ishlash texnologiyasi «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ Mis boyitish fabrikasida joriy qilingan («Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJning 2023-yil 27-oktabrdagi 63-618-son ma'lumotnomasi). Natijada, tarkibida 7-8% mis birikmasi bo'lgan boyitma olishga erishish imkonini bergan;

qo'rg'oshin-rux tarkibli texnogen chiqindilarni flotatsiya usulida boyitish texnologiyasi «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ Xondiza kon boshqarmasida joriy qilingan («Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJning 2023-yil 27-oktabrdagi 63-618-son ma'lumotnomasi). Natijada, tarkibida 10% rux hamda 13% qo'rg'oshin birikmalari bo'lgan boyitma olish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqotlarning natijalari 1 ta Respublika va 7 ta Xalqaro ilmiy-amaliy anjumanlarda aprobatsiya qilingan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 25 ta ilmiy ish, jumladan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya

komissiyasi dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini nashr etish uchun tavsiya qilingan ilmiy nashrlarda 17 ta maqola, shundan 12 ta Respublika va 5 ta xalqaro ilmiy jurnallarda chop etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, oltita bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 185 betni tashkil etgan.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida olib borilgan tadqiqotning dolzarbligi va zurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti 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 «**Foydali qazilmalarni boyitishda texnogen chiqindilarning hosil bo'lishi va ularni qayta ishlashning zamonaviy texnologiyalari tahlili**» deb nomlangan birinchi bobida jahonda konchilik va metallurgiya sanoatining jadal rivojlanishi yangi turdagi metall va metalli birikmalarni ajratib olish bilan birga turli texnogen chiqindilar hosil bo'ladi. Dunyoda mineral xomashyoni qazib olish va iste'mol qilish sur'atlari doimiy ravishda o'sib bormoqda va sayyoramiz aholisining har yili 1,0-1,3% ga o'sishi bilan mineral xomashyo ishlab chiqarish hajmi ham ortib bormoqda. Texnogen chiqindilarni qayta ishlash bo'yicha amalga oshirilgan tadqiqotlarning tahlili keltirilgan. Mamlakatimizda tog'-kon sanoati texnogen chiqindilaridan foydalanish darajasi pastligi, ularni chuqur integratsiyalashgan kam chiqindili qayta ishlashga yetarlicha jalb qilinmaganligi muammoning asosiy sabablaridan biri hisoblandi. Texnogen chiqindilarni qayta ishlash va boyitish uchun yangi va innovatsion texnologiyalarini sanoatga joriy qilish muammoning texnologik yechimi bo'lib, texnogen chiqindilardan yetarli darajada foydalanish yuqori texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarga erishish imkonini beradi. Tarkibida qimmatbaho metallar bo'lgan texnogen chiqindilarni ajratib olish uchun flotatsion, gravitatsion, gravitatsion-flotatsion kombinatsiyalashgan sxemalardan foydalanish muammoning asosiy yechimlardan biri hisoblanadi. Bu sxemalarni tanlash asosan texnogen chiqindilarning, fizik, kimyoviy va boshqa xossalardagi farqlarga asoslanishi bilan izohlanadi.

Qimmatbaho komponentlarning chiqindi bilan yo'qolishi nafaqat foydali komponent olish miqdorining pasayishi, balki keyin qayta ishlash va ulardan foydalanishni murakkablashtiradi hamda texnogen chiqindilarni qayta ishlash, saqlash, shuningdek, saqlashning tabiiy, texnologik jarayonlari, mineral xomashyoning mineralogik va geokimyoviy tuzilishini o'zgartiradi.

Texnogen chiqindilar foydalanishning sifat va miqdoriy xususiyatlariga qarab turli yo'llar bilan qayta ishlanishi mumkin. Bu esa o'z navbatida resurslarni tejash va kon-metallurgiya sanoati va boshqa sohalarni mineral xomashyo bazasi bilan ta'minlash imkonini beradi. Mavjud konchilik sanoati korxonalarini texnogen

chiqindilarini qayta ishlash mineral-xomashyo bazasini mustahkamlash va undan foydalanish samaradorligini oshirish, texnogen chiqindilarning resurs sig'imini kamaytirish va atrof-muhitni yaxshilashning eng samarali usullaridan biri hisoblanadi.

Dissertatsiyaning **«Obyektlarni tanlash hamda boyitish fabrikalari texnogen chiqindilarini qayta ishlash metodikasi»** deb nomlangan ikkinchi bobida «Olmaliq KMK» AJ ga qarashli mis boyitish fabrikasi, Xondiza kon boshqarmasi va Angren oltin saralash fabrikasi texnogen chiqindilarini kompleks qayta ishlashning resurs tejovchi texnologiyalarini shakllantirishning uslubiy asoslarini ishlab chiqish, mineralogik, granulometrik tarkibi va texnologik xususiyatlariga qarab ularni turli xil jarayonlarga bog'liqligini o'rganish maqsadida ilmiy tadqiqot olib borish obyektlari sifatida tanlab olindi. Oltin va mis tarkibli rudalarni boyitish fabrikalari texnogen chiqindilari istiqbolli va qayta ishlash mumkin bo'lgan obyektlardir. Ma'lumki, tog'-kon sanoati korxonalarining mineral-xomashyo salohiyati nafaqat ochilgan va o'zlashtirilayotgan konlar ko'rinishidagi mavjud xomashyo zahiralari bilan, balki noan'anaviy resurslar: chiqindixonona, balansdan tashqari, oksidlangan va boshqa rudalar bilan ham tavsiflanadi. Ruda konlarini qayta ishlash chiqindilari toifasiga - boyitish va metallurgiya ishlab chiqarishi mahsulotlari (chiqindi, shlak, kek va boshqalar) kabi texnogen konlar taalluqli. Tog'-kon sanoati korxonalarini hududida mineral resurslarni jadal ekspluatatsiya qilish va qayta ishlash atrof-muhitga sezilarli ta'sir ko'rsatadi, bu esa atrof-muhitning beqarorlashishiga olib keladi va bu hududning keyingi ishlab chiqarish rivojlanishini o'z tasirini ko'rsatadi. Texnogen konlar tuzilishining aniqlangan xususiyatlari va qonuniyatlaridan kelib chiqib, ularni o'rganish va o'zlashtirishning yagona ilmiy-metodik yondashuvini ishlab chiqish mumkin. Tabiiy konlardan farqli o'laroq, texnogen konlarni o'rganishning eng muhim vazifasi texnologik xossalarni baholash va shu asosda texnogen xomashyoning metall bo'lmagan qismidan foydali komponentlarni olish va foydali mahsulotlar olishning texnologik sxemalarini ishlab chiqishdir. Shuning uchun texnogen chiqindilar tarkibi, texnogen chiqindilar tarkibidagi foydali komponentlar miqdori va ularning fizik-mexanik xususiyatlari hamda fazoviy taqsimoti qonuniyatlarini aniqlash muhim vazifalardan biridir. Texnogen chiqindilar tarkibi va metall tarkibli balans zaxiralarni aniqlash va hisoblash uchun tabiiy konlardagi kabi shart-sharoitlar ko'rsatkichlaridan foydalanish mumkin. Texnogen chiqindilar va balansdan tashqari zaxiralarni tahlil qilish va boyitish uchun qo'shimcha ko'rsatkichni e'tiborga olish muhim omil hisoblanadi. Mazkur ko'rsatkichlar texnogen chiqindilarni gravitatsion, flotatsion usullardan foydalanib boyitishga qaratilgan. Shu sababli tadqiqotlarda texnogen chiqindilarning kimyoviy, fizik-kimyoviy va fizik-mexanik xossalarni o'rganishda IK-spektroskopiya, elektron mikroskop, granulometrik tahlil va boshqa turli zamonaviy tadqiqot usullaridan foydalanilgan. Tadqiqotni olib borishda yordamchi dastgohlar sifatida: maydalagichlar, tegirmonlar turli o'lchamdagi laboratoriya g'alvirlari, konsentratsion stol, flotatsion mashinalardan foydalanildi.

Texnogen konlar tuzilishining aniqlangan xususiyatlari va qonuniyatlaridan

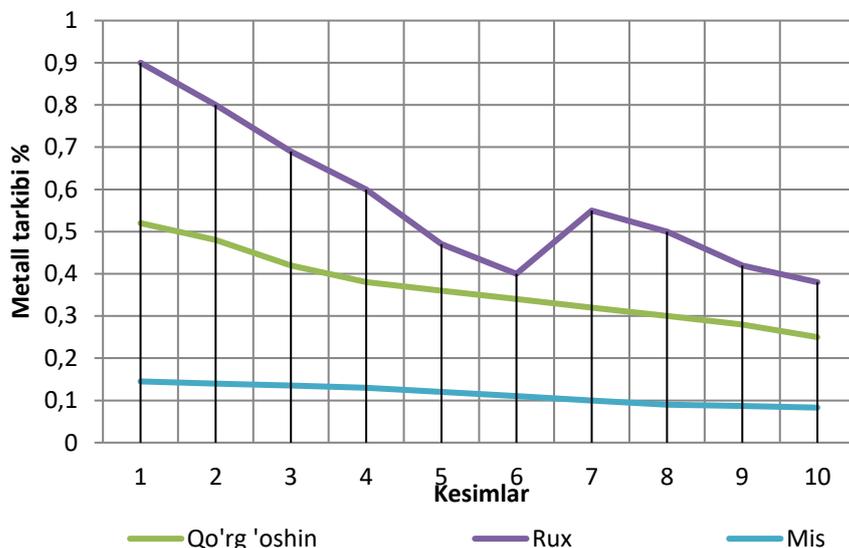
kelib chiqib, ularni o'rganish va o'zlashtirishning ilmiy-metodik yondashuvini ishlab chiqish mumkin. Tabiiy konlardan farqli o'laroq, texnogen konlarni o'rganishning eng muhim vazifasi ularning texnologik xossalarini baholash va shu asosda texnogen xomashyoning rudali qismidan foydali komponentlarni olish va foydali mahsulotlar olishning texnologik sxemalarini ishlab chiqishdir. Shuning uchun texnogen chiqindilar tarkibi va fizik-mexanik xususiyatlariga ko'ra ularning fazoviy taqsimoti qonuniyatlarini aniqlash zarur. Texnogen konlarni o'rganish quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi: 1) texnologik baholash ishlari; 2) rudali va rudasiz texnogen xomashyodan kompleks foydalanishning maqsadga muvofiqligi va texnik-iqtisodiy samaradorligini baholash; 3) texnogen obyektini texnogen kon toifasiga o'tkazish; 4) texnogen xomashyoning texnologik turlari va navlarini taqsimlash; 5) qayta ishlashning texnologik sxemalarini ishlab chiqish 6) atrof-muhitga ta'sir qilish xususiyati va darajasini aniqlash; 7) ishlab chiqarishning texnologik sxemalarini ishlab chiqish; 8) kon ishlarining to'liq va sifatli bajarilishi ustidan nazorat qilish. Shuni ta'kidlash kerakki, bir o'rganish bosqichidan ikkinchisiga o'tish dastlabki bosqich yakunida ijobiy texnik-iqtisodiy baholash o'tkazilgan taqdirdagina amalga oshiriladi.

Dissertatsiyaning «**Xondiza kon boshqarmasi texnogen chiqindilarining moddiy tarkibini tadqiq qilish va kompleks qayta ishlash texnologik sxemasini takomillashtirish**» deb nomlangan uchinchi bobida Xondiza konlari texnogen namunalarning moddiy tarkibi va mineralogik xususiyatlarini o'rganish, texnologik tadqiqotlar o'tkazish va Xondiza konlaridan polimetall rudalarini boyitish texnologiyasini ishlab chiqish shu bilan birga texnogen chiqindi tarkibini o'rganish maqsadida namunalarni o'rtacha hisoblagandan so'ng, spektral, kimyoviy, massa-spektral va boshqa turdagi laboratoriya tahlillari uchun har bir texnologik namunadan o'rtacha namuna olindi. Olingan namunalarning granulometrik tahlili o'rganilayotgan hududda yiriklik sinflarining notekis taqsimlanishini ko'rsatadi: nisbatan yirik o'lchamdagi texnogen chiqindilar to'g'ondan 40 m masofagacha, kichik o'lchamdagi texnogen chiqindilar esa 70-100 m masofada joylashishi aniqlandi. Texnogen chiqindilar tarkibidagi foydali komponentlarning maksimal miqdori chiqindixonaga to'gonidan 40 metrgacha bo'lgan oraliqda uchrashi aniqlandi. To'g'ondan chiqindixonaga markaziga masofa oshishi bilan texnogen chiqindi o'lchami kichrayishi va uning tarkibidagi metall miqdori kamayishi aniqlandi.

Tanlangan namunalarda o'tkazilgan qo'rg'oshin, rux va mis minerallarining fazaviy tahlili to'g'ondan chiqindixonaga markaziga yaqinlashgani sari texnogen chiqindilardagi sulfidli birikmalar sonining kamayishi haqida xulosa chiqarish imkonini beradi.

Xondiza kon boshqarmasi boyitish fabrikasi texnogen chiqindisining turli xil joylardan olingan 3 ta namunaning sinflarga ajralishida yanchilishning vaqtiga bog'liqligi xususiyatini o'rganish uchun texnogen chiqindini 40 ml turdagi laboratoriya sharli tegirmonida qattiq zarra: suyuqlik: sharlarning (Q:S:Sh)=1:0,5:6 nisbatida laboratoriya tajribalari olib borildi. Yanchilgan ruda -0,074 +0 mm li sinf bo'yicha ho'l usulda elandi. Ilmiy-tadqiqot ishlari olib borishda Xonjiza kon

boshqarmasidan olingan texnogen chiqindilarni flotatsiya usulida boyitish natijalarining texnologik ko'rsatkichlar quyidagicha: shuni aytish mumkinki, tex chiqindilardan olingan namunani dastlabgi flotatsiya qilish jarayonida mis, kumush, rux va qo'rg'oshinng boyitmaga ajralishi 78,0, 64,2, 40,6, 72,1 % tashkil qiladi.

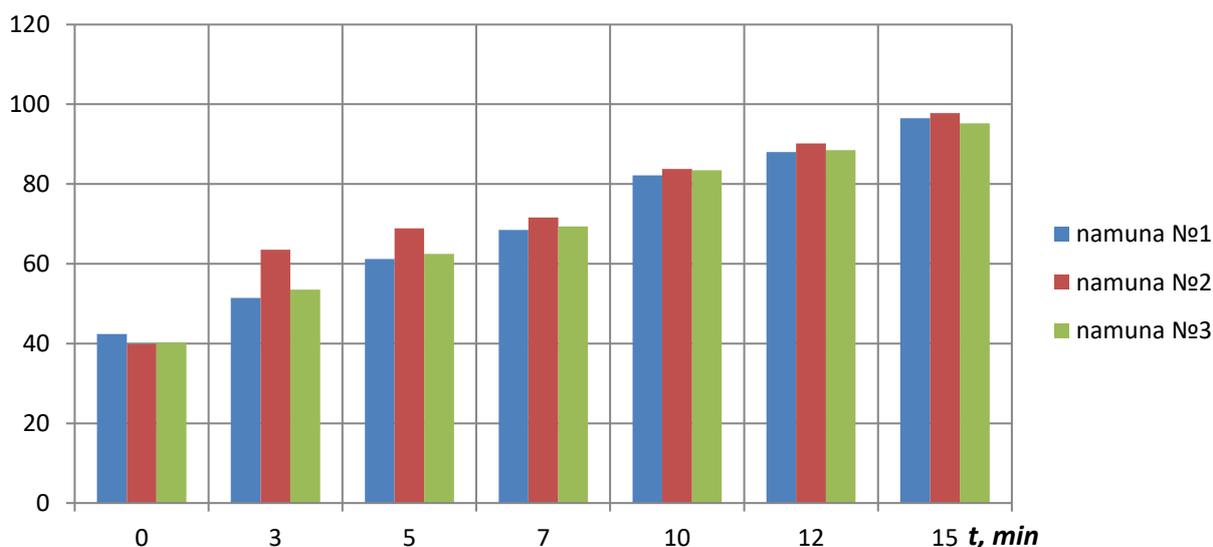


**1-rasm. Xondiza kon boshqarmasi chiqindixonasidagi chiqindilar tarkibidagi metallarning kesimlar bo'yicha miqdori**

1-jadval

O'rganilayotgan namunalarining yanchilishining vaqtga bog'liqligi

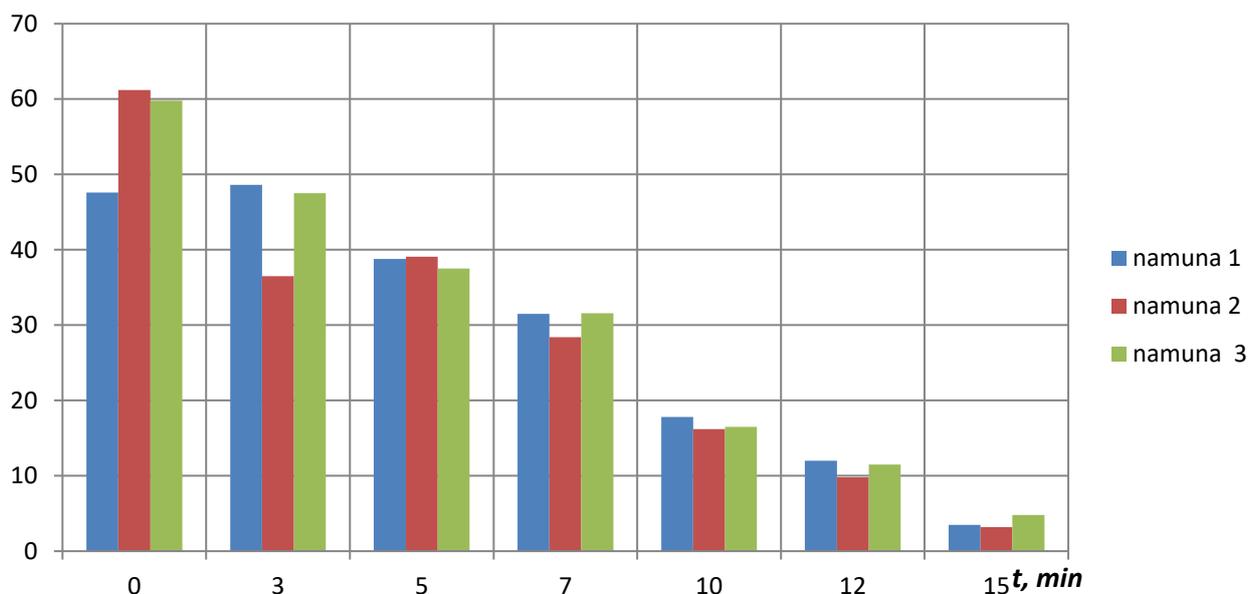
Namuna №	Chiqishi – 0,074 mm, % rudaning yanchilish vaqti, min.						
	0	3	5	7	10	12	15
1	42,4	51,4	61,2	68,5	82,2	88	96,5
2	39,8	63,5	68,9	71,6	83,8	90,2	97,8
3	40,2	53,5	62,5	69,4	83,5	88,5	95,2



