

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

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI**

SAIDAXMEDOV AKTAM ABDISAMIYEVICH

**MIS ERITISH SANOATI CHANG VA GAZLARI TARKIBIDAN RANGLI
VA NODIR METALLARNI AJRATIB OLISH TEXNOLOGIYASINI
ISHLAB CHIQISH VA TAKOMILLASHTIRISH**

04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish

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

Navoiy – 2025

Doktorlik dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата докторской диссертации

Content of the abstract of doctoral dissertation

Saidaxmedov Aktam Abdisamievich

Mis eritish sanoati chang va gazlari tarkibidan rangli va nodir metallarni
ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish va takomillashtirish 3

Саидахмедов Актам Абдисамиевич

Разработка и усовершенствование технологии извлечения цветных и
благородных металлов из пыли и газов медного производства 29

Saidakhmedov Aktam Abdisamievich

Development and improvement of technology for extracting non-ferrous
and noble metals from dust and gases of copper production 57

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works 61

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

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI**

SAIDAXMEDOV AKTAM ABDISAMIYEVICH

**MIS ERITISH SANOATI CHANG VA GAZLARI TARKIBIDAN RANGLI
VA NODIR METALLARNI AJRATIB OLIH TEXNOLOGIYASINI
ISHLAB CHIQISH VA TAKOMILLASHTIRISH**

04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish

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

Navoiy – 2025

Fan doktori (DSc) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.4.DSc/T846 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

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

| | |
|----------------------------|---|
| Ilmiy maslahatchi: | Xasanov Abdurashid Saliyevich texnika fanlari doktori, professor |
| Rasmiy opponentlar: | Ergashev Ulug‘bek Abdurasulovich texnika fanlari doktori, professor Shadrunova Irina Vladimirovna texnika fanlari doktori, professor Tastanov Yerbulat Adiyatovich texnika fanlari doktori, professor |
| Yetakchi tashkilot: | Milliy tadqiqotlar texnologik universiteti «MISIS»ning Olmaliq shahridagi filiali |

Dissertatsiya himoyasi Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti huzuridagi DSc. 17/04.06.2021.T.06.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil « 17 » 09 soat 14⁰⁰ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 210100, Navoiy shahri, G‘alaba shoh ko‘chasi, 76v-uy. Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti majlislar zali. Tel.: (79) 223-23-32; faks: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz. www.nsumt.uz).

Dissertatsiya bilan Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (220 raqam bilan ro‘yxatga olingan). Manzil: 210100, Navoiy shahri, G‘alaba shoh ko‘chasi, 76v-uy, Tel.: (79) 223-23-32; faks: (79) 223-49-66.

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil « 05 » 09 kuni tarqatildi.
(2025 yil « 05 » 09 dagi 24 raqamli reestr bayonnomasi)



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

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

A.U. Samadov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash oshidagi
Ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (fan doktori (DSc) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda foydali qazilmalar zaxiralarining kamayib borishi va jahon bozorida metallar narxlarining oshishi, murakkab kon-texnik va tabiiy-iqlim sharoitlarida foydali komponentlari kam miqdorda bo‘lgan konlarni o‘zlashtirish, shuningdek, texnogen kelib chiqishga ega mineral resurslarni qayta ishlashga jalb etish uchun qulay sharoit hisoblanadi. Shu bilan birga, oltin ajratib olish fabrikalari, mis eritish zavodlarining sanoat texnogen chiqindilari bo‘lgan texnogen materiallarni qayta ishlash – metallurgiya korxonalaridagi eritish jarayonida hosil bo‘lgan shlaklar, changlar hamda sulfat kislota sexlari shlamlari - rangli, qimmatbaho va nodir metallarni ajratib olishning samarali texnologiyalarini yaratishga butunlay yangicha yondashuvni talab qiladi hamda texnologik, tashkiliy va boshqa muammolarni hal etishni taqozo etadi. Mis eritish sanoatida, eritish va konverter pechlaridan chiqadigan chang-gaz aralashmasi tarkibida rangli va nodir metallar ko‘p miqdorda mavjudligi aniqlandi. So‘nggi yillarda ushbu texnogen xomashyo va materiallarni kompleks qayta ishlash iqtisodiy va atrof-muhitni muhofaza qilish nuqtai nazaridan katta ahamiyatga ega bo‘lib qolmoqda. Yaqin kelajakda, mazkur texnogen chiqindilardan rangli (Pb, Cu, Zn) va nodir (Au, Pt, Pd, Ag) metallarni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish, takomillashtirish va amaliyotga joriy etish alohida ahamiyat kasb etadi.

Bugungi kunda jahonda kon-metallurgiya sanoatida ko‘p yillar davomida to‘planib qolgan texnogen chiqindilarni qayta ishlash bo‘yicha faol ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Shu munosabat bilan, ishlab chiqarilayotgan mahsulotlar hajmini ko‘paytirish, rangli va qimmatbaho metallar ishlab chiqarishda tabiiy foydali qazilmalar o‘rnini bosuvchi texnogen chiqindilarni utilizatsiya qilish, texnogen chiqindilardan rangli va nodir metallarni ajratib olishning yangi texnologiyalarini ishlab chiqish, ushbu materiallardan metallarni ajratib olish darajasini oshirish uchun mavjud texnologiyalarni takomillashtirish masalalariga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ ishlab chiqarish korxonasi samaradorligini oshirish bo‘yicha ilg‘or ilmiy asoslangan chora-tadbirlarni joriy qilib, qator ilmiy-amaliy natijalarga erishilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarorida¹ O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasining to‘rtinchi yo‘nalishining to‘rtinchi bandida “...sanoatni sifat jihatidan yangi bosqichga ko‘tarish, mahalliy xomashyo manbalarini chuqur qayta ishlash, tayyor mahsulot ishlab chiqarishni jadallashtirish, yangi turdagi mahsulotlar va texnologiyalarni o‘zlashtirish...” — bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalardan kelib chiqqan holda, qayta ishlanayotgan texnogen xomashyolardan rangli va nodir metallarni to‘liq ajratib olishning yangi texnologiyalarini ishlab chiqish va takomillashtirishga qaratilgan tadqiqotlar katta ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

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

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi¹, 2021 yil 24 iyundagi PF-5159-son “Kon-metallurgiya sanoati va u bilan bog‘liq boshqa sohalarni rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Farmonlarida, shuningdek, 2020 yil 26 maydagi PQ-4731-son “Olmaliq KMK AJ konlari negizida rangli va qimmatbaho metallar ishlab chiqarishni kengaytirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Qarorida hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

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

Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy tadqiqotlar tahlili².

Sulfat kislotasi ishlab chiqarishning shlamlari va mayda changlarni qayta ishlab, ulardan qimmatbaho metallarni ajratib olishga yo‘naltirilgan ilmiy izlanishlar jahonning yetakchi ilmiy markazlari va oliy ta‘lim muassasalari, jumladan: Impala platinum limited (JAR), INCO - yirik nikel ishlab chiqaruvchi (Kanada), Pekin kon-metallurgiya instituti (Xitoy), Engelhard minerals and chemicals, Gemini, Mattie Bishop, Martin Metals Company (AQSh), Jonson Mattie Limited (Great Britain), Krassvetmet (Rossiya), Colorado school of mines (AQSh), el-Paso texnika universiteti (AQSh), University of Concepcion (Chili), Toronto universiteti (Kanada), Uxan fan va texnologiyalar universiteti (Xitoy), Augsburg universiteti (Germaniya), Koreya noyob metallar instituti (Janubiy Koreya), «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ, Milliy tadqiqotlar texnologik universiteti “MISiS” (Rossiya), Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti (O‘zbekiston), Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universitetida (O‘zbekiston) olib borilmoqda.

Olib borilayotgan tadqiqotlar natijasida ushbu turdagi texnogen chiqindilardan rangli va nodir metallarni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish va takomillashtirish bo‘yicha qator, jumladan, quyidagi ilmiy natijalar olingan: pirometallurgiya texnologiyalaridan foydalangan holda rangli metallarni ajratib olish texnologiyasi ishlab chiqilgan (Beyli Pratt - Sparrows Point kompaniyasi, AQSh va Estelle Huttenverke kompaniyasi, Germaniya); shlamlar, temir oksidi va qo‘rg‘oshin sulfat qo‘shimchalari bilan birgalikda sulfat-natriyli elektrli eritish usuli bilan changdan og‘ir rangli metallarni, shuningdek, nodir (kadmiy, osmiy va reniy) metallarni ajratib olish texnologiyasi yaratilgan ("Qozoqmis" MChJ korxonasi); gaz tozalash mahsulotlaridan selen, reniy va osmiyni ajratib olishning gidrometallurgik texnologiyasi yaratilgan (Kolskaya KMK, RF).

Dunyoda, metallurgiya sanoati chang-gaz mahsulotlari tarkibidan rangli va nodir metallarni ajratib olish texnologiyasini yaratish va takomillashtirish bo‘yicha

² <https://marketing.rbc.ru/landings/dragotsennye-metally/>, <https://ru.investing.com/equities/impala-platinum-holdings-ltd>, <https://www.mineral.ru/Analytics/worldevents>, <https://www.krastsvetmet.ru/>.

qator, jumladan, quyidagi ustuvor yoʻnalishlarda tadqiqotlar olib borilmoqda: ikkilamchi texnogen xomashyolardan rangli va nodir metallarni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish va takomillashtirishning uslubiy asoslarini yaratish; qimmatbaho metallarni kimyoviy boyitish va tanlab choʻktirishning maqbul texnologiyasini yaratish maqsadida ularning kimyoviy, mineralogik va granulometrik tarkibini batafsil tadqiq etish hamda qimmatbaho metallarni tanlab eritish va tanlab choʻktirish bilan ajratish, shuningdek, eritmalarni filtrlash uchun yuqori tezlik va samaradorlikni taʼminlaydigan qulay sharoitlar yaratish.

Muammoning oʻrganilganlik darajasi. Koʻp yillar davomida rangli va nodir metallarni mineral va texnogen xomashyolardan, jumladan mis eritish zavodlarining sulfat kislotasi ishlab chiqarish shlamlari va oʻta mayda konverter changidan ajratib olishni oʻrganish rivojiga xorijiy va mahalliy olimlar: Smirnov V.I., Raddl R., Morales A., Xudiyakov Yu.F., Naboychenko S.S., Bogachev L.M., Snurnikov A.P., Navtanovich M.L., Romazanova I.I., Belousova A.E., Masleniskiy I.N., Vanyukov A.V., Antipov N.I., Chen T., Meretukov M.A., Bistrov V.P., Mastuygin S.A., Strijko L.S., Shadrinova I.V., Sanakulov K.S., Yusupxodjaev A.A., Yakubov M.M., Xasanov A.S., Sharipov X.T. va boshqa olimlar salmoqli hissalarini qoʻshganlar.

Jahon amaliyotida mis eritish zavodlarida mayda changlar toʻgʻridan-toʻgʻri pirometallurgik jarayonlar orqali qayta ishlashga yoʻnaltirilgan texnologiyasi oʻzini yaxshi isbotladi. Ushbu texnologiya chang va shlam tarkibidagi qoʻrgʻosinni eritmaga oʻtkazilish jarayoni jadal tuzli muhitda olib boriladigan, shu bilan birga nodir metallarni, ayniqsa kumushni choʻkmada qoldirib, mahsuldor eritmalarni keyingi qayta ishlash tindirib choʻktirish, filtrlash hamda toblash va tiklab eritishni oʻz ichiga oladigan, hozirgi vaqtda qayta ishlanmayotgan, shuningdek, atrof-muhitning ifloslanishi bilan bogʻliq boʻlgan chang va shlamlarni ishlab chiqarishga jalb qilish imkonini beradi.

Shuning uchun mis ishlab chiqarish jarayonidagi chang-gaz oqimidan rangli va nodir metallarni ajratib olish texnologiyasini tadqiq qilish, ishlab chiqish va takomillashtirish, shuningdek, uni amaliyotga joriy etish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy taʼlim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bogʻliqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq amalga oshirilgan boʻlib: AL-492105235 – “Konsentratlar va boyitish qoldiqlarini koʻp bosqichli qayta ishlash orqali metallarni boyitishning yangi kombinatsiyalangan innovatsion usuli yordamida texnogen chiqindilardan qimmatbaho (platina, palladiy, rodiy, kumush, oltin) va nodir (litiy, germaniy) metallarni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish” (2022-2024 y.) va 414M – “Mis sanoati chang va gazlari chiqindilarini kompleks qayta ishlash asosida qoʻshimcha rangli metallar (mis, qoʻrgʻoshin, rux, oltin va kumush) olish texnologiyasini ishlab chiqish” (2022-2023 y.) mavzularidagi loyihalar doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi sulfat kislota ishlab chiqarishdan hosil bo'lgan qo'rg'oshin-vismutli shlamlar va konverterli qayta ishlash jarayonidagi elektrofiltrning mayin changidan rangli va nodir metallar miqdorini boyitishga qaratilgan texnologiyani ishlab chiqish va takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

mis eritish jarayonlarining chang-gaz mahsulotlarida rangli va nodir metallar konsentratsiyasining ortishini nazariy asoslash, sulfat kislota ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan qo'rg'oshin-vismutli shlaning va konverter mayin changlarining granulometrik va mineral tarkibini ilmiy tadqiq etish;

qo'rg'oshindan iborat bo'lgan chang va shlamdan uni ajratib olishga turli omillarning ta'sirini tadqiq qilish hamda uni tanlab eritishning maqbul ko'rsatkichlarini nazariy va kinetik qonuniyatlarini tadqiq qilish;

qo'rg'oshin xlorid eritmasidan uni cho'ktirish va filtrlash usullarini optimal rejim parametrlarini aniqlash kinetikasini tadqiq qilish;

bo'tanani quyultirish va tindirishning optimal rejim parametrlarini ilmiy asosini o'rgangan holda cho'kmani qaynoq filtrlash jarayonini va uning xossalarini ilmiy tadqiq etish;

sulfat kislota ishlab chiqarish shlami va MEZning mayin konverter changidan hosil qilingan qorishmadan qo'rg'oshinni natriy xlorid bilan tanlab eritish, mis, rux ajratib olish bilan birga uning tarkibidan nodir metallarni boyitishning kompleks texnologiyasini ishlab chiqish va joriy etish;

“Olmaliq KMK” AJ mis eritish zavodining sulfat kislota ishlab chiqarish shlami va mayin konverter changidan nodir (oltin, kumush, platina va palladiy) metallarga boyitilgan boyitma kek ajratib olishning takomillashtirilgan texnologiyasini yaratish hamda uskunalari zanjiri sxemasini ishlab chiqish.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida “Olmaliq KMK” AJ mis eritish zavodida sulfat kislota ishlab chiqarish jarayonida gazlarni suvli tozalashdan hosil bo'ladigan shlamlar hamda mis shteynini konverterlash vaqtida paydo bo'ladigan mayda chang olingan.

Tadqiqotning predmetini sulfat kislota ishlab chiqarish shlami va konverter mayin changidan qo'rg'oshinni tanlab eritish orqali ajratib, qoldiq kekda nodir metallarni cho'ktirish va filtrlash orqali boyitish texnologiyasini ishlab chiqish va takomillashtirish tashkil etgan.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishini bajarishda rangli va nodir metallarni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy-texnik ma'lumotlarning nazariy tahlili, analitik, atom-adsorbsion va fotokalorimetrik usullardan foydalangan holda nazariy tadqiqotlar; laboratoriya texnologik tajribalari va tajriba-sanoat sinovlari; pH-metriya, granulometrik tahlil, rentgen difraksion tahlil, probir, kimyoviy va fazaviy tahlil usullari, rentgen fazali tahlil, mass-spektral tahlil, skanerlovchi elektron mikroskopida (SEM) hamda laboratoriya sinovlari natijalarini qayta ishlashning matematik usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

sulfat kislota ishlab chiqarish qo'rg'oshin-vismutli shlami va konverter changining granulometrik va mineral tarkibi asosida ularning o'ta mayda 0,1-10

mkm o'ldamda ekanligi aniqlangan hamda misni eritish jarayonlarining chang-gazli mahsulotlarida rangli va qimmatbaho metallarning hosil bo'lishi va to'planishi nazariy jihatdan asoslangan;

qo'rg'oshin-vismutli shlam va konverter changini suvda yuvish va dekantatsiyalash jarayoni cho'kmasidan qo'rg'oshinni natriy xlorid bilan ikki bosqichli tanlab eritish orqali 91,9% qo'rg'oshinni eritmaga o'tkazish, shuningdek, 96,59% mis, 95,1% rux va 79,0% kumushni hamda oltin, platina va palladiyni to'liq kekka ajratib olish imkonini beruvchi boyitish texnologiyasining parametrlari ishlab chiqilgan;

tanlab eritish texnologik eritmasini quyultirish-tindirish va dekantatsiyalash orqali cho'kmani filtrlash jarayonida qo'rg'oshin xloridni ajratishga va filtrlash tezligini 3 barobar oshirishga imkon beruvchi maqbul parametrlar aniqlangan;

qo'rg'oshinni xlorid eritmasidan cho'ktirishda, pH 8,5-9 va 20 °C haroratda karbonatlash orqali 72% Pb tarkibli qo'rg'oshin karbonat kimyoviy boyitmasini olish imkonini beradigan maqbul parametrlar aniqlangan;

qo'rg'oshin-vismutli shlam va konverter changidan rangli va nodir metallarni boyitmaga kompleks ajratib olishning takomillashtirilgan texnologik sxemasi hamda apparatlar zanjiri sxemasi ishlab chiqilgan;

tarkibida nodir metallar bo'lgan tuzli tanlab eritishdan keyin olingan kekni eritish qonuniyatlari asoslangan va nodir metallarni shteyn fazasiga o'tkazish parametrlari aniqlangan, texnologik jarayon to'liq ishlab chiqilgan va takomillashtirilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

konverter changi va sulfat kislota ishlab chiqarishda hosil bo'lgan qo'rg'oshin-vismutli shlamning kimyoviy, granulometrik va mineral tarkibi ilk bor batafsil aniqlangan;

tavsiya etilgan texnologiya "Olmaliq KMK" AJ bosh muhandisining 13.04.2024 yilda tasdiqlangan 01-FMSh/24-04-01701-sonli farmoyishiga asosan, 13.04.2024 yildan 30.10.2024 yilgacha bo'lgan davrda rangli va nodir metallarni boyitib ajratib olish maqsadida MEZning qo'rg'oshin-vismutli shlami hamda konverter changini qayta ishlash dasturi bo'yicha ishlab chiqilgan;

sulfat kislota ishlab chiqarish shlami va konverter mayin changini natriy xlorid bilan tanlab eritishda kumushning eritmaga o'tish sabablari aniqlangan va kumushning xlorli eritma bilan yo'qotilishini minimallashtirishning rejim parametrlari ishlab chiqilgan;

"Olmaliq KMK" AJ MEZning sulfat kislota ishlab chiqarish shlami va konverter changidan rangli va nodir metallarni boyitib ajratib olishning yangi texnologik sxemasi ishlab chiqilgan, uni ishlab chiqarishga joriy etish natijasida tarkibida 99,9% qo'rg'oshin bo'lgan metall qo'rg'oshin va tarkibida nodir metallar saqlagan boyitma kek olingan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi quyidagilar bilan tasdiqlanadi: laboratoriya va tajriba-sanoat sinovlari natijalarining yetarli va statistik jihatdan asoslangan hajmi, ishlab chiqilgan tuzli tanlab eritish, quyultirish, tindirish, filtrlash va tanlab cho'ktirish rejimlarini qo'llash natijasida

qimmatbaho komponentlarni boyitib ajratib olishni oshirish bo'yicha ishning asosiy g'oyasini miqdoriy jihatdan tasdiqlash, olinadigan boyitma va metalning tozalik darajasini oshirishni tasdiqlovchi ijobiy natijalar, shuningdek, tajriba-sanoat sinovlarining ijobiy dalolatnomalari bilan isbotlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati qo'rg'oshin-vismutli shlam va konverter mayin changidan rangli va nodir metallarni ajratib olishga ta'sir etuvchi omillarning aniqlanganligi, boyitish va qayta ishlashning yangi ekologik va iqtisodiy samarador texnologik sxemasini qo'llashning maqsadga muvofiqligi nazariy jihatdan asoslanganligi va boyitish sxemasida ishtirok etuvchi jarayonlarning optimal rejim parametrlarini aniqlanganligi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati qo'rg'oshin-vismutli shlam va mayin changidan iborat qorishmani qayta ishlashning takomillashtirilgan texnologiyasi ishlab chiqilganligi, bunda tarkibida Pb - 99,9% va ajralishi 80,04% bo'lgan metall qo'rg'oshin olish hamda yuqori rentabellikka ega bo'lgan, tiklovchi eritishga yo'naltiriladigan tarkibida nodir metallar (g/t: 22,6 Au, 416,1 Ag, 29,3 Pt, 16,0 Pd) bo'lgan boyitma kek olishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Mis ishlab chiqarish chang-gaz mahsulotlaridan rangli va nodir metallarni ajratib olishning takomillashtirilgan texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Sulfat kislota ishlab chiqarish sexi qo'rg'oshin-vismutli shlami (80%) va konverter mayin changi (20%)dan rangli va nodir metallarni kompleks ajratib olishning texnologik sxemasi "Olmaliq KMK" AJ mis eritish zavodida amaliyotga joriy etilgan ("Olmaliq KMK" AJning 2024 yil 16 avgustdagi 08-24/01-01084-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, uzoq yillardan buyon yig'ilib turgan texnogen chiqindilar tarkibidagi nodir metallarni boyitmaga ajratib olish imkonini bergan;

sulfat kislota ishlab chiqarish sexi qo'rg'oshin-vismutli shlami va konverter mayin changini ikki bosqichda texnik tuz qo'shgan holda tuzli tanlab eritish va eritmani quyultirish-tindirish, dekantatsiyalash hamda qoldiqni qaynoq filtrlash texnologiyasi "Olmaliq KMK" AJ mis eritish zavodida amaliyotga joriy etilgan ("Olmaliq KMK" AJning 2024 yil 16 avgustdagi №08-24/01-01084-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, qo'rg'oshinning 92%i eritmaga o'tkazilgan va tarkibida (g/t): 16 Pd; 29,3 Pt; 22,6 Au; 416,1 Ag; va (%): 3,88 Cu; 2,6 Zn bo'lgan boyitma kek olishga va filtrlash tezligini 3 marta oshirish imkonini bergan;

Tuzli tanlab eritishdan so'ng hosil bo'lgan qo'rg'oshin xlorid eritmasini karbonatlab cho'ktirishning maqbul parametrlari "Olmaliq KMK" AJ mis eritish zavodida amaliyotga joriy qilingan ("Olmaliq KMK" AJning 2024 yil 16 avgustdagi 08-24/01-01084-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, eritmadan pH=8,5-9,0 bo'lguncha Na₂CO₃ qo'shgan holda qo'rg'oshinni karbonat holda cho'ktirib, filtrlash orqali tarkibida 70% dan ortiq qo'rg'oshin bo'lgan kimyoviy boyitma olishga va olingan qo'rg'oshin karbonatini tiklab eritish orqali 99,9% tozalikdagi qo'rg'oshin metalini olish imkonini bergan;

Sulfat kislota ishlab chiqarish sexi qo'rg'oshin-vismutli shlami va konverter mayin changini tuzli tanlab eritishdan olingan boyitma kekni yallig' qaytaruvchi

pechda eritishning texnologik sxemasi “Olmaliq KMK” AJ mis eritish zavodida ishlab chiqarishga joriy etilgan («Olmaliq KMK» AJning 2024 yil 16 avgustdagi №08-24/01-01084-sonli ma’lumotnomasi). Natijada, boyitma kek tarkibidagi qimmatbaho metallarning, jumladan, (%ini): 96 Au; 95 Ag; 90 Pd; 86 Pt, 94 Zn va 97 Cu shteynga ajralish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 4 ta xalqaro va 6 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e’lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 28 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, 1 ta foydali modelga patent, 2 ta monografiya, O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 10 ta maqola nashr etilgan, jumladan, 7 ta respublika va 3 ta xorijiy jurnallarda.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiyaning tarkibi kirish, beshta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati hamda ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 200 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida olib borilgan tadqiqotning dolzarbligi va unga bo‘lgan talab asoslangan, muammoning o‘rganilganlik darajasi bayon etilgan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, ob’ekti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalarini rivojlantirishning muhim yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan hamda tadqiqotning ilmiy yangiligi, natijalarning ishonchliligi, nazariy va amaliy ahamiyati, natijalarning amaliyotga joriy etilishi, e’lon qilinganligi, dissertatsiya ishining tuzilishi to‘g‘risidagi ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning “**Mis sanoati chiqindi gaz va changlaridan nodir va rangli metallarni ajratib olish nazariyasi va amaliyotining hozirgi holati**” deb nomlangan birinchi bobida tegishli adabiyotlar tahlili amalga oshirilgan va ular asosida mis sanoati chiqindilari, oraliq mahsulotlari, xususan eritish pechlarining chang va gazlarini kompleks qayta ishlash va foydalanishga tiklashning hozirgi holati va uni rivojlantirish yo‘nalishlari tahlil qilingan.