**2-rasm. Ruda namunalarining -0,074 mm o'lchamda yanchilish ko'rsatkichining vaqtga bog'liqligi**

2-jadval

№ namuna	Chiqishi + 0,074mm, % rudaning yanchilish vaqti, min						
	0	3	5	7	10	12	15
1	47,6	48,6	38,8	31,5	17,8	12	3,5
2	61,2	36,5	39,1	28,4	16,2	9,8	3,2
3	59,8	47,5	37,5	31,6	16,5	11,5	4,8



**3-rasm. Ruda namunalarining +0,074 mm o'lchamda yanchilish ko'rsatkichining vaqtga bog'liqligi**

3-jadval

Xondiza kon boshqarmasidan olingan texnogen  
namunaning kimyoviy tahlil natijalari

Komponentlar	Miqdori, %	Komponentlar	Miqdori, %
S <sub>um</sub>	1,862	MnO	0,021
S <sub>sulfat</sub>	0,045	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,286
S <sub>sulfid</sub>	1,812	CaO	1,402
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (umumiy)	5,420	MgO	1,014
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (окис)	3,774	CO <sub>2</sub>	0,345
FeO	1,496	SO <sub>3</sub>	-
SiO <sub>2</sub>	69,044	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,042
H <sub>2</sub> O	0,104	PPP	2,232
K <sub>2</sub> O	2,124	Cu	0,140
Na <sub>2</sub> O	0,610	Zn	1,223
CaCO <sub>3</sub>	1,096	Pb	0,547
As	0,016	Au g/t	0,076
TiO <sub>2</sub>	0,101	Ag g/t	10,801

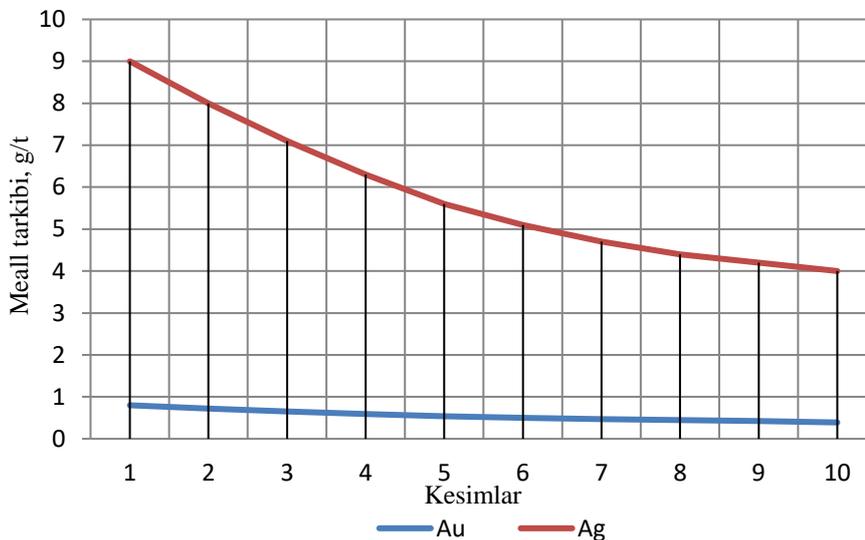
Boyitish mahsulotlari	Chiqish, %	Tarkibi, %				Ajralishi, %			
		Cu	Ag, g/t	Zn	Pb	Cu	Ag, g/t	Zn	Pb
Floto boyitma	5,15	1,34	183,25	6,9	5,23	78,0	64,2	40,6	72,1
Oraliq mahsulot 1	4,54	0,13	26,86	1,4	0,23	6,7	8,3	7,3	2,8
Oraliq mahsulot 2	4,54	0,11	24,96	1,15	0,17	5,6	7,7	6,0	2,1
Chiqindi	85,77	0,01	3,4	0,47	0,1	9,7	19,8	46,1	23,0
Dast. chiqindi	100,0	0,09	14,70	0,87	0,37	100,0	100,0	100,0	100,0

*Xonjiza kon boshqarmasidan olingan texnogen namunani kollektiv flotatsiya sxemasi orqali boyitish.* Polimetall qo'rg'oshin-rux rudalarini kollektiv flotatsiya qilish tajribalari sxema bo'yicha amalga oshirildi, jumladan, rudani 55% -0,074 mm gacha yanchish va asosiy flotatsiyani o'tkazish, asosiy flotatsiya boyitmasining mahsulotini o'lchamga qayta maydalash. 85% -0,074 mm va nazorat flotatsiya operatsiyasini o'tkazish orqali amalga oshirildi. Selektiv flotatsiya muvaffaqiyatli amalga oshirishning asosiy sharti jarayonni ortiqcha reagentlarsiz amalga oshirishdir. Mis-rux tarkibli rudalarini flotatsiyalashda bo'lgani kabi polimetall rudalarni ham depressiya qilish uchun depressorlardan foydalanish kerak; sianid, rux sulfat, eruvchan mis tuzlari mavjud bo'lganda, maydalashga kam miqdorda natriy sulfid qo'shiladi va uning sarfi 0,5-1,5 kg/t ni tashkil qilish mumkin. Soda  $Ca_2+$  kalsiy kationlarini bog'lash va ishqoriy muhitni  $Ph = 7,5-9$  ni hosil qilinishi kerak bo'ladi.

Dissertatsiyaning «**Angren oltin saralash fabrikasi texnogen chiqindilar tarkibini tahlil qilishning nazariy asoslari va texnologiyasini ishlab chiqish**» deb nomlangan to'rtinchi bobida natijalar shuni ko'rsatadiki, O'zbekistonda hozirgi kunda sulfidli rudalarni flotatsiya usulida boyitish keng tarqalgan, demak, texnogen chiqindilarning ham hosil bo'lishi juda katta miqdorni tashkil qilmoqda.

Ushbu turdagi xomashyoning o'ziga xos xususiyati namuna olish jarayoni katta kuch talab qilmasligidir. Namuna olinadigan obyektidagi rudalar sirtida joylashgan bo'lib, ixcham va shunga mos ravishda qazib olish uchun katta xarajatlarni talab qilmaydi hamda bu ko'p vaqt talab qiladigan qimmat jarayon - monolit massivdan tog' jinslarini qazib olish (skvajinalarni burg'ilash, zaryadlash va portlatish hamda yuklash)ning yo'qolishiga olib keladi. Chiqindilarni hosil qilish jarayonida yuzaga keladigan bir qator jarayonlar ulardagi qoldiq metallarning konsentratsiyasiga olib keladi, ammo mavjud bo'lgan ikkilamchi rudalarning har bir obyektini shakllantirish jarayoni juda murakkab vaziyatni shakllantiradi va bu vaziyatni o'rganish juda murakkab. Ma'lumki, boyitish paytidagi foydali komponentlar yo'qotilishining asosiy sabablari fraksiya o'lchamlarining yirikligi (+0,074 mm) bilan bog'liq bo'lib, bu yerda ruda minerallari ruda hamda noruda minerallari bilan birikmalarda uchraydi.

Ilmiy-tadqiqot ishida texnogen chiqindilarni boyitishda xorijiy adabiyotlarni o‘rganish asosida boyitish usullaridan biri sifatida flotatsiya qabul qilindi. Flotatsiya usulida boyitish qo‘llanilayotgan fabrikalar juda ko‘p miqdorda reagentlar sarf qilinmoqda. Flotatsion reagentlar qo‘llanilishi maqsadiga qarab turlicha bo‘ladi ular to‘plovchilar, so‘ndiruvchilar, faollashtirgichlar, ko‘pik hosil qiluvchilar va muhitning regulyatorlari.



**4-rasm. Angren oltin saralash fabrikasi texnogen chiqindilar tarkibidagi metallarning kesimlar bo‘yicha miqdori**

Foydali qazilmalarni boyitish fabrikalarida keng qo‘llaniladigan reagentlar yig‘uvchi va ko‘pik hosil qiluvchilar hisoblanadi.

Ushbu reagent og‘ir rangli metallar minerallarini flotatsiya usulida boyitishda samarali reagentlar bo‘lgan sulfidril kollektorlari turiga kiradi. Ular boshqa flotatsion reagentlarga nisbatan bir muncha qimmatroq hisoblanadi.

Ksantogenatlar ksantogen kislotaning tuzlari bo‘lib, uning umumiy formulasi quyidagi ko‘rinishga ega: R-O-C -S-Me bunda: R-uglevodorod radikali, gomologik qatordagi radikallardan biri, Me-kation K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> yoki H<sup>+</sup>.

Ksantogenatlar o‘ziga xos hidga ega bo‘lgan qattiq kristalli moddalar bo‘lib, ularda kam miqdorda merkaptanlar ham mavjud.

Namlik ta‘sirida ksantogenatlar gidrolizlanib, ksantogen kislotalarni hosil qiladi. ksantogenatlarning gidrolizi muhitning Ph darajasining pasayishi, haroratning oshishi va konsentratsiyaning pasayishi bilan kuchayadi. Ishqoriy muhitda ksantogenatlarning suvli eritmaları ancha barqaror hisoblanadi. Hozirgi vaqtda asosan ksantogenatlar Rossiya va Xitoyda ishlab chiqariladi.

Foydali qazilmalarni boyitish fabrikalarida ko‘pik hosil qiluvchi reagentlar ham asosiy ahamiyatga ega hisoblanadi. Ko‘pik hosil qiluvchi moddalar mineral zarrachalarni yuzaga ko‘tarib bera oladigan ko‘p miqdordagi mayda pufakchalarni hosil qila olishi kerak. Ko‘pik hosil qiluvchi reagentlarni ham mahalliyashtirish bo‘yicha bir qanch olimlarimiz ilmiy izlanishlar olib bormoqdalar. Hozirgi kunda ishlab chiqarishda T-92 markali ko‘pik hosil qiluvchi reagentlar sulfidli oltin va mis tarkibli rudalarini flotatsiya qilishda keng qo‘llanilmoqda.

Angren oltin saralash fabrikasi texnogen chiqindilarining kimyoviy tarkibi 5-jadvalda keltirilgan. Chiqindilarining asosiy komponenti SiO<sub>2</sub> bo'lib, o'rtacha 76,56% qiladi (70 dan 78% gacha o'zgarib turadi)ni tashkil. U asosan kvars shaklida bo'lib, gidroslyuda va boshqa minerallar tarkibiga ham kiradi. Texnogen chiqindi tarkibidagi oltin o'rtacha 0,49 g/t, kumush – 6,4 g/t ni tashkil qiladi.

5-jadval

Angren oltin saralash fabrikasi texnogen chiqindilarining kimyoviy tarkibi

Komponentlar	Namunalar									O'rtacha miqdori
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
SiO <sub>2</sub>	76,15	78,74	76,12	78,24	70,86	79,34	73,7 3	78,59	77,28	76,56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,84	2,70	3,32	2,41	3,52	3,34	5,34	2,72	3,0	3,35
TiO <sub>2</sub>	0,64	0,36	0,52	0,37	0,49	0,48	0,85	0,37	0,41	0,50
MnO	0,25	0,18	0,24	0,17	0,26	0,25	0,34	0,19	0,23	0,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,56	10,19	7,79	10,38	7,54	7,08	7,49	10,07	10,2	8,82
CaO	3,87	2,52	3,24	2,70	3,62	3,67	4,72	2,51	2,98	3,31
MgO	0,94	1,19	0,61	1,04	0,55	0,50	0,56	1,03	0,91	0,81
K <sub>2</sub> O	4,35	3,59	4,41	3,74	4,17	3,92	5,31	3,72	3,98	4,13
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,072	0,040	0,064	0,029	0,059	0,048	0,09 3	0,034	0,026	0,052
So	0,55	0,39	0,46	0,44	0,47	0,52	0,60	0,43	0,36	0,47
BaO	0,56	0,17	0,25	0,38	0,40	0,69	0,71	0,21	0,39	0,42
SrO	0,053	0,024	0,034	0,031	0,040	0,045	0,07 3	0,027	0,030	0,079
Au, g/t	0,46	0,48	0,45	0,50	0,52	0,50	0,48	0,60	0,44	0,49
Ag, g/t	6,1	7,5	6,3	5,1	7,3	5,8	5,3	7,7	6,6	6,4

Hozirgi vaqtda qoldiqlar bilan birga yo'qolgan oltin va kumushni qayta tiklash uchun flotatsiya-sianidning kombinatsiyalangan sxemasi tavsiya etiladi. Olingan kollektiv flotatsion konsentrat joyida, sianidlash yo'li bilan qayta ishlanishi yoki asosiy yakuniy mahsulot sifatida zavodda olinadigan konsentrat bilan birga oqim sifatida qayta ishlash zavodiga eritish uchun yuborilishi mumkin.

Quyida reagent rejimi va tavsiya etilgan sxemaning asosiy komponentlarining xarakteristikalarini keltirilgan: Flotatsiyadan oldin chiqindi qoldiqlari 80% sinf - 0,074 mm gacha yanchiladi. Tegirmonga(yanchish jarayoniga) 150 g/t soda va (Chirchiq) zavodi chiqindisidan olingan yangi PS-1 reaktivi 150 g/t miqdorida beriladi.

Flotatsiya sxemasi bo'yicha AOSF qoldiqlarini qayta ishlash ko'rsatkichlari  
(uzluksiz jarayon prinsipi asosidagi tajribalar)

Boyitish mahsulotlari	Chiqish, %	Tarkibi, g/t		Ajrashishi, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Birlashtirilgan qoldiq namunasi AOSF(№1-9)					
Boyitma	1,59	18,0	202,6	58,32	50,34
chiqindi	98,41	0,21	3,2	41,68	49,66
Dast. chiqindi	100,0	0,49	6,4	100,0	100,0
Birlashtirilgan qoldiq namunasi					
Boyitma	1,70	20,21	183,6	59,3	53,8
chiqindi	98,30	0,24	2,7	40,7	46,2
Dast. chiqindi	100,0	0,58	5,8	100,0	100,0

1. Asosiy flotatsiya:

Flotatsiya vaqti - 12 min, Bo'tana zichligi 25-28% qattiq, Reagent sarfi (g/t), Butil ksantagenat kaliy (BKK) - 20g/t; ko'pik hosil qiluvchi T-92- 40g/t, Nazorat Flotatsiyasi, Flotatsiya vaqti - 8 min, Bo'tana zichligi -20-24% qattiq, Reaktiv sarfi (g/t): BKK -10; T-92-20, Qayta tozalash, Flotatsiya vaqti -5 min, Bo'tana zichligi: 12-16% qattiq, Flotatsion konsentratni quyultirish, Mahsulotning zichligi - 35%, Flotatsion konsentratni dastlabki sianidlash, bo'tana zichligi - 35% qattiq, Vaqt - 4 soat, bo'tanadagi natriy sianidning dastlabki konsentratsiyasi - 0,1%, ohak -0,02%, NaCN - 2,2 kg/t flotatsion konsentrat (37 g/t boshlang'ich qoldiq), Ohak sarfi 1,8 kg/t flotatsion konsentrat (27 g/t qoldiq), 1. Sorbsion yuvish, Bo'tana zichligi - 35% qattiq, Yuvish vaqti - 12 soat, AM -2B sinfidagi smola yuklash. «A» - bo'tana hajmining 0,5%, Smola sarfi – 20 g/t konsentrat (0,3 g/t ruda), tegirmon qoldiqlarini sianidlash uchun ilgari ishlayotgan fabrika rejimiga muvofiq amalga oshirildi. Chiqindilarni faqat flotatsiya usulida qayta ishlashda flotatsion konsentrat asosiy konsentrat bilan birga eritish uchun qayta ishlash zavodiga yuboriladi, keyin esa misni ajratish jarayonida qimmatbaho metallar olinadi.

Angren oltin saralash fabrikasi texnogen chiqindilarini flotatsiya qilish uchun amaldagi fabrika bilan bir xil reagentlar ishlatilgan, asosan: butil ksantogenat kaliy, verdon moyi, T-92, shuningdek, soda kabi reagentlardan foydalanildi. Ilmiy tadqiqot tajribalarini ketma-ket o'tkazgandan so'ng, optimal reagent rejimi tanlandi (7-jadval). Texnogen chiqindilarni yanchish 80% -0,074 mm yiriklikda amalga oshirildi.

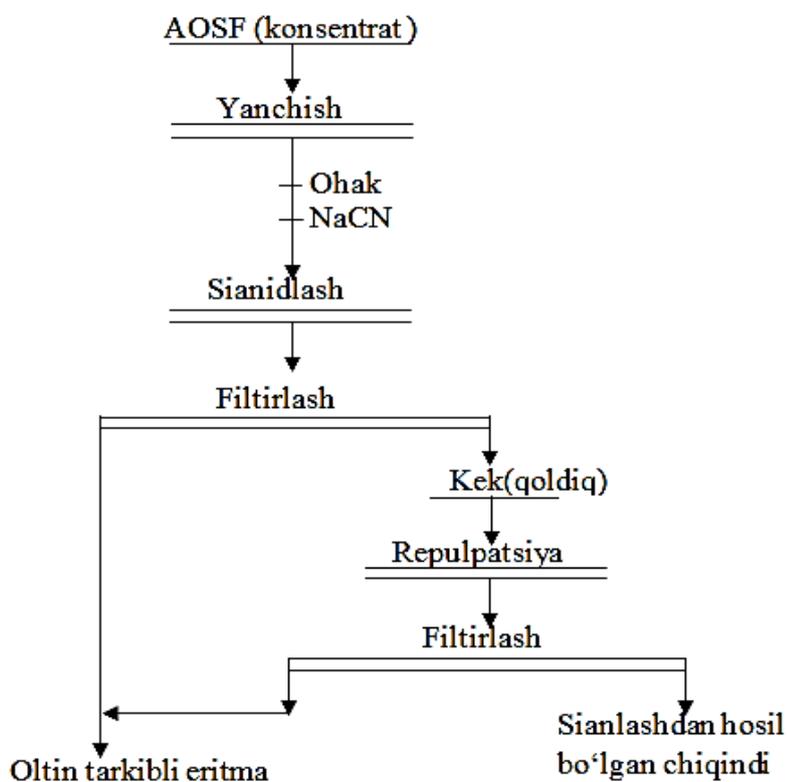
Asosiy flotatsiyada reagentlar sarfi (g/t); soda - 150; BKK-50; T-92 -40; BKK-20.

Ilmiy-tadqiqot ishlari davomida olingan natijalarni taqqoslash orqali shuni aytish mumkinki, yangi namunalardan olingan chiqindilarni flotatsiya qilishda oltinni konsentratga ajralishi 41,55% dan 54,83% gacha, konsentrat tarkibidagi oltinning miqdori esa 12,15 g/t dan 14,88 g/t gacha oshishi aniqlandi.

## AOSF texnogen chiqindilarni flotatsiya usulida boyitish natijalari

Boyitish mahsulotlari	Chiqish,%	Tarkibi, g/t		Ajrashishi,%	
		Au	Ag	Au	Ag
Birlashtirilgan qoldiq namunasi AOSF (№1-9)					
Boyitma	2,5	14,88	99,8	54,83	43,9
Oraliq mahsulot	2,0	1,48	16,3	4,36	5,7
Chiqndi	95,5	0,29	3,0	40,81	50,4
Dast. chiqindi	100,0	0,68	5,7	100,0	100,0
Boyitma	2,60	12,15	120,2	41,55	44,28
Oraliq mahsulot	4,55	1,03	10,5	6,18	6,77
Chiqndi	92,85	0,43	3,7	52,27	48,95
Dast. chiqindi	100,0	0,76	7,06	100,0	100,0

Konsentratning «flotatsiya+ sianidlanish» sxemasi bo'yicha oltinni boyitmaga ajratib olish 52,81-54,92% ni, kumushni boyitmaga ajratib olish esa 38,16-41,14% tashkil qiladi. «Flotatsiya + konsentrat eritish» sxemasiga ko'ra, oltinni ajratib olish 55,99-56,93% ni tashkil qiladi; kumushni ajratib olish 45,31-48,42%, ni tashkil qilishi aniqlandi.



5-rasm. AOSF chiqindilari va boyitish mahsulotlarini sianlash sxemasi

Flotatsion konsentratlarning sianidlanish ko'rsatkichlari

Tarkibi, g/t				Eritmaga ajralishi, %	
Dastlabgi konsentrat		Sianlashdan hosil bo'lgan qoldiq			
Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
Flotokonsentrat					
18,0	202,6	1,7	49,0	90,56	75,81
Flotokonsentrat (ayni vaqtda olingan)					
20,2	183,6	1,49	43,2	92,52	76,47

Dissertatsiyaning «**Mis boyitish fabrikasi texnogen chiqindilarini qayta ishlashning nazariy asoslari va texnologiyasini ishlab chiqish**» deb nomlangan beshinchi bobida «Olmaliq KMK» AJ ga qarashli 1,2-mis boyitish fabrikasi, Xondiza kon boshqarmasi va Angren oltin saralash fabrikasida hosil bo'lgan texnogen chiqindilarini boyitish gravitatsion, flotatsion va sianlash usullarida amalga oshirildi. Flotatsiya qoldiqlarini tekshirish boyitish usullari (gravitatsiya, flotatsiya) va gidrometallurgiya yordamida amalga oshirildi.

Texnologik namunalarning moddiy tarkibini o'rganish kimyoviy va fizik-kimyoviy usullar, shuningdek, mineralogik tahlillar yordamida amalga oshirildi.

Texnogen chiqindilarni boyitishdan oldin texnologik namunalar 1:05:8 ga teng bo'lgan qattiq: suyoqlik: sharlar nisbati bo'yicha 40 ml laboratoriya tegirmonida yanchildi.

Texnogen namunalar va ularni boyitish mahsulotlarini gravitatsion boyitish 30KC markali konsentratsion stolida amalga oshirildi.

Flotatsiya usulida boyitish 240-FML markali 3 l hajmdagi laboratoriya flotatsion mashinalarida flotatsion mashinasida amalga oshirildi. Boyitishda hosil bo'lgan chiqindilar Tog'-kon sanoati va geologiya vazirligi tasarrufidagi Geologiya fanlari universiteti «Mineral resurslar instituti» DM analitik tadqiqotlar bo'limi tomonidan mass-spektral(ICPI-MC), atom sorbsion va boshqa uskunalar yordamida tahlil qilindi.

Tog'-kon sanoati va geologiya vazirligi Geologiya fanlari universiteti «Mineral resurslar instituti» DM analitik tadqiqotlar bo'limi tomonidan mass-spektral (ICP-MS), atom absorptsion va boshqa uskunalar yordamida boyitishda hosil bo'lgan texnogen chiqindilar tarkibi tahlil qilindi. Unga ko'ra, mis boyitish fabrikalari texnogen chiqindilarining spektral tahlili natijalari quyidagicha (%) ;Si>3, Al >3, Ca-1, Na>1, K>1, Fe>1, Mg>2, Ba 0.04, Mn-0,1, Cr-0.05, Ag-0,0003, Cu-0.1, Pb-0,015, Ni- 0,003 Ca-0,003.

Texnogen va sanoat chiqindilarning granulometrik, organik va boshqa qimmatbaho komponentlarning o'lchami sinflar bo'yicha taqsimlanishini aniqlash uchun elaklar orqali tahlildan o'tkazildi.

1-MBF Dastlabki texnologik namunalarning granulometrik tarkibi

Yirikligi, mm	-2,5 +1	-1+0,63	-0,63+0,315	-0,315 +0,16	-0,16 +0,1	-0,1 +0,074	-0,074+0,044	-0,044 +0
Fraksiyalarning chiqishi, %	0,32	3,54	27,31	31,57	16,32	7,60	3,50	9,93

Texnogen chiqindilarning granulometrik tarkibi, ularni flotatsiya usuli bilan boyitish samaradorligiga ta'sir qiladi va uning qo'llanilishi maqsadga muvofiqdir.

**Dastlabki texnogen namunalarning yanchilishi.** Namunalarni maydalash xususiyatini aniqlash uchun turli vaqtlarda 40ML tipidagi sharli tegirmonida texnologik namunalarni yanchish bo'yicha tajribalar o'tkazildi. Yanchish Q:S:SH=1:0,5:8 nisbatda sharli tegirmonda amalga oshirildi. Yanchilgan namunalar -0,074 mm sinf bo'yicha elaklardan o'tkazildi

Texnogen chiqindilarni boyitish jarayonlarini o'rganish, flotatsion boyitish usuli. Malumki flotatsiya usulida boyitishning boshqa usullarga nisbatan kengroq qo'llanishining eng asosiy sabablaridan biri ruda tarkibidagi metallarning miqdori kam bo'lgan holatlarda ham boyitish va shu bilan bir qatorda polemetal rudalarni kompleks boyitish mumkinligidir. OKMK ga qarashli MBF texnogen chiqindilaridan mis, molibden va boshqa metallarni flotatsiya usulida ajratib olish uchun ilmiy-tadqiqot olib borishda quyidagi reagentlardan foydalanildi: asosiylari yig'uvchi reagent - butil ksantagenat kaliy, ko'pik hosil qiluvchi reagent - T-92. So'ndirilgan ohak regulyator sifatida ishlatilgan. Flotatsiya kamera hajmi 11 bo'lgan FM-2 flotatsiya mashinasida amalga oshirildi.

4-jadvaldan ko'rinib turibdiki, OKMKning texnogen chiqindilarini flotatsiya qilish jarayonida konsentratning chiqishi 1,01 % ni tashkil qiladi. Bunda asl texnogen chiqindilardan misning konsentratga o'tishi 65 % ni tashkil qiladi.

1-Mis boyitish fabrikasidan olingan texnogen chiqinlarning yanchilishining vaqtiga bog'liqligi

Namuna	Chiquvchi sinf -0,074 mm, % rudani maydalashning turli vaqtlarga bog'liqligi, min						
	0	3	5	7	10	12	15
1	37,7	48,8	61,1	70,2	81,4	90,1	97,3
2	39,1	50,3	63,3	69,9	73,5	88,1	96,4
3	40,2	49,1	57,5	63,5	76,6	87,6	94,4

2-Mis boyitish fabrikasidan olingan texnogen chiqinlarning yanchilishining vaqtiga bog'liqligi

Namuna	Chiquvchi sinf -0,074 mm, % rudani maydalashning turli vaqtlarga bog'liqligi, min						
	0	3	5	7	10	12	15
1	31,2	39,5	54,4	63,5	73,7	85,5	93,4
2	33,5	48,6	57,5	64,4	75,3	82,5	94,6
3	36,5	43,4	62,3	70,2	79,5	82,6	92,9

Mis boyitish fabrikasi texnogen chiqindilarini flotatsiya usulida boyitish natijalari

Mahsulot	Chiqishi, %	Tarkibi, %		Ajrashishi %	
		Cu,	Au, g/t	Cu	Au
Flotoboyitma	1,01	9,1	14,3	65,65	51,5
Chiqindi	98,9	0,05	0,14	34,35	48,5
Dastlabki chiqindi	10,00	0,14	0,28	100,0	100,0

Dissertatsiyaning «Foydali qazilmalarni boyitish fabrikalari texnogen chiqindilarini boyitishning matematik modelini ishlab chiqish va texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar» deb nomlangan oltinchi bobi natijalari shuni ko'rsatdiki, hozirgi vaqtda foydali qazilmalar texnogen chiqindilarni qayta ishlash jarayonlarini takomillashtirish masalalariga tobora ko'proq e'tibor kuchayib bormoqda. Buning sababi shundaki, mineral tarkibi past bo'lgan murakkab va xilma-xil mineralogik tarkibga ega bo'lgan rudalar va texnogen chiqindilarni boyitish jarayoni tobora ortib bormoqda. Boyitish jarayoni samaradorligini oshirish uchun yangi uskunalar konstruksiyalari, yangi reagentlar faol ishlab chiqilmoqda, boyitish jarayonlarini boshqarish tizimlari takomillashtirilmoqda. Foydali qazilmalarni qayta ishlash jarayonlari samaradorligini oshirish masalalari ham ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish bilan uzviy bog'liqdir. Hozirgi vaqtda foydali texnogen chiqindilarni qayta ishlash va matematik modellashtirish jarayonlari bo'yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu tadqiqot boyitish dastgohlarida sodir bo'ladigan fizik jarayonlarning xossalari haqidagi g'oyalar va xulosalar asosida ma'lum matematik modelni yaratishga asoslanadi.

Matematik tahlil qilish foydali qazilmalarni qayta ishlashni tizimli tahlil qilishning katta ahamiyati shundan iboratki, uni amalga oshirish bir-biridan ajralgan holda ma'lum ma'noda rivojlanayotgan turli boyitish sohalari natijalari va yutuqlarini umumlashtirish, keng ma'noda birlashtirishni talab qiladi. Shunday qilib, hozirgi sharoitda foydali qazilmalarni boyitish texnologik jarayonlarining sxemalarini modellashtirish usullarini ishlab chiqish dolzarb vazifadir. Foydali qazilmalarni boyitishda matematik modelini yaratishda materialning granulometrik tarkibi, foydali minerallarning turli o'lchamdagi sinflar bo'yicha taqsimlanishini

baholash ham muhim hisoblanadi. Minerallarning zichligiga qarab ajratish qobiliyatini tahlil qilishda tajribalarni rejalashtirish usullaridan biri eksperimental omillar, model hisoblanadi. Tajribalarni tahlil qilishning matematik usullarining afzalliklari simpleks usuli va uning boyitishda qo'llanilishi hisoblanadi. Texnogen chiqindilarni boyitish natijalarining ishonchliligini baholash uchun minerallarni boyitishning texnologik ko'rsatkichlari, flotatsion reagentlar, flotatsiyalanish vaqti asosiy ma'lumotlar hisoblanadi. Yarim sanoat va sanoat sinovlarini o'tkazish jarayonini laboratoriya sharoitida sinovdan o'tkazish, sinov metodologiyasini tuzish va olingan ma'lumotlarni qayta ishlashdan keyin tadqiqot natijalarini baholash mumkin. Ilmiy-tadqiqotlar natijasida olingan ma'lumotlardan foydalanib, o'zgaruvchan jarayon parametrlariga bog'liq bo'lgan grafik tasviri hosil qilinadi. Mineral xomashyoni boyitish bo'yicha tadqiqotlarning asosiy bosqichlari namuna olish, elak, mikroskopik, mineralogik va boshqa tahlillar uchun namunalar tanlash, namunani boyitishga tayyorlash, mineralogik, spektral, kimyoviy, ratsional tahlillar o'tkazish tarkibiy qismidan kelib chiqib boyitish usullarini tanlash va matematik modelni yaratish jarayonning to'g'ri olib borilganligini isbotlaydi.

Texnologik sxema bo'yicha parametrlarning o'zgarishi tadqiqot hajmining o'sishiga yoki pasayishiga olib kelishi mumkin. Har bir operatsiyada samaradorlikni ta'minlash uchun keyingi texnologik sxemalarni optimallashtirishni ta'minlashi kerak. Umuman olganda, texnologik sxemalar iqtisodiy talablarga asosan taqqoslanadi va optimallashtiriladi.

Foydali qazilmalar yoki texnogen chiqindilarni boyitishda qo'llaniladigan dastgohlarda xatoliklar bo'lishi mumkin. Bu xatolarni aniqlash muhim bo'lgan va kattalig qiymatini aniqlash mumkin bo'lgan xatolarni o'z ichiga oladi.

Ehtimollar nazariyasiga ko'ra, tasodifiy xatolar normal taqsimot qonuniga (Gauss) bo'ysunadi, unga ko'ra xatolik ehtimoli aniqlanadi.

$$R=(\Delta x) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \left[ e^{-\Delta x / \delta_x * \delta_x} \right]^{-2}; \quad (1)$$

bu yerda,  $\Delta x^2$  – taqdimotning dispertsyasi

$$\bar{x} \approx \bar{t} = \frac{\sum_{j=1}^m t_j v_j}{\sum_{j=1}^m v_j} \quad (2)$$

Tasodifiy kattalikning o'rtacha qiymatiga nisbatan foizda ifodalangan nisbiy kvadratik xatoga o'zgarish koeffitsienti deyiladi.

Korrelyatsiya tahlili jarayonga ta'sir etuvchi turli parametrlar yoki omillar o'rtasidagi munosabatlarning yaqinligini baholash imkonini beradi.

Bu usul sanoatda texnologik jarayonlarini o'rganishda keng qo'llaniladi.

Korrelyatsiya koeffitsientini aniqlash orqali, agar u yetarlicha yuqori bo'lsa, texnologik jarayonni asosiy tartibga soluvchi ta'sirlarni, o'lchash nuqtalarini, usullarini tanlash va hu bilan birgalikda o'lchanadigan parametrlarning minimal zarur sonini belgilash imkonini beruvchi ma'lumotlarni olish mumkin.

Agar chiziqli korrelyatsiya koeffitsienti mutlaq qiymatda kichik bo'lsa, bu o'lchangan parametrlar orasidagi murakkabroq bog'liqlikni (chiziqli bo'lmagan) yoki ularga boshqa omillarning sezilarli ta'sirini ko'rsatadi.

Bunday tenglamalarni eng kichik kvadratlar usuli bilan olish regrestsya tahlilining asosini tashkil qiladi. Korrelyatsiya va regrestsya tahlillari odatda sanoatda texnologik jarayonning ma'lumotlaridan foydalanadi. Biroq, ko'p sonli laboratoriya tajribalari bilan ular statistik jihatdan ham qayta ishlanishi mumkin. Statistik tahlil qilish uchun quyidagilar qo'llaniladi:

1. Texnologik jarayonning rejim parametrlarini va natijalaridagi ma'lumotlar.
2. Texnologik jarayon rejimining maxsus rejalashtirilgan o'zgarishlari natijasida olingan ma'lumotlar.

Regressiya modellari asosan individual omillar ta'sirini yoki ularning o'zaro ta'sirini tahlil qilish uchun qo'llash mumkin. Texnologik jarayonlarda alohida dastgohlarning tez-tez to'xtab qolishi qayd etilmaydi yoki o'rtacha smenalarni hisoblashda e'tiborga olinmaydi.