Bugungi kunda ilmiy-texnik taraqqiyotning jadal rivojlanishi tabiiy resurslarning iste’molini keskin ortishi va parallel ravishda ishlab chiqarish chiqindilarining miqdorini o‘sib borishi bilan birga kechmoqda, bunda oqilona foydalanish muammosi sanoat ishlab chiqarishi samaradorligi bilan, atrof-muhit muhofazasi bilan va chiqindilarni foydalanishga tiklash sohasidagi yangi ishlanmalar bilan uzviy ravishda bog‘liqdir.

Xorijda mis eritish zavodlarida eritish bo‘linmasidan chiqadigan mayin chang va sulfat kislota sexi shlamlarini chiqindi omborlariga chiqarish yoki amaldagi metallurgik korxonalarda samarasiz foydalanishga yo‘naltirilgan, bularning asosiy kamchiliklari chang-gaz otqinlari va ular bilan bog‘liq bo‘lgan qimmatbaho elementlarning yo‘qotilishi hisoblanadi. Konverter changini qayta ishlashning asosiy usuli pirometallurgik jarayonlar hisoblanib, ulardan olinadigan mahsulotlar sifati past bo‘lib, gazlardan tozalash va zararsizlantirish lozimdir. Pirometallurgik

agregatlarda texnogen chiqindilarni qayta ishlashda olinadigan mahsulotlar ko'p hollarda qo'shimcha tarzda oxirigacha qayta ishlashni talab qiladi, bu pirometallurgik sxemalar samaradorligini ancha pasaytiradi.

Shuningdek, respublikamizdagi metallurgik zavodlarda mis eritish jarayonida hosil bo'ladigan mayin chang hamda sulfat kislotasi sexi shlamlari qayta ishlashga jalb qilinmagan, bugungi kunda ular to'planib, chiqindixonalar va chiqindi omborlari ancha yer maydonlarini ajratishni talab qilmoqda hamda yondosh hududlarda ekologik vaziyatni izdan chiqishiga olib kelmoqda. Shuning uchun mis eritish amaliyotida konverter changi va sulfat kislotasi ishlab chiqarish sexi shlamlaridan rangli va nodir metallarni ajratib olish uchun boyitishning natriy xloridli tanlab eritmaga o'tkazish, quyultirish-tindirish, filtrlash va karbonatlashni o'zida birlashtirgan takomillashtirilgan texnologiyasini ishlab chiqish asosida tadqiqotning maqsad va vazifalari belgilangan.

Dissertatsiyaning **“Tadqiqot ob'ektlari va usullari”** deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot ob'ektlaridagi chang va shlamning fizik-kimyoviy xossalari, moddiy va mineral tarkibi hamda tadqiqot usullari o'rganilgan. Shuningdek, konverter mayin changi va qo'rg'oshin-vismutli shlam tarkibidan rangli va nodir metallarni boyitib ajratib olish jarayonlarida tanlab eritmaga o'tkazish, bo'tanadagi mayda dispers zarrachalarni quyultirish-tindirish va qaynoq holda filtrlashning tadqiqot usullari ishlab chiqilgan.

Ushbu bobda dissertatsiya ishining uslubiy qismini, shu jumladan tadqiqot ob'ektlarining xossalari o'rganish usullari taqdim etilgan. Tadqiqot uchun laboratoriya tajribalari, tajriba-sanoat sinovlari, granulometrik tahlil, elektron mikroskopiya, probirli tahlil, tahlilning kimyoviy va fazaviy usullari, rentgen fazali tahlil, fotometrik tahlillari o'tkazilgan. Kimyoviy tahlil natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

Tadqiqotlar natijasida chang va qo'rg'oshin-vismutli shlamning quyidagi xususiyatlari aniqlandi: Konverter mayin changi zichligi $1,37 \text{ t/m}^3$, zarralari yirikligi 1-45 mkm (82%-i 1,5-30 mkm) bo'lgan oq va och-kulrang mayindispers harakatchan kukundan iborat. Shlamning o'rtacha namligi 9-11%, mavsumiy tebranishlarda 5 dan 15% gacha; dastlabki yirikligi 0,2 dan 20 mikrongacha (shlam zarrachalarining 95% ning o'lchami 0,3 – 12 mkm oralig'iga to'g'ri keladi). Oqova suvining to'planishi va havoda qurishi jarayonida shlam 1 mm dan 250 mm gacha bo'lgan o'lchamdagi alohida agregatlar hosil qiladi, fraksiyalarning o'lchamlari nazoratsiz va oldindan aytib bo'lmaydi; tarkibidagi asosiy material – sovutilgan gazlarda sublimatlar shaklida mayin disperslangan PbSO_4 dir. Shlamning tabiiy holatdagi zichligi $1,9 \text{ g/sm}^3$, zichlashganda esa $2,1 \text{ g/sm}^3$, maydonda yig'ilgan shlamning dastlabki pH qiymati 1,5-2,1, ya'ni, kislotali muhit.

1-jadvaldagi ma'lumotlardan ko'rinadiki, dastlabki mahsulot tarkibida qiymat miqdoriga ko'ra eng ko'p uchragan komponent qo'rg'oshin bo'lib, uning ulushi changda 32,6%, shlamda esa 45,0% ni tashkil etadi. Undan tashqari ruxning miqdori changda 7,7% ni, oltingugurt esa changda 13,15% va shlamda 9,79% ni tashkil qiladi. Gipsning miqdori shlamda 7,7% gacha.

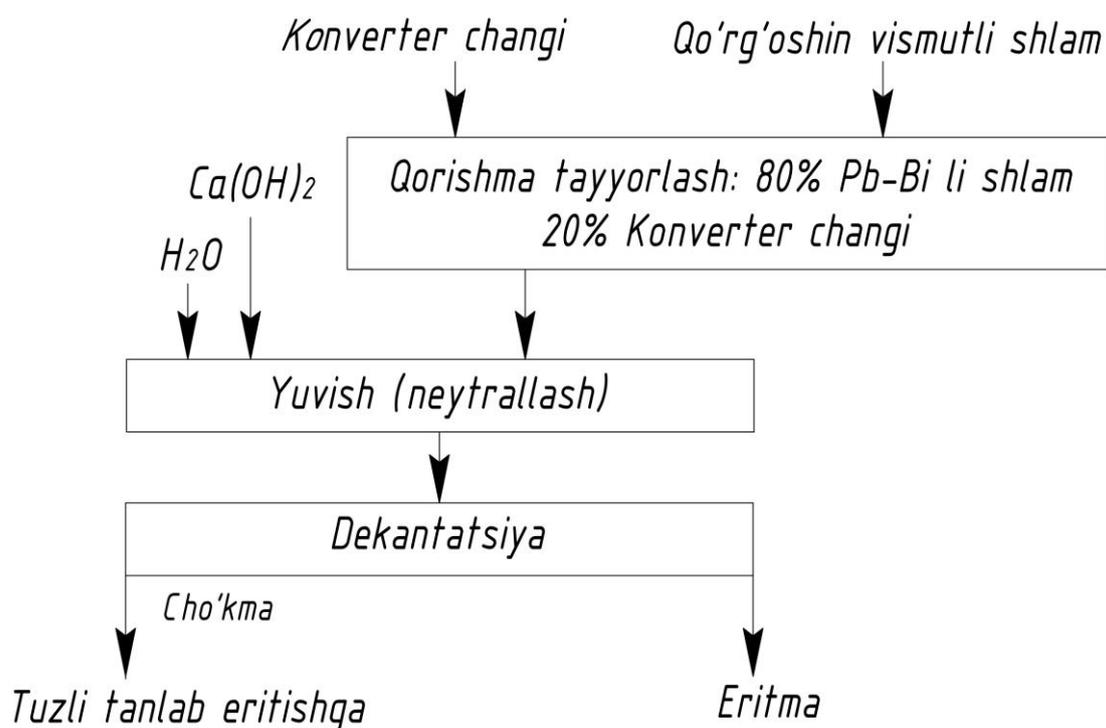
Konverter changi va qo'rg'oshin-vismutli shlamning kimyoviy tarkibi

| Element, modda | Na'muna nomi va komponent miqdori, % | |
|------------------|--|----------------------------|
| | Konverter changi | Qo'rg'oshin-vismutli shlam |
| Pb | 32,6 | 45,0 |
| Cu | 2,0 | 2,6 |
| Zn | 7,7 | 0,2 |
| Fe | 0,46 | 2,57 |
| Bi | 0,19 | 0,33 |
| SiO ₂ | 0,65 | 4,25 |
| S _{um} | 13,15 | 9,79 |
| S _{SO4} | 8,56 | 8,32 |
| CaO | 0,91 | 2,84 |
| MgO | 0,06 | 0,33 |
| Gips | - | 7,7 |
| Element, modda | Na'muna nomi va komponent miqdori, g/t | |
| Au | 4,0 | 16,0 |
| Ag | 180,0 | 350,0 |
| Pd | - | 12,0 |
| Pt | - | 22,0 |

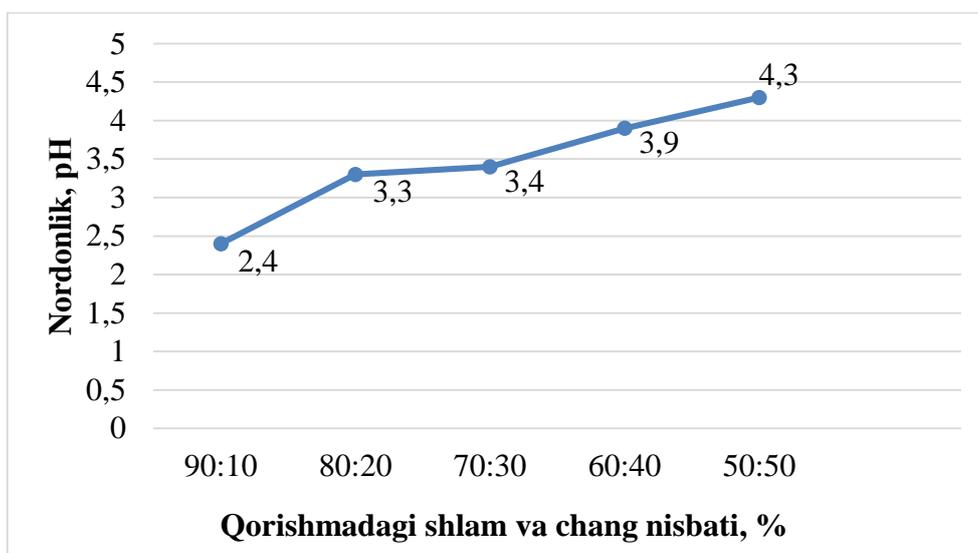
Qimmatbaho komponentlardan chang va shlam tarkibida, mos holda: Cu – 2,0 va 2,6%, Bi – 0,19 va 0,33%, Au – 4,0 va 16,0 g/t, Ag – 180,0 va 350,0 g/t kabi ko'plab qimmatbaho metallarni ko'rish mumkin. Bundan tashqari Pd va Pt ning shlam tarkibidagi miqdori 12 va 22 g/t ni tashkil qiladi.