Odatda nazariy tushunchalar asosida yoki soddaligi va qulayligi sababli tanlangan analitik iboralar quyidagi shaklga ega:

$$y = b_1x + b_0$$

$$y = b_2x^2 + b_1x + b_0$$

$$y = b_1e^{b_2x} + b_0$$

$$y = \frac{1}{b_0 + b_1x}$$

$$y = f(x, b_0, b_1, \dots, b_n)$$

Korrelyatsiya nisbati  $y$  ning umumiy tebranishining qancha qismi  $X$  argumentining o'zgaruvchanligi bilan bog'liqligini ko'rsatadi.

Ilmiy-tadqiqotlar natijasida olingan ma'lumotlardan foydalanib, o'zgaruvchan jarayon parametrlariga bog'liq bo'lgan grafik tasviri hosil qilinadi, dastlab texnologik ko'rsatkichlarining umumiy qiymatlarini hisoblash amalga oshiriladi.

Ilmiy-tadqiqot ishining asosiy vazifasi eksperimentlarni rejalashtirishning statik usullari Box-Wilson va simpleks usuli bilan bog'liq.

Tajribalarni statistik rejalashtirish usullari bir vaqtning o'zida ko'plab omillarning o'zgarishiga asoslanadi va eksperimentlar rejalarini ma'lumotlarni shundan keyin statistik baholashga imkon beradi, bu alohida omilning ta'sirini va ular kombinatsiyasining chiqish parametrlarining o'zgarishiga ta'sirini o'rganish imkonini beradi.

Box-Wilson usuli optimal usul bo'lib maqsad funksiyasining uni belgilovchi omillarga bog'liqligini ifodalashi mumkin.

$$Y = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n) \quad (3)$$

Ba'zi hollarda funksiya quyidagi ko'rinishni o'z ichiga oladi:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (4)$$

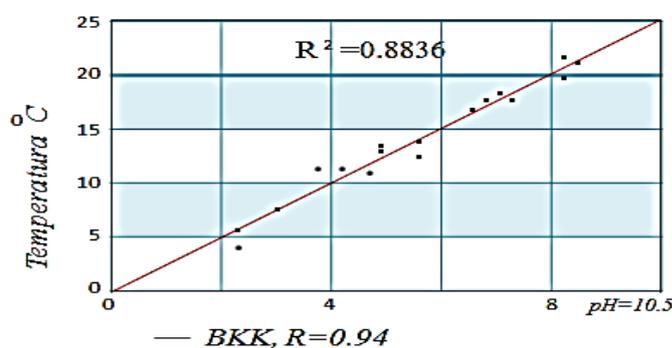
$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_{ii}^2 + \sum_{i=1}^k \beta_{ij} x_i x_j; \quad (5)$$

bu yerda,  $Y$  – bashorat qilingan javob,  $x_i$  va  $x_j$  – mustaqil o'zgaruvchi,  $\beta_0$  – muddatli,  $\beta_i$  – chiziqli koeffitsient,  $\beta_{ii}$  – kvadratik koeffitsient va  $\beta_{ij}$  – o'zaro ta'sir koeffitsienti,  $k$  – omillar soni.

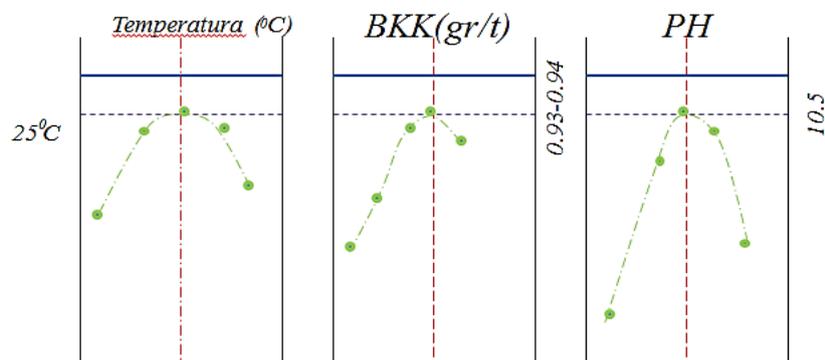
Yuqorida qayd etilgan uchta o'zgaruvchining optimallashtirishdan foydalanish matritsasi ko'rsatilgan o'zgaruvchilarning tegishli qiymatlari bilan olingan natijalar harorati,  $T$  °C ( $x_1$ ), BKK yoki T-92 konsentratsiyasi ( $x_2$ ) va pH ( $x_3$ ). Dastlabki simpleksning rejalashtirish matritsasi 12-jadvalda keltirilgan

Optimallashtirish uchun ishlatiladigan uchta o'zgaruvchiga ega Box-Wilson  
Simpleks usuli bilan rejalashtirishda koeffitsientlarning qiymatlari

№	O'zgaruvchilarining kodlangan qiymati			O'zgaruvchilarining haqiqiy darajasi			Hosil bo'lgan natija (%)
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Harorat, °C	BKK, g/t	pH	Ekspiriment
1	-1	-1	-1	18	10	10.5	64
2	+1	-1	-1	20	10	10.5	61
3	-1	+1	-1	25	56	10.5	69
4	+1	+1	-1	23	56	10.5	71
5	-1	-1	+1	19	10	10.5	67
6	+1	-1	+1	22	10	10.5	77
7	-1	+1	+1	25	56	10.5	82
8	+1	+1	+1	25	56	10.5	82
9	-0.98	0	0	18.2	35	8.0	34
10	+0.98	0	0	21.8	35	8.0	30
11	0	-0.98	0	25	0	10	21
12	0	+0.98	0	25	70	11	39
13	0	0	-0.98	25	35	11	11
14	0	0	+0.98	25	35	10	24
15	0	0	0	25	35	10	40



6-rasm. Texnogen chiqindilarni boyitish natijasida olingan qiymatlarining haroratga va reagentlarga bog'liqlik grafigi



7-rasm. Bashorat qilingan qiymatlar profili va mustaqil o'zgaruvchilarning kutilgan diagrammasi

Agar jarayonga boshqa bir omilning ta'sirini tekshirish kerak bo'lsa (uning qiymati oldingi tajribalarda doimiy bo'lib qolgan), keyingi simpleks yana bitta tajriba bilan to'ldirilishi kerak. Uning shartlari quyidagicha aniqlanadi: ilgari o'zgargan omillar uchun - keyingi simpleksda ularning o'rtacha arifmetik qiymati sifatida; yangi kiritilgan omil uchun formula bo'yicha:

$$X_{n+1} = X_{(n+1)0} + \frac{S_{n+1}}{4} \sqrt{1 + \frac{1}{(n+1)}}; \quad (6)$$

bu yerda:  $X_{(n+1)0}$  – yangi omilning asosiy qiymati,  $S_{n+1}$  – yangi omilning o'zgarish oralig'i,  $n$  – avval o'zgargan omillar soni.

Ilmiy-tadqiqotlar olib borish natijasida barcha tajribalarda bo'tana harorati doimiy bo'lib qolishi va yaxshi ko'rsatkichlarga erishi mumkinligi 20°-22° C haroratda aniqlandi .

## XULOSA

«Tarkibida nodir va rangli metall bo'lgan texnogen chiqindilarni kompleks qayta ishlashning ilmiy asoslari» mavzusidagi texnika fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar asosida nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Mineralogik tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, chiqindixonalar materialida 40 ga yaqin turli xil minerallar mavjud. Noruda massasi asosan kvarsdan iborat bo'lib, uning bo'ysunuvchi miqdorida gidroslyuda, temir o'z ichiga olgan karbonatlarning barit aralashmalari (siderit ankerit) mavjud.

2. Konsetratlarda oltin va kumush minerallari o'rnatilgan: tabiiy oltin (sinov qobiliyati 900 700), elektrum (Au, Ag) va kumush telluridlar. Zarrachalar kattaligi bo'yicha ular kichik sinfga tegishli, asosan, erkin shaklda, kam sonli birikmalar mavjud.

3. Angren oltin saralash fabrikasi texnogen chiqindilarini moddiy tarkibini o'rganish shuni ko'rsatadiki, tanlangan namunalarda oltinning o'rtacha miqdori 0,49 g/t, kumush 6,4 g/t.

4. Foydali qazilmalarni boyitishdan hosil bo'lgan texnogen chiqindilarning tarkibini aniqlash uchun quyidagi tahlil turlaridan foydalanish mumkinligi aniqlandi, ular: mikrostruktura tahlili, rentgenologik tahlil, differensial issiqlik tahlili, IQ spektroskopiyasi, elektron mikroskop, va granulometrik tahlil.

5. Qo'rg'oshin rux va mis tarkibli rudalar birlamchi boyitilgandan so'ng, chiqindi qoldiqlari bilan hisoblangan yo'qotishlari Qo'rg'oshin 0,5%, rux 1,2% va mis o'rtacha 0,14% ni tashkil qildi. Texnogen chiqindilarni ishlab chiqarishga jalb etish imkonini beruvchi «Olmaliq KMK» AJga qarashli Xondiza kon boshqarmasi boyitish fabrikasi chiqindilarini qayta ishlash texnologik sxemasini asoslash, ishlab chiqish va sinovdan o'tkazish ishlari amalga oshirildi.

6. Texnogen chiqindilarning qo'shimcha metalni o'z ichiga olgan mahsulotlarni ishlab chiqarish bilan qayta ishlash chiqindixonalar maydonini qisqartirish va shu bilan bo'tanani chiqindixonalariga tashlash natijasida atrof-muhitga yetkaziladigan zararni kamaytirish imkonini beradi.

7. Ruda va texnogen chiqindilarni flotatsiya usulidan foydalanib boyitishda nazariy qoidalardan amaliy foydalanishning eng muhim omillaridan biri - ularning ta'sir qilish samaradorligini oshirish uchun eritmadagi flotatsion reagentlarning turli xil omillar bilan bog'liqligidir. Reagentlarning kollektiv ta'sirining samaradorligi ularning mineral bilan o'zaro ta'sir qilish xususiyatiga va bo'tanada mavjud bo'lish shakliga bog'liq.

8. Olmaliq KMK mis tarkibli texnogen chiqindilarini ishlab chiqilgan flotatsion texnologik sxemasi orqali boyitish natijasida konsentratning chiqishi 1,01 % ni tashkil qiladi. Bunda asl texnogen chiqindilardan misning konsentratga o'tishi 65 % ni tashkil qiladi.

9. Ilmiy-tadqiqot ishlari davomida olingan natijalarni taqqoslash orqali shuni aytish mumkinki, yangi namunalardan olingan chiqindilarni flotatsiya qilishda oltinni konsentratga ajralishi 41,55% dan 54,83% gacha, konsentrat tarkibidagi oltinning miqdori esa 12,15 g/t dan 14,88 g/t gacha oshishi aniqlandi.

10. Mineral xomashyoni boyitish bo'yicha tadqiqotlarning asosiy bosqichlari namuna olish, elash, mikroskopik, mineralogik va boshqa tahlillar uchun namunalar tanlash, namunani boyitishga tayyorlash, mineralogik, spektral, kimyoviy, ratsional tahlillar o'tkazish, texnogen chiqindining tarkibiy qismidan kelib chiqib boyitish usullarini tanlash hamda matematik modelini yaratish jarayonning to'g'ri olib borilganligini tasdiqlaydi.

11. Kaprolaktam zavodi chiqindisidan foydalanib, flotatsiya jarayonida foydalaniladigan yig'uvchi reagent sarfini 20 % gacha qisqartirish mumkin, bu esa asosiy jarayonning narxi pasayishiga olib keladi. Oltin tarkibli texnogen chiqindilar tarkibidan metallarni ajratib olish uchun tavsiya qilingan sxemaga ko'ra tarkibida 12,52-18,92 g/t Au va 128,2-140,7 g/t Ag bo'lgan boyitma olindi. Metallarning boyitmaga ajralishi 56,8-59,4% Au va 51,1-51,25% Ag ni tashkil qildi

12. AOSF fabrikasi texnogen chiqindilarini sianlashda Au 78,05-83,82%, Ag 79,37-82,19% gacha eritmaga ajralishi aniqlandi. Chiqindilarni 75-85% -0,074 mm gacha yanchish orqali sianlashda 75,51-87,80% Au va 81,03-84,13% Ag oshirish mumkin. Avvalgi texnogen chiqindilar samarali sianlanishi aniqlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.22/30.12.2019.Т.98.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ФИЛИАЛЕ НАЦИОНАЛЬНОГО  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА «МИСИС» В ГОРОДЕ АЛМАЛЫК**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

**БЕКПУЛАТОВ ЖАВЛОН МУСТАФОКУЛИЕВИЧ**

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ  
ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЦВЕТНЫЕ  
И БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.  
Термическая обработка и обработка металлов давлением.  
Металлургия чёрных, цветных и редких металлов**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации доктора технических наук (DSc)**

**Алмалык – 2024**

**Тема диссертации доктора технических наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за №В2024.4.DSc/T624.**

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

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

**Научный консультант:** **Худояров Сулейман Рашидович**  
доктор технических наук, доцент

**Официальные оппоненты:** **Эрматов Зиядулла Досматович**  
доктор технических наук, профессор

**Вохидов Бахриддин Рахминнович**  
доктор технических наук, доцент

**Толибов Бехзод Иброхим угли**  
доктор технических наук

**Ведущая организация:** **АО «Узбекский комбинат технологических металлов»**

Защита диссертации состоится 25 декабря 2024 г. в 9<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.22/30.12.2019.T.98.01. (Адрес: 110101, г. Алмалык, ул. Амира Темура, 56. Зал заседаний филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» в г. Алмалык. Тел.: (70) 614-22-57; e-mail: [info@misis.uz](mailto:info@misis.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» в г. Алмалык (зарегистрирован за №24-34-Д). Адрес: 110101, г. Алмалык, ул. Амира Темура, 56. Тел.: (70) 614-22-57.

Автореферат диссертации разослан 12 декабря 2024 г.  
(реестр протокола рассылки №24 от 12 декабря 2024 г.).



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

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

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

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время в мире проводятся научные исследования по повышению эффективности обогащения и переработки золото- и медьсодержащих техногенных отходов путем разработки новых технологических и технических решений. Повышение цен на золото и медь дает возможность расширения минерально-сырьевой базы путем вовлечения техногенных отходов в переработку. Достижение успехов по решению задач переработки золото- и медьсодержащих техногенных отходов имеет важное значение, в связи с чем на сегодняшний день нерешенными остаются вопросы, связанные с применением реагентов, полученных из отходов местных промышленных предприятий. В связи с этим необходимо уделять особое внимание решению вопросов разработки технологических схем флотационного обогащения техногенных отходов с применением традиционных и новых местных реагентов, различных способов обогащения и переработки золото- и медьсодержащих техногенных отходов, повышению эффективности обогащения на обогатительных фабриках и на металлургических заводах, совершенствованию технологии переработки золото- и медьсодержащих техногенных отходов с применением традиционных реагентов.

На сегодняшний день в мире ведутся научные исследования по эффективному использованию минеральных ресурсов в металлургической промышленности, созданию методов переработки техногенных отходов, исследованию физических, химических и обогатительных свойств техногенных отходов, фракционному и гранулометрическому анализу минерального состава техногенных отходов обогащения, исследованию технологии получения меди, золота, серебросодержащих концентратов и внедрению в производство технологии переработки техногенных отходов, образующихся при обогащении полезных ископаемых. В связи с этим уделяется особое внимание комплексной переработке техногенных отходов, содержащих цветные и благородные металлы, а также разработке научных основ получения золото- и медьсодержащих концентратов из состава техногенных отходов.

В Республике выполняется ряд научно-практических работ по поднятию горнодобывающей промышленности на качественно новый уровень, глубокой переработке местных источников сырья, ускорению производства готовой продукции, освоению новых видов продукции и технологий. Остаются важными исследования, направленные на создание и совершенствование новых технологий извлечения цветных металлов из техногенных отходов медной обогатительной фабрики (МОФ), Ангренской золотоизвлекательной фабрики (АЗИФ) и рудоуправления Хандиза АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат». В Постановлении Президента Республики Узбекистан<sup>1 1</sup> определены важные задачи по «повышению эффективности

---

<sup>1</sup> Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-4124 от 17 января 2019 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли».

использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы горнодобывающих и перерабатывающих предприятий». В связи с этим важно выполнять задачи по комплексной переработке техногенных отходов, которые имеют большое научное и практическое значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», №ПП-4124 от 17 января 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горнодобывающей промышленности», №ПП-5159 от 24 июня 2021 года «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей», 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 технологии Республики: VII. «Науки о Земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>2</sup>.** . Обширные научные исследования, направленные на разработку технологии обогащения и переработки техногенных отходов фабрик по обогащению золота и меди, проводятся ведущими мировыми научными центрами и высшими учебными заведениями, в том числе: Universidad de Concepción (Чили), Pukyong National University (Южная Корея), Institute of Technology (Индия), University of Belgrade (Сербия), Bandung Institute of Technology (Индонезия), Aalto University (Финландия), Уральский Федеральный университет (Россия), University of Science and Technology Beijing, Wuhan University of Science and Technology (Китай), Montana Tech of The University of Montana (США), University of Toronto (Канада), Украинская металлургическая академия (Украина), Tohoku University (Япония), Карагандинский государственный индустриальный университет (Казахстан) и другими научно-исследовательскими учреждениями.

В результате исследований по переработке техногенных отходов, образующихся на обогатительных фабриках, извлечению из них полезных компонентов и определению физико-химических процессов, проведенных в мире, получен ряд научных результатов, в том числе: разработан способ извлечения железных соединений путем магнитной сепарации отходов медных обогатительных фабрик восстановлением в низких температурах (University of Science and Technology Beijing); разработана технологическая схема

---

<sup>2</sup> Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации выполнен на основе [www.atlasrockbit.com](http://www.atlasrockbit.com), <http://www.varelintl.com>, [www.dissercat.com](http://www.dissercat.com), <http://vbm.ru>, <https://www.amazon.com>, <http://www.mirknigi.ru> и др. источников.

селективного перевода и переработки золотосодержащих техногенных отходов в раствор (Pukyong National University, Institute of Technology); разработана технологическая схема обогащения флотационным методом и проанализировано содержание медьсодержащих техногенных отходов (Уральский Федеральный университет, University of Science and Technology Beijing); разработана математическая модель совершенствования процесса обогащения, определяющая переход компонентов, содержащихся в техногенных отходах, в концентрат (University of Toronto, Украинская металлургическая академия); разработаны технологические параметры концентрационного стола для обогащения золотосодержащих техногенных отходов (Bandung Institute of Technology, Aalto University); обоснована зависимость переработки техногенных отходов с содержанием золота, серебра и меди от температуры, времени процесса и расхода реагентов (Universidad de Concepción и Ташкентский государственный технический университет).

В мире по разработке технологии извлечения дорогостоящих компонентов из техногенных отходов, образующихся при обогащении и переработке золото- и медьсодержащих руд, ведется ряд исследовательских работ по следующим приоритетным направлениям, в том числе: изучение гранулометрического состава техногенных отходов с содержанием золота и меди; определение факторов, влияющих на гравитацию и флотацию; разработка способа обогащения; определение физико-химических и технологических свойств минералов; анализ состава материала и разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий; разработка оптимальных технологических схем перевода техногенных отходов методом флотации, гравитации и цианирования в концентрат; разработка флотационной схемы обогащения с применением местных реагентов при переработке медных, свинцово-цинковых и золотосодержащих техногенных отходов.

**Степень изученности проблемы.** Научные исследования процесса обогащения техногенных отходов, образующихся на фабриках по обогащению свинцово-цинковых, а также золото- и медьсодержащих руд, проводились М.И.Панфиловым, П.С.Харлашиным, Б.Ф.Беловым, А.И.Тросаном, А.И.Зайцевым, А.М.Бигеевым, Ю.С.Юсфиным, А.И.Гамейем, Н.В.Наймкиным, В.И.Тихоновым, Е.И.Островым, А.Н.Крутилиным, М.Н.Кухарчуком, О.А.Сичевой и др. Ими достигнуто восстановление обогащенного железа с использованием углеродсодержащих восстановителей для получения металлизированных окатышей.

Также проблемами обеспечения ресурсосбережения при переработке техногенных отходов, образующихся в результате обогащения руд, повышения их надежности и эффективности на основе совершенствования технологии переработки техногенных отходов занимались ведущие ученые Республики Узбекистан: К.С.Санакулов, А.А.Юсупходжаев, А.С.Хасанов, М.Г.Сагдиева, А.У.Самадов, М.М.Якубов, Х.А.Ахмедов, Е.Л.Попов, С.Т.Маткаримов и др., которыми был получен ряд высокоэффективных результатов.

Несмотря на то, что по результатам анализов было получено много научных результатов в области переработки техногенных отходов, существует множество проблем, которые до сих пор не решены. В частности, следует отметить, что существует проблема разработки ресурсосберегающей технологии извлечения ценных компонентов из техногенных отходов. В связи с этим проводимые научные исследования по разработке технологии обогащения на уровне технической востребованности такими методами, как предварительный анализ техногенных отходов, гравитационный, флотационный и другие методы, имеют важное научное и практическое значение для промышленных предприятий нашей Республики.

**Связь темы научного исследования с исследовательской работой высшего учебного заведения или научно-исследовательского учреждения, в котором выполняется диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова на темы: №63-172 – «Анализ определения вещественного состава редких, рассеянных, редкоземельных, цветных и железистых металлов из техногенных производных АО «Алмалыкский КМК» и PZ-20170929768 – «Создание технологии переработки шлака медеплавильного производства с целью извлечения ценных компонентов».

**Целью исследования** является разработка научных основ получения золото- и медьсодержащих концентратов из состава техногенных отходов Ангреной золотоизвлекательной фабрики, медно-обогащительной фабрики и обогащительных фабрик рудоуправления Хандиза АО «Алмалыкский ГМК».

**Задачи исследования:**

анализ данных о существующих технологиях и свойствах переработки техногенных отходов Ангреной золотоизвлекательной фабрики, медно-обогащительной фабрики и обогащительных фабрик рудоуправления Хандиза АО «Алмалыкский ГМК»;

исследование физических, химических и обогащительных свойств техногенных отходов Ангреной золотоизвлекательной фабрики, медно-обогащительной фабрики и обогащительных фабрик рудоуправления Хандиза АО «Алмалыкский ГМК»;

фракционный и гранулометрический анализ минерального состава техногенных отходов обогащения;

анализ ранее проведенных исследований по переработке техногенных отходов и продуктов обогащения;

исследование технологии получения меди, золота, серебросодержащих концентратов;

внедрение в производство технологии переработки техногенных отходов, образующихся при обогащении полезных ископаемых, и определение ее экономической эффективности.

**Объектом исследования** являются техногенные отходы Ангреной золотоизвлекательной фабрики, медно-обогащительной фабрики и

обогащительных фабрик рудоуправления Хандиза АО «Алмалыкский ГМК».

**Предметом исследования** являются золото и медьсодержащие техногенные отходы обогащительных фабрик.

**Методы исследования.** При выполнении диссертационной работы использованы современные методы физико-химического анализа, ИК-спектроскопия, рентгенофазовый (RFT), дифференциально-термический (DTT) анализы, методы количественного анализа на металлы, содержащиеся в образце, и другие стандартные методы анализа.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработаны параметры технологического процесса, включающие уникальный состав реагентов и режимы обработки, позволяющих повысить степень извлечения золота из техногенных отходов на 15-20% по сравнению с существующими методами;

разработана технологическая схема флотационного обогащения, адаптированная к переработке медьсодержащих техногенных отходов, позволяющая эффективно выделять медьсодержащие минералы даже при низком содержании металла в исходном сырье;

разработана математическая модель, описывающая кинетические и термодинамические закономерности перехода ценных компонентов из техногенных отходов в концентрат, учитывающая сложный минеральный состав и влияние технологических параметров, позволяющая прогнозировать эффективность процесса обогащения и оптимизировать условия его проведения;

достигнуто получение медного концентрата с содержанием 7-8% меди методом флотации из техногенных отходов с низким содержанием меди (0,1-0,12%) за счет применения локального реагента ПС-1, что демонстрирует его высокую селективность и эффективность в обогащении сложных отходов, обеспечивая снижение затрат на импортные реагенты и повышение экологической устойчивости технологии;

разработана и реализована технология флотационного обогащения свинцово-цинковых техногенных отходов, позволяющая получать концентраты с содержанием свинца 10% и цинка 15%, что подтверждает эффективность предложенной методики в условиях переработки вторичных ресурсов сложного минерального состава и открывает новые возможности для их промышленного использования;

установлены и экспериментально обоснованы оптимальные технологические параметры работы концентрационного стола для обогащения золотосодержащих техногенных отходов, обеспечивающие повышение извлечения золота за счет учета специфики гранулометрического состава и минеральной формы нахождения золота в отходах;

теоретически обоснована и экспериментально подтверждена комплексная зависимость эффективности переработки техногенных отходов, содержащих золото, серебро и медь, от температуры, времени процесса и расхода реагентов, что позволяет оптимизировать параметры переработки для максимального

извлечения ценных компонентов и минимизации потерь.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработаны оптимальные параметры концентрационного стола и технологические схемы перевода в концентрат драгоценных компонентов в концентрат из техногенных отходов Ангренской золотоизвлекательной фабрики методом флотации, гравитации и цианирования;

в результате выбора оптимальных технологических схем флотационного обогащения ценных компонентов из состава техногенных отходов Алмалыкской медеобогатительной фабрики достигнуто получение концентрата из техногенных отходов с содержанием меди 0,1-0,12%;

в результате частичной замены дорогостоящих флотореагентов флотореагентами, разработанных из отходов местной промышленности, достигнуто сокращение затрат на процесс флотации и получен экономический эффект за счет снижения себестоимости продуктов процесса обогащения.

**Достоверность результатов исследований.** Достоверность результатов исследования объясняется сравнением с результатами, определенными с использованием современных методов ИК-спектроскопии, электронной микроскопии, рентгенографии и дифференциально-термического анализа при изучении физических и технологических свойств продуктов, полученных на основе четко поставленной задачи.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке и проверке методов переработки, обеспечивающих наиболее удобную эффективную технологическую схему извлечения меди, золота, серебра и других ценных компонентов путем повторного обогащения техногенных отходов, образующихся в результате обогащения и выплавки золота и меди, а также контроля их параметров.

Практическая значимость результатов исследования заключается в получении дополнительного концентрата и отправке остаточных продуктов в хвостохранилище, образуемых при обогащении техногенных отходов золото- и медьсодержащих руд с помощью разработки технологической схемы и схемы цепи оборудования.

**Внедрение результатов исследования.** На основе проведенных исследований по научному обоснованию методов комплексной переработки техногенных отходов, содержащих редкие и цветные металлы:

оптимальные технологические схемы перевода техногенных отходов методом флотации, гравитации и цианирования в концентрат, а также параметры концентрационного стола внедрены в Ангренской золотоизвлекательной фабрике АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №63-618 от 27 октября 2023 г.). В результате получен гравиконоцентрат, содержащий соединения золота и серебра;

флотационная схема обогащения с применением местных реагентов при переработке медных, свинцово-цинковых и золотосодержащих техногенных

отходов внедрена в Ангренской золотоизвлекательной фабрике АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №63-618 от 27 октября 2023 года). В результате достигнута экономическая эффективность 20% по сравнению с обогащением традиционным способом;

флотационная технология переработки техногенных отходов медеплавильного завода с содержанием меди 0,1-0,12% внедрена на медно-обогатительной фабрике АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №63-618 от 27 октября 2023 г.). В результате получен концентрат с содержанием соединения меди 7-8%;

флотационная технология обогащения свинцово-цинковых техногенных отходов внедрена в рудоуправлении Хандиза АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №63-618 от 27 октября 2023 года). В результате получены 10% цинкового и 13% свинцового концентратов.

**Апробация результатов исследования.** Апробация результатов данного исследования проведена на 1 республиканской и 7 международных научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы всего 25 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных для издания основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, изданы 17 статей, в том числе 12 из которых в республиканских и 5 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 185 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 «**Образование техногенных отходов при обогащении полезных ископаемых и анализ современных технологий их переработки**» показано, что бурное развитие горнодобывающей и металлургической промышленности в мире сопровождается выделением новых видов металлов и металлосодержащих соединений с образованием различных техногенных отходов.

Темпы добычи и потребления минерального сырья в мире неуклонно растут, а при ежегодном приросте населения планеты каждый год на 1,0-1,3% увеличивается и объем производства минерального сырья. Представлен анализ проведенных исследований по переработке техногенных отходов. Одной из основных причин проблемы считается низкий уровень использования техногенных отходов горнодобывающей промышленности в нашей стране, недостаточная вовлеченность их в глубоко интегрированную малоотходную переработку. Внедрение в промышленность новых и инновационных технологий переработки и обогащения техногенных отходов является технологическим решением проблемы, а адекватное использование техногенных отходов позволяет достичь высоких технико-экономических показателей. Одним из основных решений проблемы является использование флотационных, гравитационных, гравитационно-флотационных комбинированных схем извлечения техногенных отходов, содержащих драгоценные металлы. Объясняется это тем, что выбор схем в основном основан на различиях в физических, химических и других свойствах техногенных отходов.

Потеря ценных компонентов с отходами не только снижает объемы получения полезных компонентов, но и усложняет их последующую переработку и использование, а также природные и технологические процессы переработки, хранения техногенных отходов, изменяют минерало-геохимическую структуру минерального сырья.

Техногенные отходы могут перерабатываться по-разному, в зависимости от качественных и количественных характеристик использования, что, в свою очередь, позволяет экономить ресурсы и обеспечивать минерально-сырьевой базой горно-металлургическую промышленность и другие отрасли. Переработка техногенных отходов на действующих горнодобывающих предприятиях является одним из наиболее эффективных методов укрепления минерально-сырьевой базы, повышает эффективность ее использования, снижает ресурсную емкость техногенных отходов и улучшает окружающую среду.

Во второй главе диссертации «**Методика отбора объектов и переработки техногенных отходов обогатительных фабрик**» разработаны методические основы формирования ресурсосберегающих технологий комплексной переработки техногенных отходов медно-обогатительной фабрики, рудоуправления «Хандиза» и Ангренской золотоизвлекательной фабрики АО «Алмалыкский ГМК» в зависимости от гранулометрического состава и технологических особенностей, изучены их зависимости от различных процессов и был выбран объект научного исследования. Фабрики по обогащению золото- и медьсодержащих руд являются перспективными объектами, которые могут перерабатывать техногенные отходы. Как известно, минерально-сырьевой потенциал горнодобывающих предприятий характеризуется не только имеющимися запасами сырья в виде открытых и разрабатываемых месторождений, но и нетрадиционными ресурсами:

хвостохранилищами, забалансовыми, окисленными и др. рудами. В категорию переработки отходов рудных месторождений относятся такие техногенные месторождения, как продукты обогащения и металлургического производства (хвосты, шлак, кек и др).

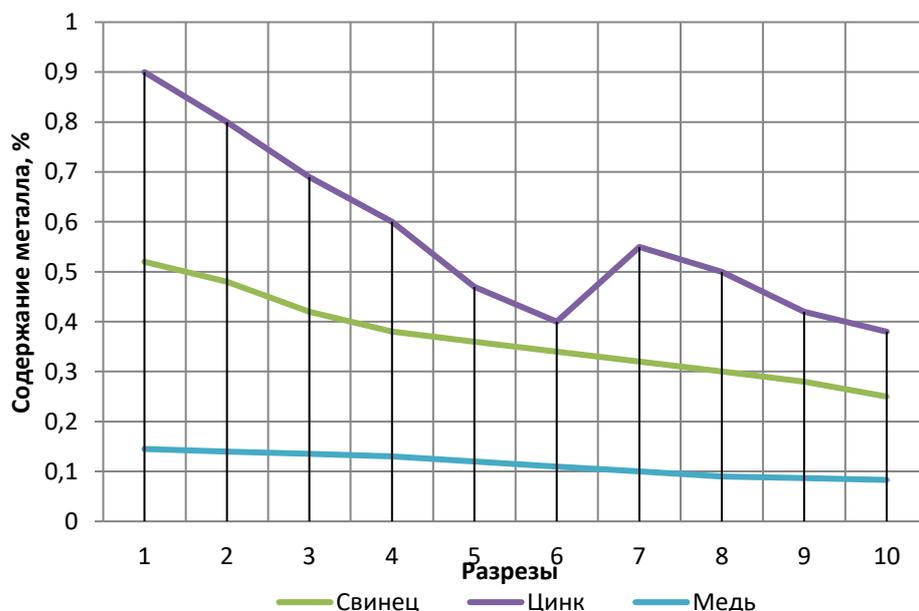
Интенсивная эксплуатация и переработка минеральных ресурсов на территории горнодобывающих предприятий оказывает существенное воздействие на окружающую среду, приводя к дестабилизации окружающей среды и влияя на дальнейшее производственное развитие территории. Исходя из выявленных особенностей и закономерностей строения техногенных месторождений, целесообразно разработать единый научно-методический подход к их изучению и освоению. В отличие от природных месторождений, важнейшей задачей изучения техногенных месторождений является оценка их технологических свойств и разработка технологических схем получения полезных компонентов и полезных продуктов из неметаллической части техногенного сырья. Поэтому одним из основных задач является определение состава техногенных отходов, содержания полезных компонентов в составе техногенных отходов и их физико-механических свойств, а также закономерностей пространственного распределения. Для определения и расчета балансовых запасов по составу техногенных отходов и содержанию металла можно использовать природные месторождения. Важным фактором при анализе и обогащении техногенных отходов и забалансовых запасов является учет дополнительного показателя. Данные показатели направлены на обогащение техногенных отходов гравитационным и флотационным методами. По этой причине в исследованиях использовались ИК-спектроскопия, электронный микроскоп, гранулометрический анализ и другие современные методы исследования для изучения химических, физико-химических и физико-механических свойств техногенных отходов. В качестве вспомогательных машин при проведении исследований использовались: дробилки, мельницы, лабораторные барабаны различных размеров, концентрационный стол и флотационные машины.

На основе установленных особенностей и закономерностей строения техногенных месторождений возможна разработка научно-методического подхода к их изучению и освоению. В отличие от природных месторождений важнейшей задачей изучения техногенных отходов является оценка их технологических свойств и на основе этого разработка технологических схем извлечения полезных компонентов из рудной части техногенного сырья и получения полезных компонентов. Поэтому необходимо определение закономерности пространственного распределения техногенных отходов по составу и физико-механическим свойствам. Изучение техногенных месторождений осуществляется в следующей последовательности: 1) работы по технологической оценке; 2) оценка целесообразности и технико-экономической эффективности комплексного использования техногенного сырья с рудой и без руды; 3) перевод техногенного объекта в категорию техногенных месторождений; 4) распределение технологических видов и

сортов техногенного сырья; 5) разработка технологических схем переработки; 6) определение характера и уровня воздействия на окружающую среду; 7) разработка технологических схем производства; 8) контроль за полнотой и качеством выполнения горных работ. Следует отметить, что переход от одного этапа исследования к другому осуществляется только при условии проведения положительной технико-экономической оценки по итогам каждого этапа.