Dissertatsiyaning **“Mis eritish jarayonidan ajralgan changlar va sulfat kislota sexi shlamlarini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish va takomillashtirishning ilmiy asoslari”** deb nomlangan uchinchi bobida chang va shlamni qayta ishlash uchun ularning qorishmasini maqbul nisbatini o'rnatish, qorishma tarkibidagi qo'rg'oshinni eritmaga o'tkazish orqali kekda nodir metallarning miqdorini oshirish va eritmaga o'tkazilgan qo'rg'oshinni cho'ktirib ajratib olish borasida o'tkazilgan tadqiqotlar natijalari keltirilgan.

Qo'rg'oshin-vismutli shlam uzoq vaqtlardan buyon sulfat kislotasiga to'yinib, shimilib yotganligi sababli uning pH muhiti o'ta nordon (pH=1,5-2) holatga kelib qolganligi tufayli tanlab eritish jarayonida eritish reaktorlari va boshqa texnologik uskunalarda ishchi qismlariga salbiy ta'sir ko'rsatib, ularni yemirilishiga olib keldi. Shu sababli mis shteynini konverterlash jarayonida chiqadigan gazlarni elektr filtrlarda tozalashdan hosil bo'lgan mayin chang bilan qo'rg'oshin-vismutli shlamni aralashtirib, qorishma (shixta) hosil qilish natijasida qayta ishlanadigan mahsulotning pH muhitini ko'tarish bilan bir vaqtning o'zida changni ham qayta ishlashga yo'naltirish masalasiga e'tibor qaratildi. Qo'rg'oshin-vismutli shlam va konverter o'ta mayda changini qayta ishlash uchun aralashtirib, qorishma tayyorlash sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Qo'rg'oshin-vismutli shlam va konverter o'ta mayda changini qayta ishlash uchun aralashtirib, qorishma tayyorlash sxemasi



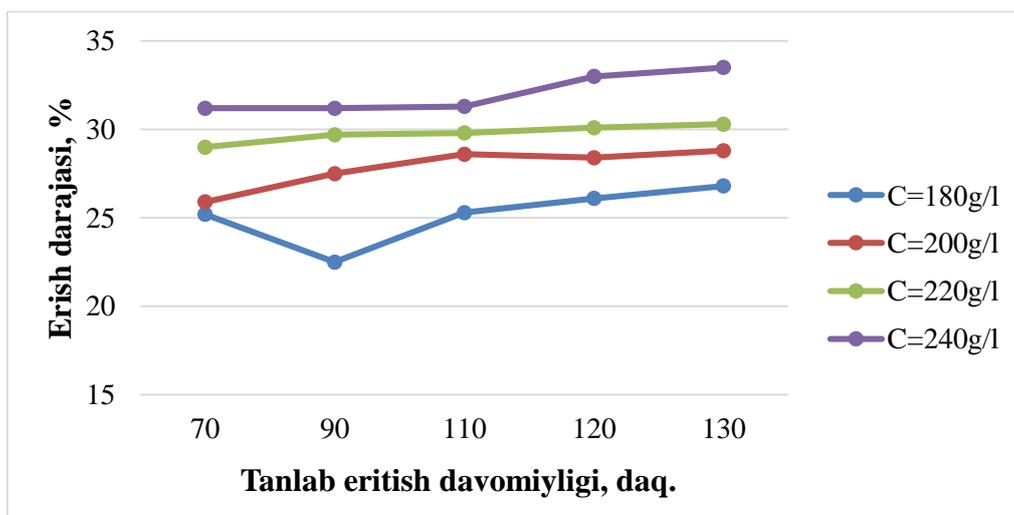
2-rasm. Qo'rg'oshin-vismutli shlam va chang qorishmasining pH muhitini shlam va chang miqdorlari nisbatiga bog'liqligi

2-rasmdan ko'rinadiki, qorishmadagi changning ulushini ortishi bilan qorishmaning nordonligi kuchsizlanadi, ammo qorishmadagi qo'rg'oshin-vismutli shlam va changning nisbati 1:1 bo'lganda ham uning nordonligi pH=4,3 dan ko'tarilmaydi. Shuning uchun muhitning nordonligini 6-6,5 ga yetkazish uchun yuvish jarayoni o'tkazildi.

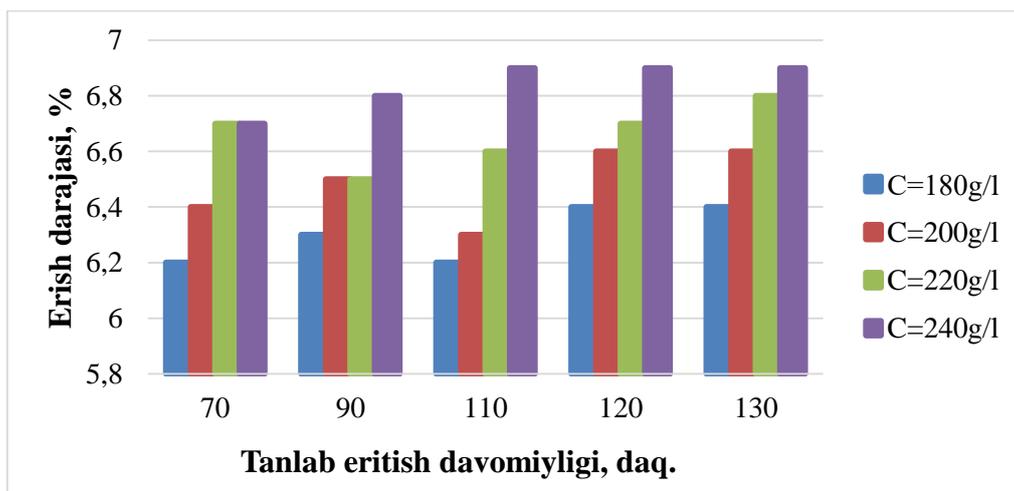
Yuvish jarayoniga ohak qo'shildi, 20 daqiqa aralashtirilib, tindirildi va nordon eritma dekantatsiya qilinib, cho'kma tuzli tanlab eritishga yuborildi. Shuni e'tiborga

olish kerak-ki, chang tarkibida ruxning miqdori qo'rg'oshin-vismutli shlamdagiga nisbatan 35-40 barobar ko'p va mis hamda ruxning asosiy qismi sulfat ko'rinishidadir. Yuvish jarayonida chang tarkibidagi mis va ruxning eritmaga o'tib, yo'qotilishini oldini olish maqsadida qo'rg'oshin-vismutli shlamga nisbatan qorishmadagi changning miqdorini 80:20 % nisbatda olish eng maqbul yechim ekanligi o'rnatildi.

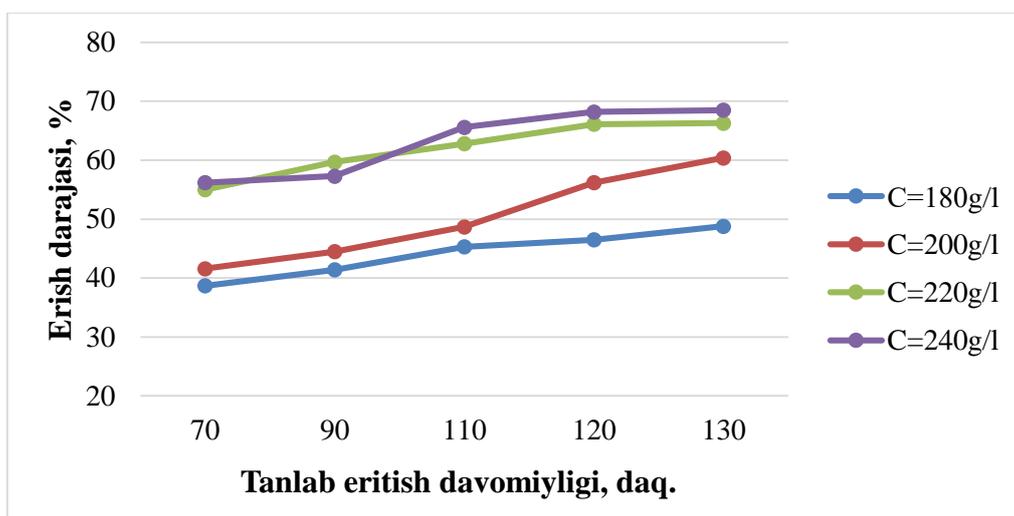
Cho'kmadagi qo'rg'oshinni eritmaga o'tishining optimal ko'rsatkichlarini aniqlash uchun natriy xlorid eritmasini turli xil konsentratsiyalarida tajribalar o'tkazildi. Natriy xlorid konsentratsiyasini mos ravishda 180 g/l dan - 260 g/l gacha o'zgartirgan holda 80-95 °C haroratda 70-130 daqiqa davomida tadqiqotlar o'tkazildi.



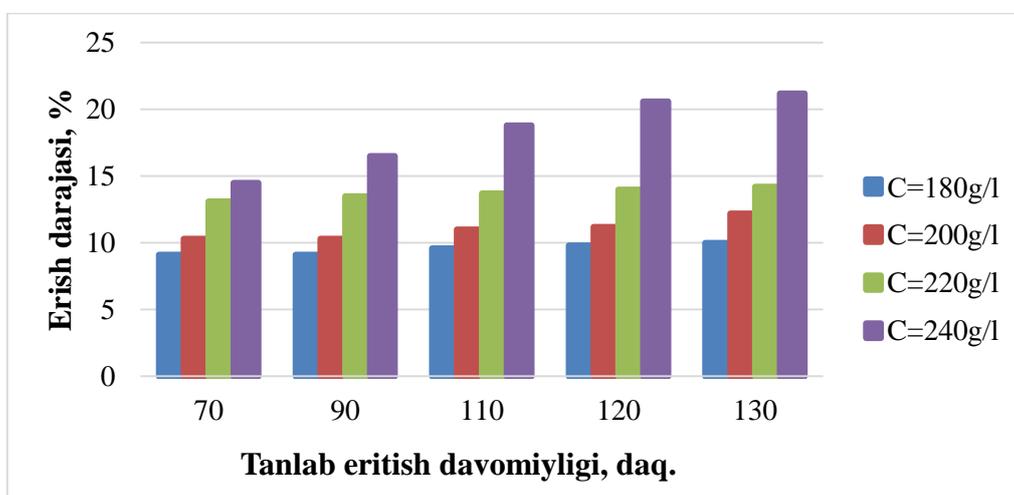
3-rasm. 80°C haroratda qo'rg'oshinni eritmaga ajralishini natriy xloridining konsentratsiyasi va eritish vaqtiga bog'liqligi



4-rasm. 80°C haroratda kumushni eritmaga ajralishini natriy xloridining konsentratsiyasi va eritish vaqtiga bog'liqligi



5-rasm. 90°C haroratda qo‘rg‘oshinni eritmaga ajralishini natriy xloridining konsentratsiyasi va eritish vaqtiga bog‘liqligi