В третьей главе диссертации «**Исследование состава техногенных отходов и совершенствование технологической схемы комплексной переработки Хандизинского рудоуправления**» изучены состав и минералогические свойства техногенных образцов Хандизинского месторождения с целью проведения технологических исследований и разработки технологии обогащения. Полученные образцы исследовались на спектральном, химическом, масс-спектральном и других лабораторных оборудованьях. Изучена зависимость измельчения техногенных проб от времени и разработаны схемы обогащения в зависимости от структурных особенностей образцов. Гранулометрический анализ отобранных проб свидетельствует о неравномерном характере распределения классов крупности в изучаемой зоне: наиболее крупные пески расположены на расстоянии 40 м от дамбы, тонкие – на расстоянии 70-100 м. Максимальное содержание полезного компонента обнаруживается в материале придамбовой сорокаметровой зоны. С увеличением расстояния от дамбы к центру пляжа содержание металлов и крупность хвостов снижаются.

Проведенный на отобранных пробах фазовый анализ медных минералов позволяет сделать вывод о снижении количества сульфидных соединений меди в хвостах по мере удаления от дамбы к центру пляжа.



**Рис. 1. Содержание металлов в хвостохранилище Хандизинского рудоуправления по разрезам**

С целью изучения зависимости характера дробления от времени были взяты 3 пробы техногенных отходов с разных мест хвостохранилища Хандизинского рудоуправления. Были проведены лабораторные эксперименты в лабораторной шаровой мельнице емкостью 40 мл в соотношении «твердые частицы: жидкость : шары» (Т:Ж:Ш)=1:0,5:6. Дробленая руда размером  $-0,074 + 0$  мм подвергалась мокрому просеиванию, результаты которых приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

№ пробы	Измельчение проб руды в зависимости от времени при выходе класса крупности руды $-0,074(\%)$ мм, мин.						
	0	3	5	7	10	12	15
1	42,4	51,4	61,2	68,5	82,2	88	96,5
2	39,8	63,5	68,9	71,6	83,8	90,2	97,8
3	40,2	53,5	62,5	69,4	83,5	88,5	95,2

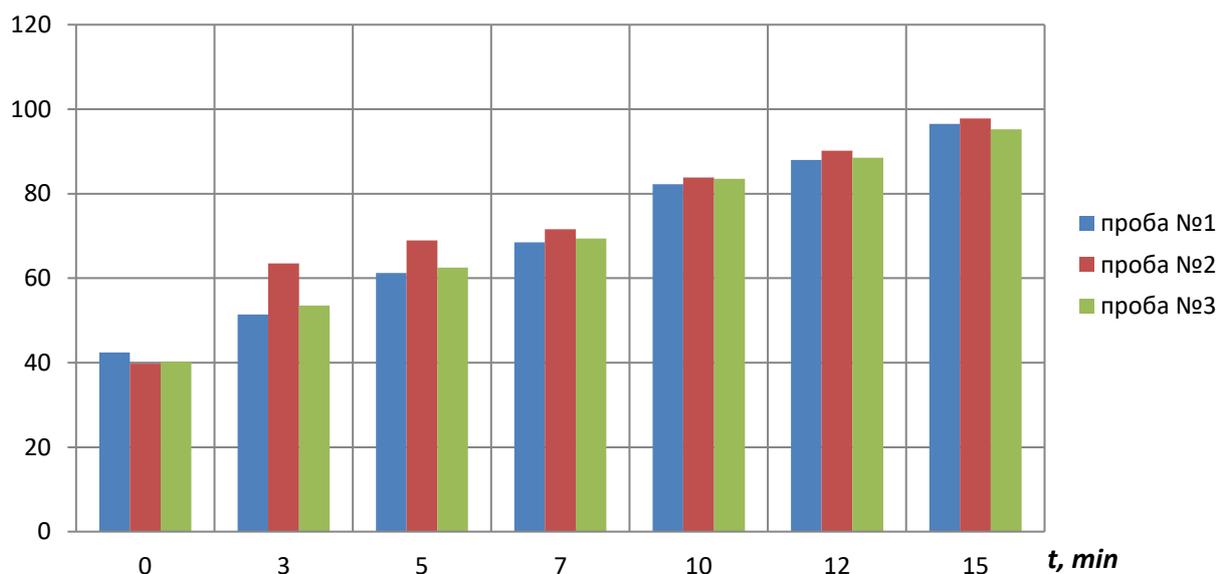
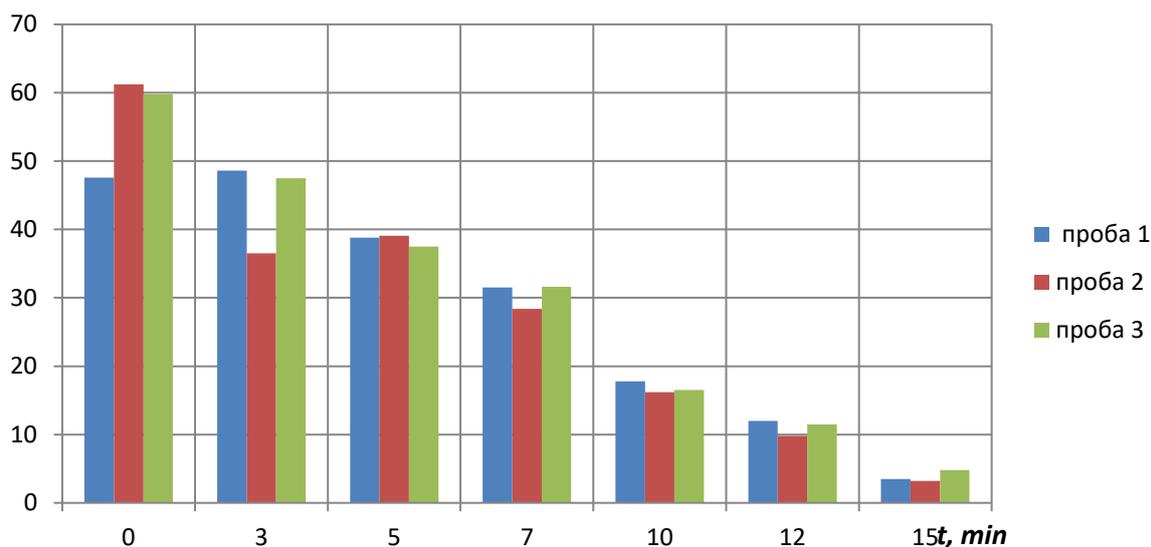


Рис. 2. Измельчение проб руды в зависимости от времени при выходе класса крупности руды  $-0,074(\%)$  мм, мин.

Таблица 2

№ пробы	Измельчение проб руды в зависимости от времени при выходе класса крупности руды $+0,074(\%)$ мм, мин						
	0	3	5	7	10	12	15
1	47,6	48,6	38,8	31,5	17,8	12	3,5
2	61,2	36,5	39,1	28,4	16,2	9,8	3,2
3	59,8	47,5	37,5	31,6	16,5	11,5	4,8



**Рис. 3. Измельчение проб руды в зависимости от времени при выходе класса крупности руды +0,074(%) мм, мин.**

Таблица 3

Результаты химического анализа техногенных проб, взятых из Хандизинского рудоуправления

Компоненты	Количество, %	Компоненты	Количество, %
S <sub>общ</sub>	1,862	MnO	0,021
S <sub>сульфат</sub>	0,045	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,286
S <sub>сульфид</sub>	1,812	CaO	1,402
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(общ)</sub>	5,420	MgO	1,014
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(окис)</sub>	3,774	CO <sub>2</sub>	0,345
FeO	1,496	SO <sub>3</sub>	
SiO <sub>2</sub>	69,044	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,042
H <sub>2</sub> O	0,104	ППП	2,232
K <sub>2</sub> O	2,124	Cu	0,140
Na <sub>2</sub> O	0,610	Zn	1,223
CaCO <sub>3</sub>	1,096	Pb	0,547
As	0,016	Au г/т	0,076
TiO <sub>2</sub>	0,101	Ag г/т	10,801

По технологическим показателям результатов флотационного обогащения техногенных отходов, полученных на Хандизинском рудоуправлении в ходе научных исследований, можно сделать вывод, что при предварительной флотации пробы из техногенных отходов извлечение меди, серебра, цинка и свинца в концентрат составило: 78,0; 64,2; 40, 6; 72,1% (табл. 3).

Опыты по коллективной флотации полиметаллических свинцово-цинковых руд проводились по схеме, включающей измельчение руды до 55% по классу -0,074 мм и проведение основной флотации, доизмельчение концентрата до 85% по классу -0,074 мм и проведение контрольной флотационной операции.

Таблица 4

Технологические показатели результатов флотационного обогащения техногенных отходов Хандизинского рудоуправления

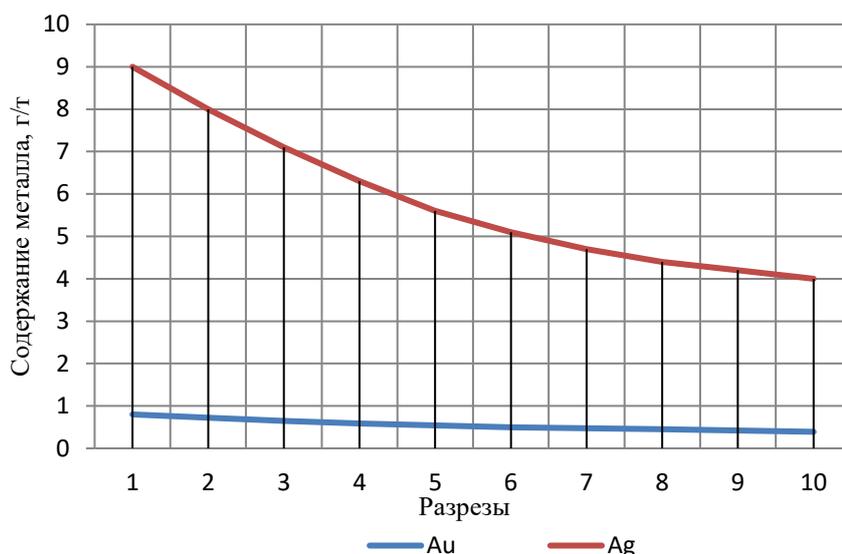
Продукты обогащения	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Cu	Ag, г/т	Zn	Pb	Cu	Ag, г/т	Zn	Pb
Флотонцентрат	5,15	1,34	183,25	6,9	5,23	78,0	64,2	40,6	72,1
Пром. продукт 1	4,54	0,13	26,86	1,4	0,23	6,7	8,3	7,3	2,8
Пром. продукт 2	4,54	0,11	24,96	1,15	0,17	5,6	7,7	6,0	2,1
Хвосты	85,77	0,01	3,4	0,47	0,1	9,7	19,8	46,1	23,0
Исх. хвосты	100,0	0,09	14,70	0,87	0,37	100,0	100,0	100,0	100,0

Главным условием успешного проведения селективной флотации является проведение процесса без избыточного количества реагентов. Как и при флотации медно-цинковых руд, так и для депрессирования техногенных отходов также следует использовать депрессоры. При наличии в составе флотоконцентрата цианида, сернокислого цинка и растворимых солей меди в процесс измельчения добавляют небольшое количество сульфида натрия, расход которого может составлять 0,5-1,5 кг/т. Сода  $Ca^{2+}$  должна связывать катионы кальция и создавать щелочную среду  $pH=7,5-9$ .

В четвертой главе диссертации «**Разработка теоретических основ и технологии анализа состава техногенных отходов Ангреной золотоизвлекательной фабрики**» даны результаты того, что на сегодняшний день в Узбекистане флотационный метод обогащения широко применяется при обогащении сульфидных руд, из которого следует, что выбросы техногенных отходов очень велики.

Флотация принята в качестве одного из методов обогащения техногенных отходов на основе изучения зарубежной практики. При флотационном способе обогащения на фабриках в больших количествах расходуются реагенты, а флотационные реагенты по применению бывают различного вида: собиратели, активаторы, пенообразователи и регуляторы среды.

Широкое применение на обогатительных фабриках получили реагенты собиратели и пенообразователи. Они используются для флотационного обогащения минералов тяжелых цветных металлов и относятся к типу сульфидрильных коллекторов, которые являются эффективными реагентами. Они относительно дорогие по сравнению с другими флотореагентами.



**Рис. 4. Содержание металла по разрезам технологических отходов Ангренской золотоизвлекательной фабрики**

Ксантогенаты представляют собой соли ксантогенного подкисления, общая формула которых имеет вид:  $R-O-C-C-Me$ , в котором  $R$  - углеводородный радикал, один из радикалов в гомологичном катионе -  $Me$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  или  $H^+$ .

Ксантогенаты – это твердые кристаллические вещества, имеющие специфический запах, которые также содержат меркаптаны в малых количествах.

Под действием влаги ксантогенаты гидролизуются, образуя ксантогенные кислоты. Гидролиз ксантогенатов усиливается при снижении рН-среды, повышении температуры и снижении концентрации. При щелочной среде водные растворы ксантогенатов являются более стабильными. На сегодняшний день ксантогенаты производятся, в основном, в России и Китае.

Реагенты-пенообразователи также играют основную роль в обогатительных фабриках. Пенообразующие вещества должны иметь способность образовывать пузырьки, которые поднимают минеральные частицы на поверхность. Многие ученые ведут исследования по локализации пенообразующих реагентов. На данный момент в производстве при флотации золото- и медьсодержащих сульфидных руд в качестве реагента-пенообразователя широко применяется пенообразователь марки Т-92.

Химический состав техногенных отходов Ангренской золотоизвлекательной фабрики представлен в табл. 5. Основным компонентом отходов является  $SiO_2$ , содержание которого составляет в среднем 76,56% (от 70 до 78%). В основном он имеет форму кварца и включает гидрослюда и др. минералы. Золото в техногенных отходах составляет в среднем 0,49 г/т, серебро – 6,4 г/т.

Таблица 5

Компо- ненты	№ пробы									Среднее содержание, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
SiO <sub>2</sub>	76,1 5	78,7 4	76,1 2	78,2 4	70,8 6	79,3 4	73,7 3	78,5 9	77,28	76,56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,84	2,70	3,32	2,41	3,52	3,34	5,34	2,72	3,0	3,35
TiO <sub>2</sub>	0,64	0,36	0,52	0,37	0,49	0,48	0,85	0,37	0,41	0,50
MnO	0,25	0,18	0,24	0,17	0,26	0,25	0,34	0,19	0,23	0,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,56	10,1 9	7,79	10,3 8	7,54	7,08	7,49	10,0 7	10,2	8,82
CaO	3,87	2,52	3,24	2,70	3,62	3,67	4,72	2,51	2,98	3,31
MgO	0,94	1,19	0,61	1,04	0,55	0,50	0,56	1,03	0,91	0,81
K <sub>2</sub> O	4,35	3,59	4,41	3,74	4,17	3,92	5,31	3,72	3,98	4,13
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07 2	0,04 0	0,06 4	0,02 9	0,05 9	0,04 8	0,09 3	0,03 4	0,026	0,052
So	0,55	0,39	0,46	0,44	0,47	0,52	0,60	0,43	0,36	0,47
BaO	0,56	0,17	0,25	0,38	0,40	0,69	0,71	0,21	0,39	0,42
SrO	0,05 3	0,02 4	0,03 4	0,03 1	0,04 0	0,04 5	0,07 3	0,02 7	0,030	0,079
Au, г/т	0,46	0,48	0,45	0,50	0,52	0,50	0,48	0,60	0,44	0,49
Ag, г/т	6,1	7,5	6,3	5,1	7,3	5,8	5,3	7,7	6,6	6,4

Для флотации техногенных отходов Ангренской золотоизвлекательной фабрики использовались те же реагенты, которые применяются на фабрике, в основном: бутилксантогенат калия, веретенное масло, Т-92, а также сода. Проведя серию научно-исследовательских опытов, был выбран оптимальный режим реагента (рис. 2). Измельчение техногенных отходов осуществлялось при величине 80% -0,074 мм. Расход основных флотационных реагентов составлял (г/т); соды – 150; БКК – 50; Т-92 – 40; БКК – 20.

Таблица 6

Показатели переработки отвальных хвостов АЗИФ по флотационной схеме  
(опыты по принципу непрерывного процесса)

Продукты обогащения	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Объединенная проба лежалых хвостов АЗИФ (№1-9)					
Концентрат	1,59	18,0	202,6	58,32	50,34
Хвосты	98,41	0,21	3,2	41,68	49,66
Исх. хвосты	100,0	0,49	6,4	100,0	100,0
Проба свежих хвостов (из пульпопровода)					
Концентрат	1,70	20,21	183,6	59,3	53,8
Хвосты	98,30	0,24	2,7	40,7	46,2
Исх. хвосты	100,0	0,58	5,8	100,0	100,0

В настоящее время рекомендуется использовать комбинированную схему флотации и цианирования для извлечения золота и серебра, содержащихся в хвостах. Полученный коллективный флотоконцентрат возможно перерабатывать на месте путем цианирования, либо направлять на плавку в медеплавильный завод в качестве флюса вместе с концентратом, который получают на фабрике в качестве основного конечного продукта.



**Рис. 5. Схема цианирования хвостов АЗИФ и продуктов обогащения**

Таблица 7

Результаты флотации техногенных отходов

Продукты обогащения	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Образец объединенного остатка АЗИФ (№1-9)					
Концентрат	2,5	14,88	99,8	54,83	43,9
Пром. продукт	2,0	1,48	16,3	4,36	5,7
Хвосты	95,5	0,29	3,0	40,81	50,4
Исх. хвосты	100,0	0,68	5,7	100,0	100,0
Концентрат	2,60	12,15	120,2	41,55	44,28
Пром. продукт	4,55	1,03	10,5	6,18	6,77
Хвосты	92,85	0,43	3,7	52,27	48,95
Исх. хвосты	100,0	0,76	7,06	100,0	100,0

По схеме «флотация + цианирование концентрата» извлечение золота в концентрат составляет 52,81-54,92%, а извлечение серебра в концентрат – 38,16-41,14%. При схеме «флотация + растворение концентрата» извлечение золота составляет 55,99-56,93%, а извлечение серебра – 45,31-48,42%, соответственно.

Ниже приведены характеристики реагентного режима и основные компоненты предлагаемой схемы. Перед флотацией хвосты измельчаются до чистоты 80% -0,074 мм. На мельницу подается 150 г/т кальцинированной соды и 150 г/т нового реагента ПС-1, полученного из отходов Чирчикского завода.

1. Основная коллективная флотация:

Время флотации – 12 мин.

Плотность пульпы – 25-28%.

Расход реагентов (г/т):

Бутиловый ксантогенат калия (БКК) – 20г/т; вспениватель Т-92 – 40 г/т.

Контрольная флотация:

Время флотации – 8 мин.

Плотность пульпы – 20-24% твердого.

Расход реагентов (г/т): БКК – 10; Т-92 – 20.

Перечистка:

Время флотации – 5 мин.

Плотность пульпы: 12-16% твердого.

Сгущение флотоконцентрата:

Плотность сгущения продукта – 35%.

Предварительное цианирование флотоконцентрата:

Плотность пульпы – 35% твердого.

Время – 4 ч.

Исходная концентрация цианистого натрия в пульпе – 0,1%, извести – 0,02%. Расход NaCN – 2,2 кг/т флотоконцентрата (37 г/т исходных отвальных хвостов). Расход извести – 1,8 кг/т флотоконцентрата (27 г/т исх. отв. хвостов).

1. Сорбционное выщелачивание:

Плотность пульпы – 35% твердого.

Время выщелачивания – 12 ч.

Загрузка смолы АМ-2Б кл. «А» 0,5% от объема пульпы.

Расход смолы – 20 г/т концентрата (0,3 г/т руды).

Регенерация смолы выполнена по режиму ранее действующего цеха цианирования хвостов ЗИФ. В случае переработки хвостов только флотацией флотоконцентрат направляется вместе с основным концентратом на МПЗ для плавки в качестве флюса с последующим извлечением благородных металлов, полученных при рафинировании меди.

Показатели цианирования флотоконцентратов

Содержание, г/т				Извлечение, %	
Предварительный концентрат		Хвосты после цианирования			
Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
Флотоконцентрат					
18,0	202,6	1,7	49,0	90,56	75,81
Флотоконцентрат, полученный на данный момент					
20,2	183,6	1,49	43,2	92,52	76,47

При сравнении результатов можно сделать вывод, что при флотации пробы из новых отходов извлечение золота в концентрат увеличивается от 41,55 до 54,83%, а содержание золота в концентрате – от 12,15 до 14,88 г/т.

В пятой главе диссертации **«Разработка теоретических основ и технологии переработки техногенных отходов медно-обогачительных фабрик»** разработаны теоретические основы обогащения техногенных отходов, образующихся на медно-обогачительных фабриках рудоуправления «Хандиза» и Ангренской золотоизвлекательной фабрики АО «Алмалыкский КМК». Исследование хвостов флотации проводилось методами обогащения (гравитация, флотация) и гидрометаллургии.

Изучение минерального состава технологических образцов проводилось химическим и физико-химическим методами, а также минералогическими анализами.

Перед обогащением техногенных отходов технологические образцы измельчали в лабораторной мельнице объемом 40 мл в соотношении «твердое:жидко:шары» – 1:05:8.

Гравитационное обогащение техногенных проб и продуктов обогащения проводилось на концентрационном столе марки 30КС.

Обогащение флотационным методом осуществлялось на флотационной машине в лабораторных флотационных машинах объемом 3 л марки 240-ФМЛ. Анализ состава техногенных отходов, образующихся при обогащении выполнен с помощью масс-спектрального (ИСП-МС), атомно-абсорбционного и других оборудований в отделе аналитических исследований ГУ «Институт минеральных ресурсов» университета Геологических наук Министерства горной промышленности и геологии. Результаты спектрального анализа техногенных отходов состав медно-обогачительных фабрик (%): Si>3 Al >3 Ca-1 Na>1 K>1 Fe >1 Mg>2 Ba-0,04 Mn-0,1 Cr-0,05, Pb-0,015, Zn-0,02, Mg>2, Ni-0,003.

Гранулометрический состав техногенных и промышленных отходов, а также определение распределения по классам крупности органических а также других ценных компонентов выполнен с помощью ситового анализа.

Таблица 9

Гранулометрический состав исходных  
технологических образцов МОФ-1

Крупность, мм	-2,5 +1	-1+0,63	-0,63+0,315	-0,315 +0,16	-0,16 +0,1	-0,1 +0,074	-0,074+0,044	-0,044 +0
Выход фракции, %	0,32	3,54	27,31	31,57	16,32	7,60	3,50	9,93

Гранулометрический состав техногенных отходов влияет на эффективность обогащения методом флотации и его применение целесообразно.

*Измельчение предварительных техногенных образцов.* Для определения характера измельчения техногенных образцов проведены исследования на шаровой мельнице марки 40МЛ с различными интервалами по времени. Измельчение выполнялось в соотношении Т:Ж:Ш=1:0,5:8. Измельченные образцы были анализированы с помощью сита класса -0,074 мм.

Таблица 10

Зависимость измельчения техногенных отходов МОФ-1 от времени

Образец	Измельчение руды в зависимости от времени при выходе класса крупности руды -0,074(%) мм, мин.						
	0	3	5	7	10	12	15
1	37,7	48,8	61,1	70,2	81,4	90,1	97,3
2	39,1	50,3	63,3	69,9	73,5	88,1	96,4
3	40,2	49,1	57,5	63,5	76,6	87,6	94,4

Таблица 11

Зависимость измельчения техногенных отходов МОФ-2 от времени

Образец	Измельчение руды в зависимости от времени при выходе класса крупности руды -0,074(%) мм, мин						
	0	3	5	7	10	12	15
1	31,2	39,5	54,4	63,5	73,7	85,5	93,4
2	33,5	48,6	57,5	64,4	75,3	82,5	94,6
3	36,5	43,4	62,3	70,2	79,5	82,6	92,9

*Изучение обогащения техногенных отходов. Флотационный метод обогащения.* Одной из основных причин относительно широкого применения

флотационного метода обогащения является возможность комплексного обогащения полиметаллических руд в условиях низкого содержания металлов в руде. При проведении научных исследований по флотационному извлечению меди, молибдена и других металлов из техногенных отходов МОФ были использованы следующие реагенты: основной реагент собиратель – бутил ксантогенат калия, пенообразующий реагент – Т-92. В качестве регулятора использован гашеный известняк, а в качестве охлажденной горелки – регулятор. Флотация выполнена на флотационной машине ФМ-2 с объемом камеры 1 л.

Из данных таблицы следует, что при флотации техногенных отходов АГМК содержание концентрата составляет 4,4-10%, при этом концентрационный прирост меди от исходных техногенных отходов составил 41,1-65,65%. Содержание меди в концентрате увеличивается от 0,13-0,16% до 0,87-1,7%.

Таблица 12

Результаты флотационного обогащения техногенных отходов МОФ

Продукт	Выход, %	Содержание		Извлечение	
		Cu, %	Au, г/т	Cu, %	Au, г/т
Флото-концентрат	1,1	9,1	14,3	65,65	51,5
Хвосты флотации	98,9	0,05	0,14	34,35	48,5
Исх. хвосты	100,0	0,14	0,28	100,0	100,0

В шестой главе диссертации «**Разработка математической модели обогащения техногенных отходов обогатительных фабрик и технико-экономические показатели**» даны результаты того, что в настоящее время все больше внимания уделяется вопросам совершенствования процессов переработки техногенных отходов полезных ископаемых. Причина этого в том, что растет потребность в обогащении руд и техногенных отходов с низким содержанием минералов со сложным и разнообразным минералогическим составом. Для повышения эффективности процесса обогащения активно разрабатываются новые конструкции оборудования, новые реагенты и совершенствуются системы управления процессами обогащения. Вопросы повышения эффективности процессов переработки полезных ископаемых также тесно связаны с совершенствованием технологии производства. В настоящее время проводятся обширные исследования по переработке техногенных отходов и математическому моделированию процессов. Данное исследование основано на создании определенной математической модели на основе идей и выводов о свойствах физических процессов, протекающих в обогатительных оборудованьях. Научное значение системного анализа переработки полезных ископаемых и техногенных отходов состоит в том, что для проведения математических

методов анализа требуется обобщение и интеграция в широком смысле результатов и достижений различных областей обогащения, развивающихся раздельно друг от друга. Таким образом, в современных условиях актуальной является разработка методов моделирования схем технологических процессов обогащения полезных ископаемых. При создании математической модели обогащения полезных ископаемых также важно оценить гранулометрический состав материала и распределение полезных минералов по различным классам крупности. Одним из методов планирования экспериментов по исследованию способности разделения минералов в зависимости от их плотности являются экспериментальные факторы и модель. Достоинствами математических методов анализа экспериментов являются симплекс-метод и его применение при обогащении. Для оценки достоверности результатов обогащения техногенных отходов необходимы основные показатели технологических параметров обогащения минералов, флотореагентов и время флотации.

Оценка результатов возможна только после испытания процессов в лабораторных условиях, составлении методологии проведения исследований, полупромышленных и промышленных испытаний, а также обработки полученных результатов.

Используя данные, полученные в результате научных исследований, создается графическое изображение, зависящее от переменных параметров процесса.

Изменение параметров по технологической схеме может привести к увеличению или уменьшению объема исследования. Он должен обеспечивать оптимизацию последующих технологических схем для обеспечения эффективности при каждой операции. В целом, технологические схемы сравниваются и оптимизируются в зависимости от экономических требований.

Согласно теории вероятностей, случайные ошибки подчиняются закону нормального распределения (Гаусса), по которому определяется вероятность ошибки:

$$R=(\Delta x) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \left[ e^{-\frac{\Delta x}{\delta_x} * \delta_x} \right]^{-2}, \quad (1)$$

где  $\Delta x^2$  – дисперсия распределения.

$$\bar{x} \approx \bar{t} = \frac{\sum_{j=1}^m t_j v_j}{\sum_{j=1}^m v_j}. \quad (2)$$

Относительная квадратичная ошибка, выраженная в процентах относительно среднего значения случайной величины, называется коэффициентом вариации.

Корреляционный анализ позволяет оценить близость взаимосвязей между различными параметрами или факторами, влияющими на процесс. Этот метод широко используется в промышленности при изучении технологических процессов.

Путем определения коэффициента корреляции, если он достаточно высок, можно получить данные, позволяющие выбрать основные регулирующие воздействия технологического процесса, точки измерения, методы и в совокупности с этим установить минимально необходимое количество измеряемых параметров.

Если коэффициент линейной корреляции мал по абсолютной величине, это указывает на более сложную зависимость (нелинейную) между измеряемыми параметрами или значительное влияние на них других факторов.

Получение таких уравнений методом наименьших квадратов и составляет основу регрессионного анализа. Корреляционный и регрессионный анализ обычно используют данные технологического процесса в промышленности. Однако, с помощью большого количества лабораторных экспериментов они также могут быть статистически обработаны. Для статистического анализа используются:

1. Данные о режимных параметрах и результатах технологического процесса.

2. Данные, полученные в результате специально запланированных изменений режима технологического процесса.

Регрессионные модели могут применяться, в основном, для анализа влияния отдельных факторов или их взаимодействия.

Обычно аналитические выражения, выбранные на основе теоретических концепций или из-за их простоты и удобства, имеют вид:

$$\begin{aligned}y &= b_1x + b_0; \\y &= b_2x^2 + b_1x + b_0; \\y &= b_1e^{b_2x} + b_0; \\y &= \frac{1}{b_0 + b_1x}; \\y &= f(x, b_0, b_1, \dots, b_n).\end{aligned}$$

Коэффициент корреляции показывает, какая часть общего колебания  $y$  связана с изменчивостью аргумента  $x$ . Даже на основе активного эксперимента регрессионные модели технологических процессов, полученные  $n$  от обработки данных, могут быть использованы для расчета оптимальных значений параметров. Математическими методами оптимизации моделей некоторые ученые провели научные исследования. С помощью данных, полученных в результате научных исследований, формируется графическое изображение, зависящее от переменных параметров процесса, и вначале производится расчет суммарных значений технологических показателей полученных результатов.

Основная задача связана со статическими методами планирования экспериментов методом Бокса-Вильсона и симплексным методом.

Методы статистического планирования экспериментов основаны на одновременном изменении многих факторов, а планы экспериментов позволяют затем статистически оценивать данные, что позволяет изучить

влияние отдельного фактора и влияние их сочетания на изменение выходных параметров.

Метод Бокса-Вильсона, будучи оптимальным, может выражать зависимость целевой функции от факторов, ее определяющих.

$$Y = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n). \quad (3)$$

В некоторых случаях функция имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n, \quad (4)$$

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_{ii}^2 + \sum_{i=1}^k \beta_{ij} x_i x_j, \quad (5)$$

где  $Y$  – прогнозируемый ответ;  $x_i$  и  $x_j$  – независимые переменные;  $\beta_0$  и  $\beta_i$  – временной и линейный коэффициенты;  $\beta_{ii}$  – квадратичный коэффициент;  $\beta_{ij}$  – коэффициент взаимодействия;  $k$  – количество факторов.

Оптимизационное использование трех вышеупомянутых переменных (матрица) показывает, что при соответствующих значениях указанных переменных получаются температура,  $T$  °C ( $x_1$ ), концентрация БКК или Т-92 ( $x_2$ ) и рН ( $x_3$ ). Матрица планирования исходного симплекса представлена в табл. 13.

Таблица 13

Значения коэффициентов при планировании Бокса-Вильсона и Симплексным методом с тремя переменными, используемыми для оптимизации

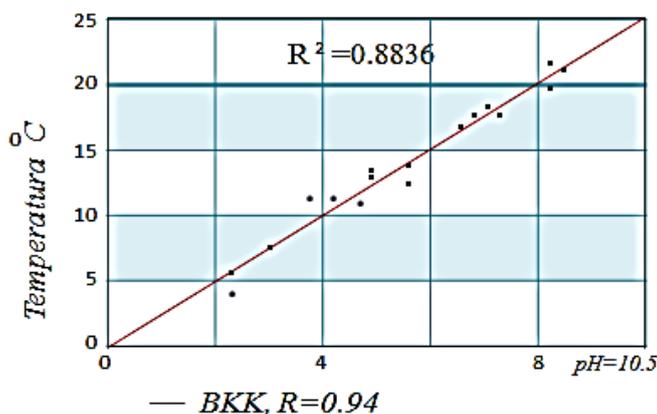
№	Кодированное значение переменных			Истинная степень переменных			Полученный результат, %
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	Температура, °C	БКК, г/т	рН	
1	-1	-1	-1	18	10	10.5	64
2	+1	-1	-1	20	10	10.5	61
3	-1	+1	-1	25	56	10.5	69
4	+1	+1	-1	23	56	10.5	71
5	-1	-1	+1	19	10	10.5	67
6	+1	-1	+1	22	10	10.5	77
7	-1	+1	+1	25	56	10.5	82
8	+1	+1	+1	25	56	10.5	82
9	-0.98	0	0	18.2	35	8.0	34
10	+0.9	0	0	21.8	35	8.0	30
11	0	-0.98	0	25	0	10	21
12	0	+0.98	0	25	70	11	39
13	0	0	-0.98	25	35	11	11
14	0	0	+	25	35	10	24
15	0	0	0	25	35	10	40

Если необходимо проверить влияние на процесс другого фактора (значение которого в предыдущих экспериментах оставалось постоянным), следующий симплекс следует дополнить еще одним экспериментом. Его члены определяются для ранее измененных множителей как их среднее

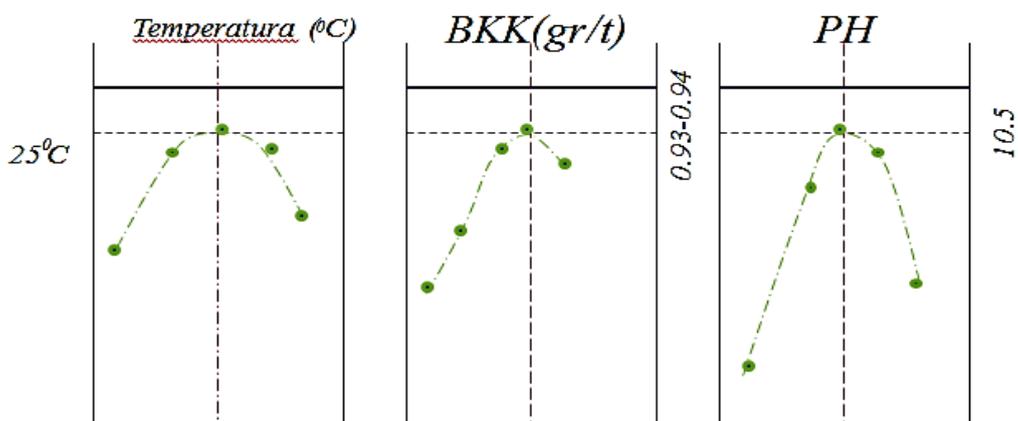
арифметическое в следующем симплексе по формуле для вновь введенного множителя:

$$X_{n+1} = X_{(n+1)0} + \frac{S_{n+1}}{4} \sqrt{1 + \frac{1}{(n+1)}}, \quad (6)$$

где  $X_{(n+1)0}$  – базовое значение нового фактора;  $S_{n+1}$  – интервал изменения нового фактора;  $n$  – количество ранее измененных факторов.