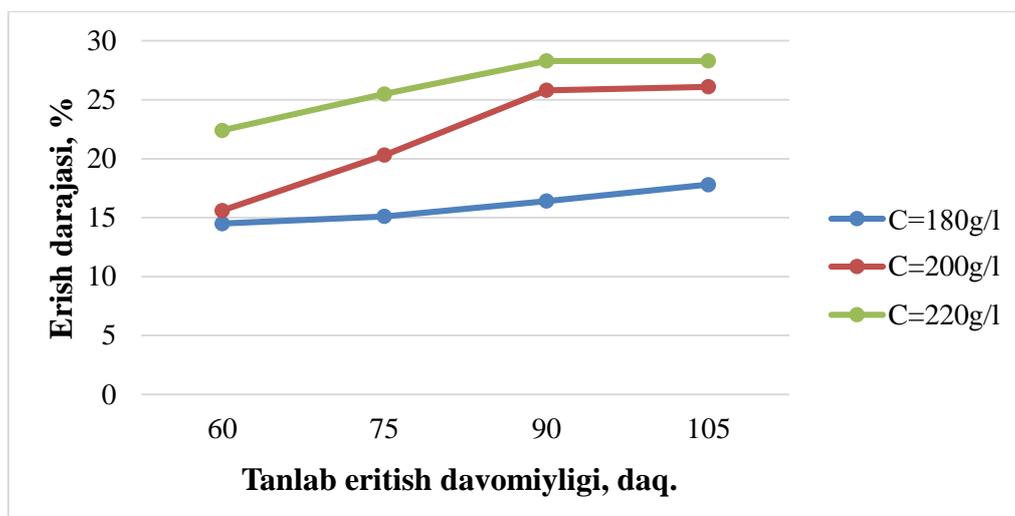


6-rasm. 90°C haroratda kumushni eritmaga ajralishini natriy xloridining konsentratsiyasi va eritish vaqtiga bog‘liqligi

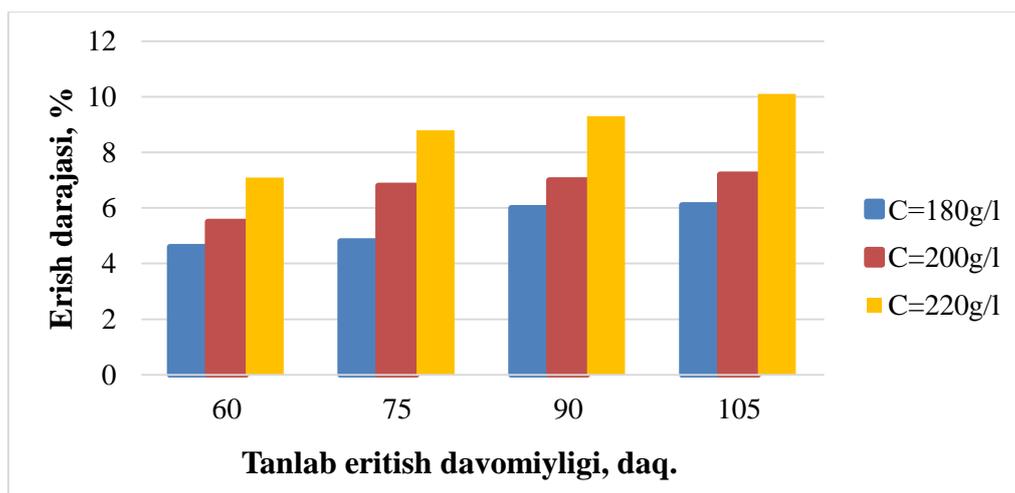
5- va 6-rasmlarda keltirilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, bir bosqichli natriy xloridli tanlab eritish natijasida dastlabki qorishma tarkibidagi qo‘rg‘oshinning 70% gacha miqdori eritmaga o‘tadi. Shuni ham e‘tiborga olish kerakki, eritmaga kumushning ham bir qismi ajraldi. Vaholangki, adabiyotlarda kumushning natriy xloridida eritmaga o‘tmasligi ta’kidlangan. Harorat 90-95°C dan ko‘tarilishi mahsulot tarkibidagi kumushning eritmaga ko‘p miqdorda o‘tib ketishiga olib keldi. Bundan tashqari eritmada natriy xlorning konsentratsiyasining ortishi kumushning erishini jadallashtirishi kuzatildi. Shuning uchun qo‘rg‘oshinni kekdan eritmaga ajralishini oshirish maqsadida ikkinchi bosqich natriy xloridli tanlab eritish jarayoni 80-95°C haroratda natriy xloridning 180-220 g/l konsentratsiyasida Q:S = 1:4 nisbatda 60-105 daqiqada davomida amalga oshirildi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, tanlab eritish jarayonida haroratning 92°C dan oshishi va NaCl konsentratsiyasi 220 g/t dan ortishi eritmaga nafaqat qo‘rg‘oshinning, balki kumushning ham ajralishini jadallashtirib yuboradi. Shuning

uchun jarayon davomida harorat 90-92°C dan, NaCl konsentratsiyasi 200 g/t dan oshirilmagan holda ushlendi.



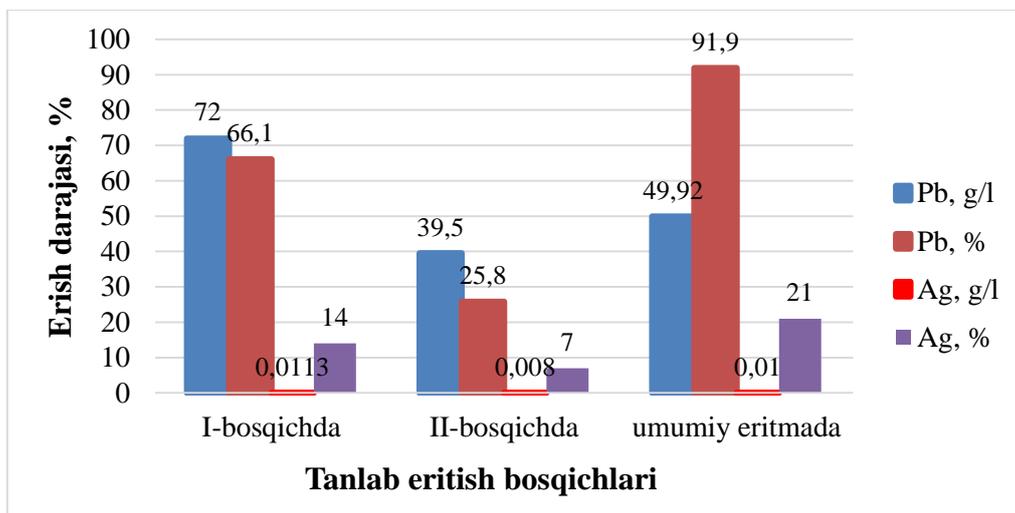
7-rasm. Ikkinchi bosqich tanlab eritish eritmasiga 90°C haroratda qo'rg'oshinni ajralishini NaCl konsentratsiyasi va vaqtiga bog'liqligi



8-rasm. 90°C haroratda kumushni eritmaga ajralishini natriy xloridining konsentratsiyasi va eritish vaqtiga bog'liqligi

Olib borilgan laboratoriya tadqiqotlari natijalaridan ma'lum bo'ldiki, bir bosqichli tanlab eritishda qo'rg'oshin eritmaga to'liq ajralmaydi (66-68%) (5-rasm), birinchi bosqich tanlab eritishdan so'ng filtrlash kekini 90 daqiqa davomida 200 g/l konsentratsiyali natriy xlorid eritmasida ikkinchi bosqichda tanlab eritishdan so'ng 91,9% qo'rg'oshin eritmaga o'tdi (9-rasm).

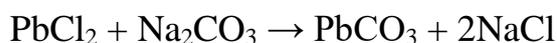
Shuni e'tiborga olgan holda konverter changi va qo'rg'oshin-vismutli shlamdan tayyorlangan qorishma tarkibidan qo'rg'oshinni natriy xloridli tanlab eritishning maqbul parametrlari quyidagicha o'rnatildi: harorat – 90-92°C, tanlab eritish davomiyligi 1-bosqichda 120 daqiqa, 2-bosqichda 90 daqiqa, NaCl konsentratsiyasi 1-bosqichda 220 g/l, 2-bosqichda 200 g/l.



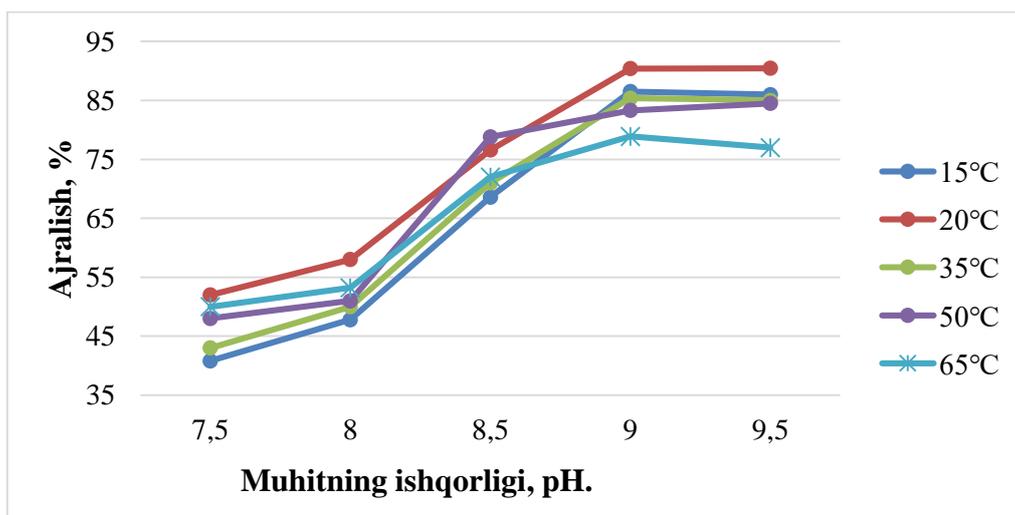
9-rasm. 90°C haroratda NaCl ning 220 g/l konsentratsiyasida ikki bosqichda tanlab eritishdan so‘ng eritmaga Pb va Ag ning ajralishi

Quyultirish-tindirish va filtrlash jarayonlari davomida bo‘tananing harorati 90-92°C dan pasaymasligi zarur, aks holda qo‘rg‘oshin xloridining jadallik bilan kristallanib cho‘kmaga tushishi kuzatiladi.

Qo‘rg‘oshin xloridli eritmadan qo‘rg‘oshinni karbonatlab cho‘ktirish bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlarda eritmaning pH muhiti, harorat va natriy karbonatining miqdorini jarayonning borishiga ta‘siri o‘rganildi. Natriy karbonati qo‘rg‘oshin xloridining suvli eritmasiga qo‘shilganda karbonizatsiya quyidagi reaksiyaga ko‘ra boradi:

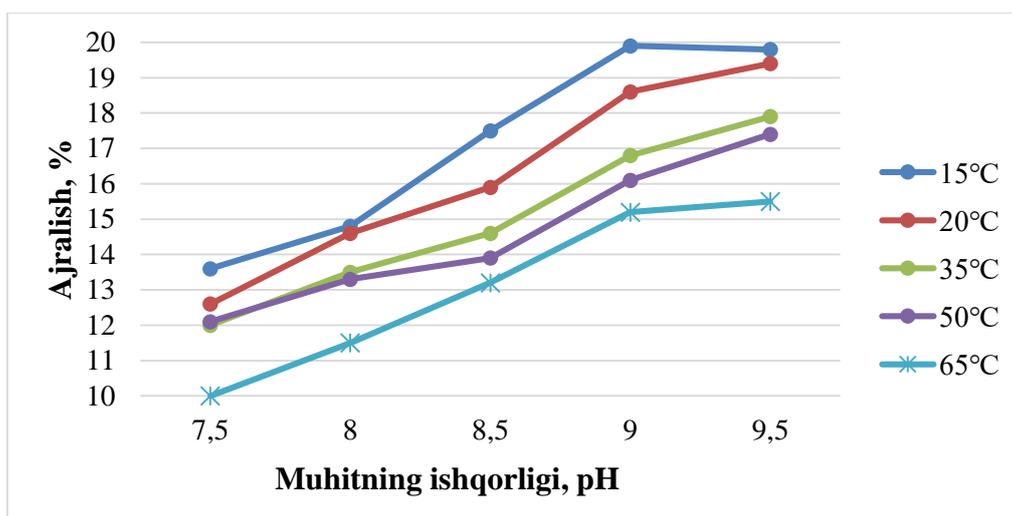


Tadqiqotlar 15-65°C haroratlarda, texnik kaustik sodaning 170 g/l miqdoridagi soda eritmasi qo‘shish bilan olib borildi. Tajriba natijalari 10 va 11-rasmlarda keltirilgan.