**Рис. 6. График зависимости значений техногенных отходов, полученных при обогащении, от температуры и реагентов**



**Рис. 7. Профиль прогнозируемых значений и ожидаемая диаграмма независимых переменных (скорость автолиза)**

В результате проведенных исследований установлено, что во всех экспериментах температура пульпы может оставаться постоянной и достигать хороших показателей при температуре 20-22°C.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора технических наук (DSc) на тему: «Научные основы комплексной переработки техногенных отходов, содержащих цветные и благородные металлы» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Минералогические исследования показали, что в материале хвостохранилища медно-обогатительной фабрики имеются около 40 различных минералов. Нерудная масса сложена, в основном, кварцем и в подчиненном количестве в ней находятся гидрослюда и примеси барита железосодержащих карбонатов (сидерит анкерит).

2. В концентратах установлены минералы золота и серебра: самородное золото (пробность 900-700), электрум (Au, Ag) и теллуриды серебра. По размерам частиц они относятся к мелкому классу и находятся преимущественно в свободном виде, а ростков мало.

3. Изучение хвостов Ангренской ЗИФ показывает, что среднее содержание золота в отобранных пробах 0,49 г/т, серебра – 6,4 г/т.

4. Установлено, что для определения состава техногенных отходов, образующихся при обогащении полезных ископаемых, можно использовать следующие виды анализа: микроструктурный, рентгенологический, дифференциальный тепловой, ИК-спектроскопия, электронный микроскоп и гранулометрический.

5. Расчетные потери после первичного обогащения свинцово-цинковых и медьсодержащих руд с отходами составили в среднем: свинца – 0,5%, цинка – 1,2% и меди – 0,14%. Проведены работы по обоснованию, разработке и испытанию технологической схемы переработки отходов обогатительной фабрики Хандизинского рудоуправления АО «Алмалыкский ГМК», позволивших привлечь к производству техногенные отходы.

6. Переработка техногенных отходов с производством продуктов, содержащих дополнительный металл, позволяет сократить площадь хвостохранилищ и тем самым уменьшить ущерб окружающей среде, наносимый сбросом пульпы в хвостохранилище.

7. Одним из важнейших факторов практического использования теоретических положений при обогащении руд и техногенных отходов методом флотации является взаимосвязь флотационных реагентов в растворе с различными факторами повышения эффективности их действия. Эффективность коллективного действия реагентов зависит от характера их взаимодействия с минералами и формы присутствия в пульпе.

8. Выход концентрата в результате разработанной технологической схемы флотации техногенных отходов АО «Алмалыкский ГМК» составляет 1,01%. При этом извлечение меди из исходных техногенных отходов в концентрат составляет 65%.

9. При сравнении результатов, можно сделать вывод, что при флотации пробы из новых отходов извлечение золота в концентрат увеличивается от 41,55 до 54,83%, а содержание золота в концентрате – от 12,15 до 14,88 г/т.

10. Основными этапами исследований по обогащению минерального сырья являются: отбор проб, просеивание, микроскопический, минералогический и др. анализы, подготовка пробы к обогащению, проведение минералогического, спектрального, химического, рационального

анализов, выбор методов обогащения на основе состава техногенных отходов и создание математической модели.

11. Как показали опыты флотации с новыми реагентами, «кеком-отходом» завода «Капролактам» ПС, можно заменить 20% от расхода бутилового ксантогената, что приведет к удешевлению процесса флотации в основную флотацию. Для извлечения благородных металлов из отвальных хвостов разработана схема, по которой получены флотоконцентраты, содержащие Au 12,52-18,92 г/т и Ag 128,2-140, 7г/т, при извлечении металлов Au 56,8-59,4% и Ag 51,1-51,25% (от исходных хвостов).

12. Установлено, что исходные хвосты АЗИФ могут успешно цианироваться при извлечении золота в раствор 78,05-83,82%, серебра – 79,37-82,19% без доизмельчения хвостов. Доизмельчая хвосты до крупности 75-85% кл. -0,074 мм можно повысить извлечение металлов до 75,51-87,80% Au и 81,03-84,13% Ag. Лежалые хвосты цианируются менее эффективно.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.22/30.12.2019.T.98.01 AT THE ALMALYK BRANCH OF THE  
NATIONAL RESEARCH TECHNOLOGICAL UNIVERSITY «MISIS»**

---

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

**BEKPULATOV JAVLON MUSTAFOKULIEVICH**

**SCIENTIFIC BASES OF COMPLEX PROCESSING  
OF TECHNOGENIC WASTE CONTAINING NON-  
FERROUS AND PRECIOUS METALS**

**05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry production.  
Heat treatment and pressure treatment of metals. Metallurgy of ferrous,  
non-ferrous and rare metals**

**DISSERTATION ABSTRACT  
of the Doctor of Technical Sciences (DSc)**

**The topic of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) is registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under No. B2024.4.DSc/T624.**

The dissertation has been carried out at the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

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

**Scientific supervisors:** **Khudoyarov Suleyman Rashidovich**  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**Official opponents:** **Ermatov Ziyadulla Dosmatovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Vohidov Baxriddin Raxmiddinovich**  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**Tolibov Behzod Ibrohim o'g'li**  
Doctor of Technical Sciences

**Leading organization:** **JSC «Uzbek Combine of technological metals»**

The defence of the dissertation will be held on December 25, 2024 at 9<sup>00</sup> hours at the meeting of the Scientific Council DSc.22/30.12.2019.T.98.01 at the Almalyk Branch of the National Research Technological University «MISIS». Address: 110101, Almalyk, Amir Temur St. 56. Conference Hall of the Almalyk Branch of the National Research Technological University «MISIS». Phone: (70) 614-22-57; e-mail: [info@misis.uz](mailto:info@misis.uz).

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Center of the Almalyk Branch of the National Research Technological University «MISIS» under No 24-34-D. Address: 110101, Almalyk, Amir Temur St. 56. Phone: (70) 614-22-57.

The abstract of the dissertation is distributed on December 12, 2024 y.  
(Protocol at the register No 24 dated December 12, 2024 y.).



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

  
**G.S. Nutfulloev**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

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

## INTRODUCTION

(abstract of the dissertation of Doctor of Technical Sciences (DSc))

**The aim of the study** is to develop scientific foundations for the production of gold and copper-containing concentrates from the composition of man-made waste from the Angren gold recovery plant, copper processing plant and processing plants of the Khandiz ore management of Almalyk MMC JSC.

**The research object** is man-made waste from the Angren gold recovery plant, the copper processing plant and the processing plants of the Khandiz ore management of Almalyk MMC JSC.

**The scientific novelty of the research:**

the parameters of the technological process have been developed, including a unique composition of reagents and processing modes, which made it possible to increase the degree of gold extraction from man-made waste by 15-20% compared with existing methods;

a technological scheme of flotation enrichment has been developed, adapted to the processing of copper-containing man-made waste, which makes it possible to effectively isolate copper-containing minerals even with a low metal content in the feedstock;

a mathematical model has been developed describing the kinetic and thermodynamic patterns of the transition of valuable components from man-made waste to concentrate, taking into account the complex mineral composition and the influence of technological parameters, which makes it possible to predict the efficiency of the enrichment process and optimize its conditions;

the production of copper concentrate with a content of 7-8% copper by flotation from man-made waste with a low copper content (0.1-0.12%) was achieved through the use of a local PS-1 reagent, which demonstrates its high selectivity and efficiency in the enrichment of complex waste, reducing the cost of imported reagents and increasing the environmental sustainability of the technology;

the technology of flotation enrichment of lead-zinc man-made waste has been developed and implemented, which makes it possible to obtain concentrates with a lead content of 10% and zinc of 15%, which confirms the effectiveness of the proposed technique in the conditions of processing secondary resources of complex mineral composition and opens up new opportunities for their industrial use;

the optimal technological parameters of the concentration table for the enrichment of gold-containing man-made waste have been established and experimentally justified, ensuring an increase in gold extraction by taking into account the specifics of the granulometric composition and the mineral form of gold in the waste;

The complex dependence of the efficiency of processing man-made waste containing gold, silver and copper on temperature, process time and reagent consumption is theoretically justified and experimentally confirmed, which allows

optimizing the processing parameters for maximum extraction of valuable components and minimizing losses.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific results obtained on the scientific justification of the methods of complex processing of man-made waste containing rare and non-ferrous metals:

optimal technological schemes for the transfer of man-made waste by flotation, gravity and cyanidation into concentrate, as well as the parameters of the concentration table, were introduced in the Angren Gold Recovery Plant of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC (reference of Almalyk Mining and Metallurgical Plant JSC "Metallurgical Plant" dated October 27, 2023 No. 63-618). As a result, a gravity concentrate containing gold and silver compounds was obtained;

the flotation scheme of enrichment using local reagents in the processing of copper, lead-zinc and gold-containing man-made waste was introduced at the Angren Gold Recovery Plant of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC (reference of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC dated October 27, 2023 No. 63-618). As a result, an economic efficiency of 20% has been achieved compared to enrichment in the traditional way;

the flotation technology for processing man-made waste from a copper smelter with a copper content of 0.1-0.12% was introduced at the Almalyk Mining and Metallurgical Combine Copper Processing Plant (reference of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC dated October 27, 2023 No. 63-618). As a result, a concentrate with a content of 7-8% copper compound was obtained;

flotation technology for the enrichment of lead-zinc man-made waste was introduced in the Khandiz mining department of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC (reference of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC No. 63-618 dated October 27, 2023). As a result, 10% zinc and 13% lead concentrates were obtained.

**The structure and content of the thesis.** The structure of the dissertation consists of an introduction, six chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 185 pages.

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

**I bo'lim (I часть, part I)**

1. Axmedov X., Bekpulatov J.M., Solijanova G.K., Sharipova N.Z. Studying of the material composition and development of the technology of processing of gold-containing sulfide samples of one of the Republic Uzbekistan // *Texnika fanlari va innovatsiyalar.* – Tashkent, 2019. – №2. – pp. 69-75 (05.00.00; №16).

2. Бекпулатов Ж.М., Ахмедов Х., Якубов М.М., Якубов Н.М., Холикулов Д.Б. Золотосодержащие руды месторождений Республики Узбекистан Кызылалма, Кочбулак и Аджибугут, проблемы их переработки // *Kompozitsion materiallar.* – Tashkent, 2020. – №3. – С. 270-274 (05.00.00; №13).

3. Ахмедов Х., Бекпулатов Ж.М., Махмарежабов Д.Б. Development of technology of enrichment of ore samples field cinesi // *International Jurnal of Academic and Applied Research.* – Tashkent, 2020. – №4. – С. 108-113.

4. Бекпулатов Ж.М., Ёкубов О.М., Ахмедов Х., Холикулов Д.Б. Очистка сточных вод горно-металлургической промышленности // *Горный вестник Узбекистана.* – Навои, 2020. – №4. – С. 60-63 (05.00.00; №7).

5. Бекпулатов Ж.М., Якубов М.М., Ахмедов Х., Садуллаев Б.С., Холикулов Д.Б., Мухаметджанова Ш.А. Разработка технологии кучного выщелачивания золотосодержащих руд месторождения Бижанкара // *Композиционные материалы.* – Ташкент, 2021. – №1. – С. 61-66 (05.00.00; №13).

6. Бекпулатов Ж.М., Ахмедов Х., Якубов М.М., Махмарежабов Д.Б., Садуллаев Б.С., Мухаметджанова Ш.А. Изучение обогащения вольфрамсодержащей руды по флотационной схеме // *Композиционные материалы.* – Ташкент, 2021. – №2. – С. 122-126 (05.00.00; №13).

7. Бекпулатов Ж.М., Якубов М.М., Ахмедов Х., Пардаев Ш.Ш., Холикулов Д.Б., Мухаметджанова Ш.А. Гравитационное обогащение руды месторождения Чинарсай // *Композиционные материалы.* – Ташкент, 2021. – №2. – С. 215-216 (05.00.00; №13).

8. Бекпулатов Ж.М., Якубов М.М., Ахмедов Х., Садуллаев Б.С., Холикулов Д.Б., Мухаметджанова Ш.А. Акустическая интенсификация процесса цианирования золото- и серебросодержащих руд // *Композиционные материалы.* – Ташкент, 2021. – №3. – С. 34-38 (05.00.00; №13).

9. Ахмедов Х., Якубов М.М., Холикулов Д.Б., Нурмухамедов И.С., Бекпулатов Ж.М., Садуллаев Б.С., Мухамеджанова Ш.А. Совершенствование процесса флотоклассификации сульфидных медных руд карьера Кальмакыр АО «Алмалыкский ГМК» в режиме пенной сепарации перед флотацией // *Композиционные материалы.* – Ташкент, 2021. – №3. – С. 111-113 (05.00.00; №13).

10. Бекпулатов Ж.М., Якубов М.М., Ахмедов Х., Садуллаев Б.,

Нормуродов А. Современные способы интенсификации цианирования золотосодержащих руд // Композиционные материалы. – Ташкент, 2022. – №1. – С. 97-99 (05.00.00; №13).

11. Ахмедов Х., Бекпулатов Ж.М., Якубов М.М., Асилов Ш.Н., Пардаев Ш.Ш. Исследование и разработка флотационной схемы обогащения руд месторождения Кокпатас // Композиционные материалы. – Ташкент, 2022. – №2. – С. 92-95 (05.00.00; №13).

12. Ахмедов Х.К., Бекпулатов Ж.М., Махмарежабов Д.Б., Юнусова Д.Х. Изучение взаимодействия некоторых водорастворимых полимеров с ионогенными поверхностно-активными веществами // «Central Asian journal of theoretical and applied sciences». – Volume 03, Issue: 06. Jun 2022 ISSN: 2660-531.

13. Якубов М.М., Бекпулатов Ж.М., Ахмедов Х., Мухаметджанова Ш.А., Джумаева Х.Ю. Исследование извлечения золота и серебра цианированием при доизмельчении хвостов из хвостохранилища Ангренской ЗИФ АО «Алмалыкский ГМК» // Композиционные материалы. – Ташкент, 2022. – №4. – С. 132-133 (05.00.00; №13).

14. Ахмедов Х., Бекпулатов Ж.М., Умарова И.К. Махмарежабов Д.Б. Исследование вещественного состава техногенных отходов Алмалыкского горно-металлургического комбината // Journal of Advanced Research and Stability. – Apr, 2023. – Vol. 02. ISSN-2181-2608. – pp. 333-336 (05.00.00; №13).

15. Xudoyarov S.R., Bekpulatov J.M. Изучение вещественного состава хвостов и результаты обогащения меднообогатительной фабрики Алмалыкского ГМК // European journal of interdisciplinary research and development». – July, 2023. ISSN-2720-5746. – Vol. 17. – pp. 8-11 (SJIF: 7,985).

16. Xudoyarov S.R., Bekpulatov J.M. Вещественный состав и разработка технологии переработки хвостов медно-обогатительной фабрики АО «Алмалыкский ГМК» // International journal of formal education. – Volume 3, Issue 10. – Oct., 2024. ISSN: 2720-6874.

17. Ахмедов Х., Бекпулатов Ж.М., Хатамов Г.А. Комплексная переработка техногенных отходов золотоизвлекательных фабрик методом флотации с использованием реагентов из отходов местных промышленных предприятий // Universum: технические науки. – Москва, 2024. – №1. – Т. 3. – С. 28-34 (02.00.00; №1).

## **II bo‘lim (II часть, part II)**

18. Ахмедов Х., Бекпулатов Ж.М., Маткаримов С.Т., Махмарежабов Д.Б. Способы очистки хвостов и сточных вод от цианидов и мышьяка // Science, research, development. – №26. – С. 227-232.

19. Умарова И.К., Бекпулатов Ж.М. Исследование особенностей вещественного состава золотосодержащих руд Ангренского рудного поля // Инженерные решения: Научный журнал. – Новосибирск, 2020. – №4(14). – С. 4-7.

20. Бекпулатов Ж.М., Ахмедов Х. Исследование и разработка флотационной схемы обогащения для руд месторождения Кокпатас // Science, research, development. – Берлин, 2020. – №25. – С. 62-65.

21. Бекпулатов Ж.М., Ахмедов Х., Абдураимов А., Хатамов Г. Изучение вещественного состава и разработка технологии переработки первичной пробы руды одного из месторождений Республики Узбекистан // International scientific and theoretical conference. – January-march, 2021. – Vol. 4.

22. Бекпулатов Ж.М., Ахмедов Х., Абдураимов А., Хатамов Г. Изучение вещественного состава и разработка технологии переработки первичной пробы руды одного из месторождений Республики Узбекистан // International scientific and theoretical conference. – January-march, 2021. – Vol. 4.

23. Bekpulatov J., Mishareva M., Salizhanova G., Aminzhanova S., Umirzoqov A., Xatamov G. // Technological research of gold-containing ore of the interfluvial section // AIP Conference Proceedings. Published Online. – 16 June 2022. ISSN-2720-5746. – pp. 1-8 (SJIF: 5,576).

24. Бекпулатов Ж., Джумаева Х.Ю., Ахмедов Х., Якубов М.М., Хатамов Г.А. Использование при обогащении руд флотацией эффективного местного флотореагента собирателя «ПС», полученного из техногенного сырья // Материалы Республиканской научно-технической конференции. – Ташкент, 14.09. 2022. – С. 159-160.

25. Bekpulatov J.M., Yakubov M.M., Ahmedov Kh., Mukhametjanova Sh.A. Material composition and development of technology for processing the tailings of the copper-concentrating plant of JSC»Almalyk MMC» The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2022 V. Bindhu et al. (eds.), Proceedings of fourth international conference on inventive material science applications, advances in sustainability science and technology, 2022. – pp. 179-186.



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

**Bosmaxona litsenziyasi:**



**9338**

Bichimi: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» garniturası.  
Raqamli bosma usulda bosildi.  
Shartli bosma tabog'i: 3,75. Adadi 100 dona. Buyurtma № 48/24.

Guvohnoma № 851684.  
«Tipograf» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.  
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko'chasi, 83-uy.