10-rasm. Karbonatlab cho‘ktirishda qo‘rg‘oshinni kek tarkibiga ajralishini pH va haroratga bog‘liqligi

Tadqiqot natijalaridan ko‘rinadiki, karbonatlash jarayonida eritma haroratining ko‘tarilishi bilan qo‘rg‘oshinning cho‘kmaga tushishi tezlashdi.



11-rasm. Karbonatlab cho'ktirishda kumushni kek tarkibiga ajralishini pH va haroratga bog'liqligi

Harorat 20°C gacha ko'tarilguncha ham qo'rg'oshinning, ham kumushning cho'kmaga ajralishi ortib bordi va keyinchalik haroratning ko'tarilishi ajralishga salbiy ta'sir qilib boshlaydi.

Natriy karbonat va qo'rg'oshin xloridining eritmadagi konsentratsiyasi ularning reaksiyaga kirishish ehtimoliga va reaksiya tezligiga ta'sir qiladi, konsentratsiya yuqori bo'lganda reaksiya tezroq kechadi va qo'rg'oshin karbonatining ($PbCO_3$) hosil bo'lishi samaraliroq bo'ladi. Agar reaksiya vaqti juda uzoq bo'lsa, natijada moddalarning taqsimlanishi yoki butun reaksiyaning samaradorligi pasayishi mumkin. Tajribalar davomida kuzatildiki, karbonatlash jarayonining dastlabki 15-20 daqiqasida cho'kmaga tushish jadal sur'atda kechdi, keyingi 10 daqiqa davomida eritmada qolgan qo'rg'oshin sekin asta cho'kishda davom etdi.

10 va 11-rasmlardan ko'rinadiki, mos holda qo'rg'oshin va kumushning cho'kmaga tushishi pH 8,8-9 ga yetganda optimal qiymatga erishadi, pH ning 9 dan ortishi ajralishga sezilarsiz ta'sir etadi.

Tuzli tanlab eritishdan so'ng hosil bo'lgan qo'rg'oshin xlorid eritmasidan qo'rg'oshinni sulfatlab cho'ktirish bo'yicha tadqiqotlar konsentrlangan sulfat kislotasining 25, 30, 35 g/l sarflarida 20, 40, 60 °C haroratda o'tkazildi.

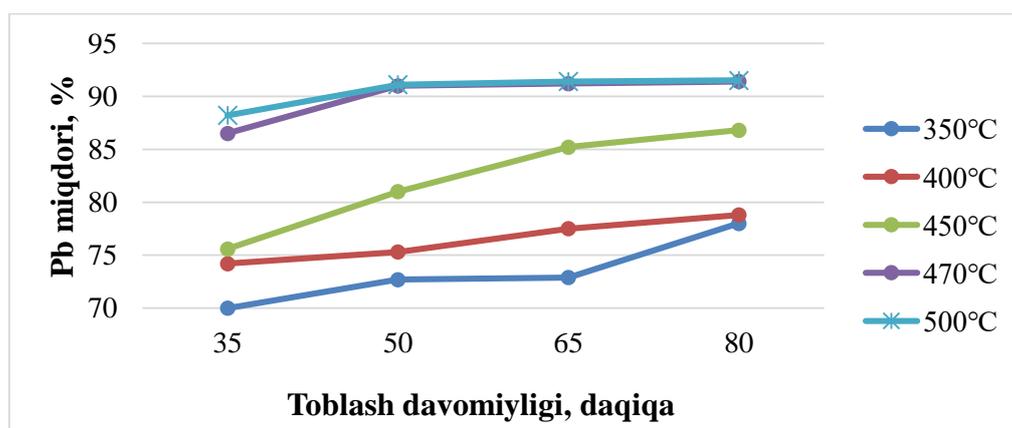
Har qaysi rejimda sulfatlashdan so'ng hosil bo'lgan cho'kma kek tarkibidagi qo'rg'oshinning miqdori va uning ajralishi aniqlandi.

Qo'rg'oshin xloridni sulfatlash jarayoni qo'rg'oshinni cho'ktirish imkonini bersa-da, qo'rg'oshin va uning birikmalarining zaharli ekanligini unutmaslik lozim, bundan tashqari sulfatlash jarayoni qo'shimcha kislotaga chidamli uskunalarni talab qiladi, zararli oqavalar miqdorini oshiradi va mehnat sharoitini yomonlashtiradi.

Qo'rg'oshin xloridining karbonizatsiyasi qo'rg'oshin xlorid eritmasidan qo'rg'oshinni hech qanday oldindan tayyorgarliksiz cho'ktirish imkonini beradi. Ekologik xavfsizlik va mavjud konstruksion po'latlardan yasalgan uskunalardan foydalanish imkoniyati ushbu jarayonning afzalligini ta'minlaydi.

Karbonatlashdan so‘ng olingan $PbCO_3$ kek $450^\circ C$ haroratda toblandi va glyot (PbO) olindi. Toblashga jalb etilgan namuna tarkibida qo‘rg‘oshinning miqdori 72% va kumushning miqdori 138g/t ni tashkil etadi.

Qo‘rg‘oshin karbonatini qo‘rg‘oshin oksid PbO ga termik parchalanishi asosan 3 bosqichda kechib, toblash haroratiga bog‘liqligi tadqiq qilindi. Birinchi bosqich mos holda $50-250^\circ C$ ga to‘g‘ri kelib, bunda massaning kamayishi suvning yo‘qotilishi evaziga sodir bo‘ladi. Ikkinchi bosqich $250-400^\circ C$ oralig‘iga to‘g‘ri kelib, karbonat angidritning ajralib chiqishi evaziga massaning tez kamayishi bilan boradi. Uchinchi bosqich $400-450^\circ C$ oralig‘iga to‘g‘ri kelib, oksidlarning parchalanishi bilan sodir bo‘ladi va termik parchalanish jarayoni $470^\circ C$ to‘liq nihoyasiga yetadi. Tadqiqot natijalari 12-rasmda keltirilgan.



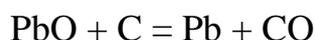
12-rasm. Toblanashdan so‘ng kek tarkibidagi qo‘rg‘oshin miqdorining toblash vaqti va haroratiga bog‘liqligi

12-rasmdan ko‘rinadiki, $350-400^\circ C$ haroratda toblash natijasida kuyindi tarkibidagi qo‘rg‘oshinning miqdori 78% dan oshmadi. $450^\circ C$ haroratda esa toblash vaqtining davomiyligi muhim rol o‘ynaydi, ya‘ni vaqtning oshib borishi kuyindida qo‘rg‘oshinning miqdorini oshib borishiga olib keldi va 80 daqiqadan so‘ng 86,8% ni tashkil etdi. $470^\circ C$ haroratda toblashda kuyindida qo‘rg‘oshinning miqdori jarayon davomiyligi 50 daqiqaga yetguncha jadal oshib bordi va so‘ngra vaqtning oshishi toblash jarayoniga deyarli ta‘sir qilmadi. Toblash jarayonida haroratning $470^\circ C$ dan ortishi toblash natijalarini yaxshilanishini ta‘minlamadi.

Yuqoridagilarni e‘tiborga olgan holda bajarilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra, qo‘rg‘oshin karbonat cho‘kmalarini toblash jarayonining quyidagi optimal parametrlari o‘rnatildi: toblash jarayonining davomiyligi 50 daqiqa va jarayonning harorati $470^\circ C$.

Toblashdan so‘ng PbO tarkibida qo‘rg‘oshinning miqdori 91,1% ni tashkil qildi.

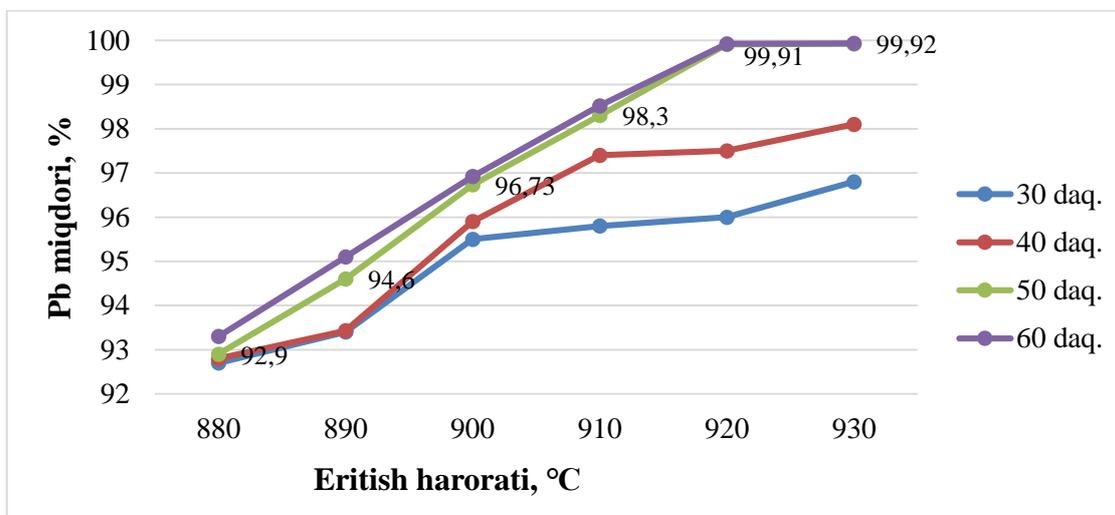
Qo‘rg‘oshin oksidini uglerod yordamida metall holatigacha tiklash termodinamik hisob-kitoblarga ko‘ra quyidagi reaksiya bo‘yicha yuqori haroratda boradi:



Olingan kuyindini tiklovchi muhitda harorat 880°C dan 930°C gacha ko'tarilgan holda turli intervallar va har hil vaqt oralig'ida eritish tajribalari o'tkazildi (13-rasm). Eritish jarayonida tiklovchi sifatida grafit, flyus sifatida kaustik sodadan foydalanildi. Bunda 1000 gr PbO uchun 59 gr grafit va 30 gr kaustik soda qo'shildi.

Tadqiqot natijalaridan ko'rinadiki, tiklab eritish jarayonida qo'rg'oshinning metall holigacha tiklanish reaksiyalari 910-920°C harorat oralig'ida yakun topib, u tiklash daomiyligiga bog'liq.

Tiklab eritish davomiyligi 50 daqiqaga yetganda metall tarkibidagi qo'rg'oshinning miqdori optimal qiymatga erishadi va haroratning keyingi oshishi jarayonning borishiga ijobiy ta'sir ko'rsatmaydi.



13-rasm. Eritishdan so'ng quyma tarkibidagi qo'rg'oshin miqdorining haroratga va eritish vaqtiga bog'liqligi

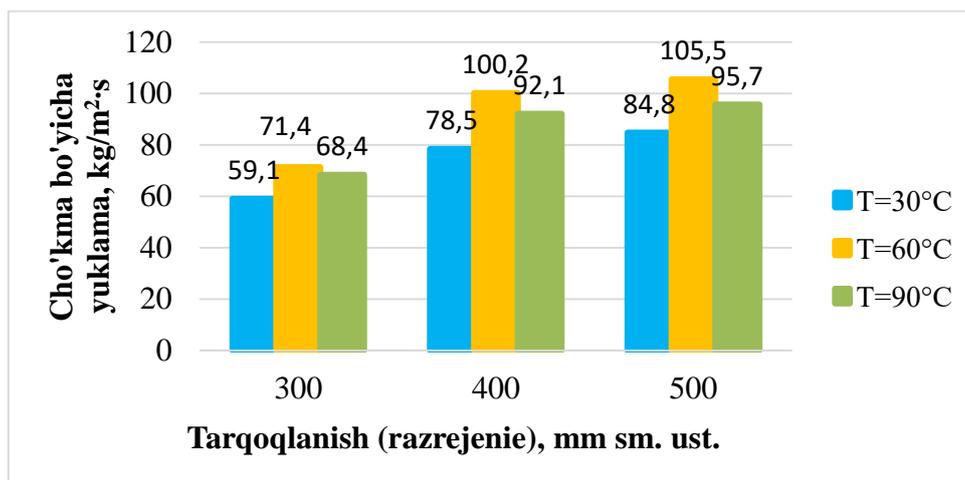
Tadqiqotlar natijalari asosida toblashdan so'ng olingan tarkibida qo'rg'oshinning ulushi 91,1% bo'lgan kukunni uglerod yordamida tiklab eritish jarayonining quyidagi maqbul parametrlari o'rnatildi: - uglerod yordamida tiklab eritish jarayoni davomiyligining maqbul qiymati 50 daqiqani tashkil etadi; - tiklash muhitida eritish jarayonining maqbul harorati 920°C. Shunday qilib, eritish natijasida tarkibidagi qo'rg'oshinning miqdori 99,91% bo'lgan metall holdagi qo'rg'oshin olindi.

Tajriba-sanoat maydonida yig'ilgan uskunalar zanjir sxemasi sutkasida 10 tonna qorishmani qayta ishlashga mo'ljallangan, ya'ni bitta qayta ishlash siklining davomiyligi 7 soatgacha davom etadi.

Sutkasiga 3 smenada 3330 kg dan qorishma qayta ishlanadi. Metallar muvozanati va qayta ishlashning sifat-miqdor sxemasini hisoblash 1000 kg qorishma (800 kg qo'rg'oshin-vismutli shlam + 200 kg konverter changi) uchun amalga oshirildi. Metallar muvozanati va qayta ishlashning sifat-miqdor sxemasini hisoblash natijalari 14-rasmda keltirilgan.

Dissertatsiyaning “**Tanlab eritishda bo‘tana va eritmalarni filtrlash jarayonini jadallashtirish usullarini tadqiq qilish**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida qo‘rg‘oshin-vismutli shlam va konverter changini tanlab eritish bilan qayta ishlashda jarayonni limitini belgilovchi bosqichlaridan biri bo‘lgan suyuq fazani qattiq fazadan filtrlab ajratish samaradorligini oshirish maqsadida eritmalarni dastlab quyultirish-tindirish, dekantatsiyalash va cho‘kmani filtrlash jarayonlarini ko‘rsatkichlarini yaxshilash borasida o‘tkazilgan tadqiqotlar natijalari keltirilgan.

Qorishmani natriy xlorid bilan tanlab eritgandan keyin bo‘tanani filtrlash natijalari 15-rasmda keltirilgan.

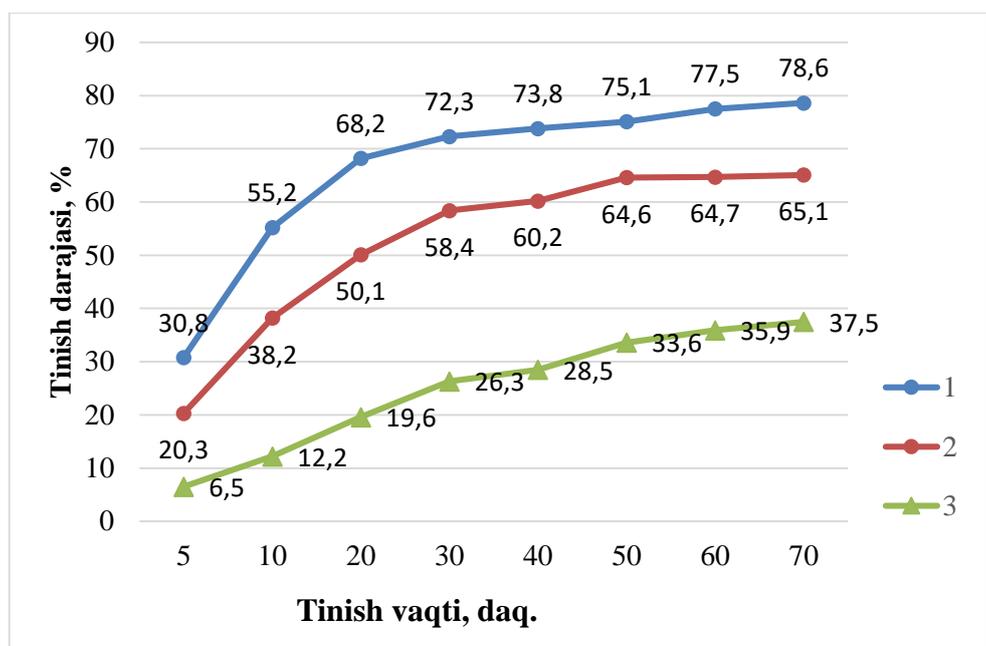


15-rasm. Qo‘rg‘oshin-vismutli shlam va konverter changini natriy xlorid bilan tanlab eritilgandan keyin bo‘tanani filtrlash natijalarini tarqoqlanish va haroratga bog‘liqligi

Filtrlash natijalaridan ko‘rinib turibdiki, harorat 30 dan 60°C gacha ko‘tarilganda simob ustunining 400 mm tarqoqlanishda filtrlash tezligi kek bo‘yicha 78,5 dan 100,2 kg/m²·s gacha ko‘tariladi. Harorat ko‘tarilganda qovushqoqlik kamayishi bilan birga suyuqlikning yuza tarangligi pasayishi ham kuzatiladi. Bo‘tananing harorati 30 dan 60°C gacha ko‘tarilganda, uning qovushqoqligi sezilarli darajada 20-25% ga kamayadi. Tarqoqlanish ortishi bilan filtrlash tezligi sezilarli darajada ortadi, biroq qattiq mahsulotning mayda zarralari filtratga o‘tib ketadi, natijada ajratiladigan foydali komponentlarni ajralish samarasi kamayadi.

15-rasmdan ko‘rinadiki, harorat 60 dan 90°C gacha ko‘tarilganda kek bo‘yicha filtrlash tezligi kamayadi. Bu holatni shunday izohlash mumkinki, harorat 90°C ga yaqinlashganda mayda zarrachalar issiqlik ta‘sirida bo‘tananing yuqori qismiga ko‘tariladi va cho‘kmaga tushish ehtimoli susayadi.

Bo‘tanadagi qattiq zarralar maydadispersli holatda bo‘lib, filtrlash jarayonida ular filtrlovchi matoning teshikchalariga tiqilib qoladi. Natijada filtrlash tezligi keskin pasayadi va cho‘kindining namligi ortadi. Shu sababli filtrlashdan avval bo‘tanani quyultirib tindirish jarayoni o‘tkazilib, turli fizik-kimyoviy omillarning bo‘tanalarni tindirish jarayoniga ta‘sirini (jarayon davomiyligi, harorat, flokulyantlarning (poliakrilamid – PAA va proestol)) o‘rganildi. Tadqiqotlar natijalari 16-rasmda keltirilgan.



1 – 10 g/dm³ miqdorda Na₂O va 12g/t praestol qo‘shilganda; 2 – 10 g/dm³ miqdorda Na₂O va 18g/t PAA qo‘shilganda; 3 – ishqor va flokulyant qo‘shilmaganda

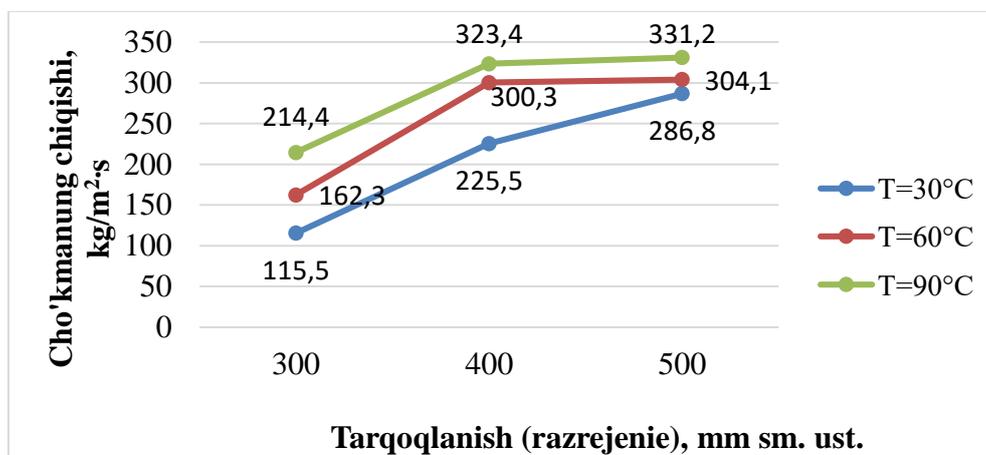
16-rasm. 90°C haroratda tanlab eritish jarayonida bo‘tanani tinish darajasini vaqtga bog‘liqligi

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, PAA ga nisbatan praestol qo‘shilishi tinish tezligiga katta ta‘sir ko‘rsatadi. Quyultirish-tindirishda bo‘tana 30 daqiqa davomida ushlab turilganda qattiq zarrachalar cho‘kmaga jadal tushishi kuzatiladi, biroq tinitish vaqtining ortishi bo‘tananing tinish darajasiga deyarli ta‘sir qilmadi. Dastlabki maydon (10 daqiqagacha) yirikroq zarralar uchun nisbatan erkin tushishni belgilaydi. 10 va 30 daqiqa orasidagi egri chiziqlar maydonlari o‘tish zonasini belgilaydi, u yerda zarralar erkin tushish maydonidan siqilib tushish rejim maydoniga o‘tadi. Bu tindiriladigan eritma ustunining pastki qismida qattiq zarralar konsentratsiyasi ortishi bilan izohlanadi.

Xususan, qo‘rg‘oshin-vismutli shlam va konverter changi asosidagi bo‘tanani tindirish darajasi 10 daqiqadan so‘ng flokulyantlar (praestol va PAA) qo‘shilgan va qo‘shilmagan holatda mos holda 55,2, 38,2 va 12,2% ga yetadi, 30 daqiqadan so‘ng esa 90°C haroratda mos ravishda 72,3, 58,4 va 26,3% ga yetadi. Tindirishda haroratning 90°C dan ko‘tarilishi tinish tezligiga salbiy ta‘sir ko‘rsatishi aniqlandi. Ammo, quyultirish-tindirish jarayonida haroratning 90°C dan pasayishi qo‘rg‘oshin xloridining bir qismini yana kristallanib cho‘kmaga tushib qolishini jadallashtiradi. Shuning uchun quyultirish-tindirish jarayoni 90°C va undan past bo‘lmagan haroratda o‘tkazilishi zarur.

Tindirish jarayoni cho‘kindisini filtrlanish tezligini aniqlash bo‘yicha tadqiqotlar natijalaridan ko‘rinadiki, harorat va tarqoqlanishning ortishi bo‘tanani filtrlash tezligiga muhim ta‘sir ko‘rsatadi. Xususan, haroratning 30 dan 90°C gacha ko‘tarilishi simob ustunining 400 mm tarqoqlanishda cho‘kindi bo‘yicha filtrlash tezligini 255,5 kg/m²·s dan 323,4 kg/m²·s gacha oshishiga olib keladi. Cho‘kmaning

chiqishi haroratning 30 dan 60°C gacha ko‘tarilishi bilan simob ustunining 300 mm dan 400 mm gacha tarqoqlanishda jadal sur‘atda ortib boradi va 500 mm gacha bu ko‘rsatkichning o‘shishi sezilarsiz davom etadi.



17-rasm. Quyulgan cho‘kmani filtrlanish tezligini tarqoqlanish va haroratga bog‘liqligi

Bo‘tanani quyultirish-tindirishdan avval va keyingi filtrlash natijalarini taqqoslaydigan bo‘lsak, ya’ni tindirishdan oldin va keyin (mos holda 100,2 va 300,3 kg/m² s, kek bo‘yicha) bo‘tanani filtrlanish tezligi 3 barobarga oshadi.

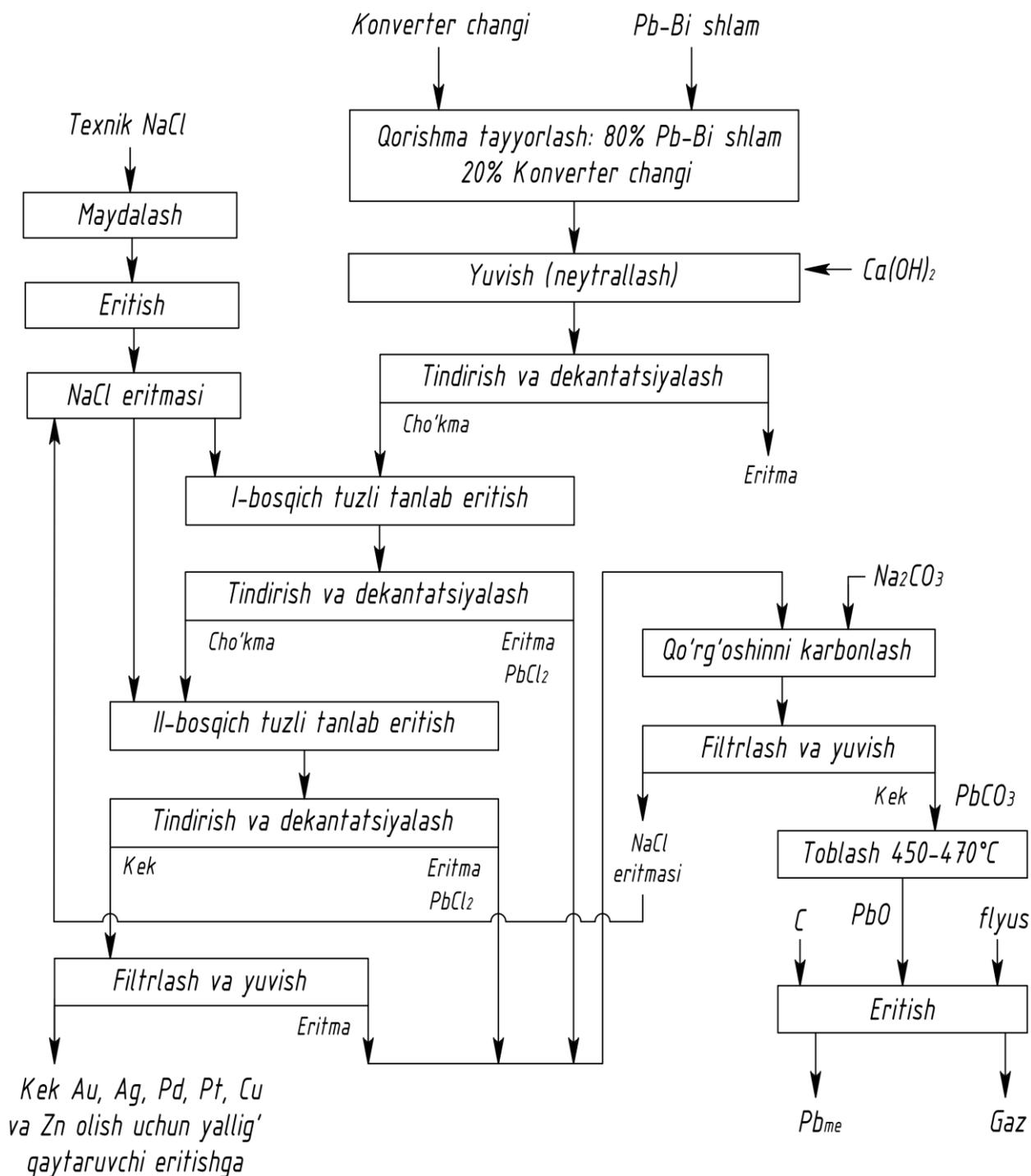
Texnologik zanjirga quyultirish-tindirish jarayonini kiritish natijasida cho‘kmaga o‘ta mayin zarrachalarni tushishini jadallashishi, tinigan eritmani dekantatsiyalash natijasida cho‘kma miqdorini kamayishi filtrlash ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi, kekning namligi ko‘pi bilan 24% ni tashkil qiladi, filtrlash vaqti qisqaradi.

Dissertatsiyaning **“Qo‘rg‘oshin-vismutli shlam va konverter changi tarkibidan nodir va rangli metallarni kompleks ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish”** deb nomlangan beshinchi bobida konverter changini va shlamni qayta ishlab boyitishning ishlab chiqilgan takomillashtirilgan texnologik sxemasi va uskunalar zanjiri sxemasi hamda texnologiyani qo‘llashdan olinadigan texnik-iqtisodiy samarani baholash natijalari keltirilgan.

Olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida Olmaliq kon-metallurgiya kombinati AJ mis eritish zavodining o‘ta mayda zarrachali changlarini va sulfat kislotasi ishlab chiqarish sexi shlamlarini qayti ishlashning takomillashtirilgan texnologik sxemasi (18-rasm) va uskunalar zanjir sxemasi ishlab chiqildi.

Olmaliq KMK AJ mis eritish zavodida yallig‘ qaytaruvchi pechda eritish uchun qorishmaning tarkibi optimal tarkibdagi shlak olish uchun quyidagicha o‘rnatilishi lozim, %: mis boyitmasi - 63,0; kvarqli ma‘dan - 10,0; qaytariluvchi (aylanma) materiallar - 19,5; klinker - 7,5.

Qo‘rg‘oshin-vismutli shlam va konverter mayin changini qayta ishlash uchun yig‘ilgan tajriba-sanoat sinovlarini uskunalari liniyasida sutkasiga 10 t (3 smenada 3,3 t dan) mahsulot qayta ishlanadi.



18-rasm. Qo'rg'oshin-vismutli shlam va konverter changini qayta ishlashning yaratilgan texnologik sxemasi

Qayta ishlash natijasida tuzli tanlab eritish va filtrlashdan so'ng 6t kek hosil bo'ladi. Ushbu hosil bo'lgan 6 t kek mis eritish zavodida yallig' qaytaruvchi pechda dastlabki shixta bilan birga eritiladi. Bunda kekning shixtadagi ulushi 0,7% ni tashkil qiladi. 2-jadvalda qo'rg'oshin-vismutli shlam va konverter mayin changini qayta ishlashdan so'ng olingan nodir metallarga boyitilgan kekning tarkibi keltirilgan.

**Qo‘rg‘oshin-vismutli shlam va konverter mayin changini qayta ishlashdan
so‘ng olingan kekning tarkibi**

| Tn. | Miqdori | | | | | | | | | | | |
|-----|---------|-------|-----|-----|-------|-----|-------|--------|-------|-----|-----|----|
| | Cu | | Zn | | Au | | Ag | | Pt | | Pd | |
| | % | kg | % | kg | g/t | gr | g/t | gr | g/t | gr | g/t | gr |
| 6 | 3,88 | 232,8 | 2,6 | 156 | 22,67 | 136 | 416,2 | 2496,4 | 29,34 | 176 | 16 | 96 |

Yallig‘ qaytaruvchi pech shixtasiga klinker, mis boyitmasi va qaytarilma materiallardan tashqari 2-jalvalda miqdori keltirilgan kekni qo‘shib eritilishi natijasida oyiga qo‘shimcha 3,918 kg Au; 71,148 kg Ag; 4,542 kg Pt; 2,592 kg Pd; 6774 kg Cu va 4398 kg Zn olinadi.

Yallig‘ qaytaruvchi pechga sutkasiga 344,4 kg qo‘rg‘oshin oksidlar ko‘rinishida kek tarkibida keladi. Soatiga esa 28,7 kg ni tashkil qiladi.

Bunday holda, ushbu shixta uchun sulfidlanish va oltingugurtni bog‘lash mexanizmi quyidagi kimyoviy reaksiyalar bo‘yicha kechadi:



Chunki, shixtaga oltingugurt va uning birikmalarini quyidagi reaksiyalar bilan bog‘laydigan oxaktoshni kiritish kerak:



Chang-gazlarni o‘lchash natijalariga ko‘ra oltingugurtdan tozalash quyidagicha aniqlandi: SO₂ miqdori – 0,2-0,9 %; changlanganlik - 0,25-0,4 g/sm³.

Shixtaning ushbu konsentratsiyasida (Q - 850 t/sutka) chiqindi gazlarning massasi 360 - 425 kg/soatni tashkil qiladi, lekin undan ko‘p emas. Shlakdagi misning miqdori – 0,5-0,7 %, oltingugurt – 0,8-1,0 %, shteyndagi misning miqdori esa 20-24 % ni tashkil etadi.

3

0

9

7- T = 103 051 132 874 – 19 046 773 412 = 84 004 359 462 so‘m.

9

,

8

XULOSA

0,76 = 63 843 313 198 so‘m.

Mis eritish sanoati chang va gazlari tarkibidan rangli va nodir metallarni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish va takomillashtirish” mavzusidagi texnika fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarga asoslangan holda, nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan quyidagi xulosalar taqdim etildi:

8178661,3 A.QSh. dollari (2024-yil sentabr holati uchun hisoblangan dollar kursi 1 dollar = 12 600 so‘m) yoki 103.051.132.874 so‘m hosil bo‘ladi.

1. Sulfat kislota ishlab chiqarish qo‘rg‘oshin-vismutli shlam va konverter changining granulometrik va mineral tarkibini tadqiq qilish natijasida birinchi marta

ularning o'ta mayda 0,1-10 mkm o'lchamda ekanligi aniqlangan hamda misni eritish jarayonlarining chang-gazli mahsulotlarida rangli va qimmatbaho metallarning hosil bo'lishi va to'planishi nazariy jihatdan asoslandi. Tadqiqotlar asosida ular rangli va nodir metallarning qimmatli xomashyosi ekanligi, ularni qayta ishlash iqtisodiy nuqtai nazaridan dolzarb ekanligi, hamda tabiatni muhofaza qilish nuqtai nazaridan yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xatarlarni baholash imkonini beradi;

2. Qo'rg'oshin-vismutli shlam va konverter changidan tashkil topgan shixtani tayyorlashning maqbul nisbati 4:1 ni tashkil etadi, bu nisbatdagi shixta yuvilganda (neytrallashtirishda) nordonlik pH 6,5 gacha kamayadi.

3. Tadqiqot natijalari asosida qo'rg'oshin-vismutli shlam va konverter changidan natriy xlorid yordamida ikki bosqichli tanlab eritish orqali qo'rg'oshinni ajratib olishning optimal parametrlari ishlab chiqildi. Bu usul 92°C haroratda va erituvchi konsentratsiyasi 220 g/l bo'lganda 91,9% qo'rg'oshinni eritmaga o'tkazish orqali kekni boyitish, ya'ni 96,59% mis, 95,1% rux va 79,0% kumush hamda oltin, platina va palladiyni to'liq kekka ajratib olish imkonini beradi;

4. Yuqori molekular polimerlardan foydalanib, eritmani tindirish, dekantatsiya qilish eritmadagi mayin dispers zarralarning cho'kishini jadallashtirishga imkoni beradi va cho'kmani qaynoq filtrlash orqali filtrlash tezligini 3 barobar oshirilishga xizmat qiladi;

5. Qo'rg'oshin xlorid eritmasini karbonatlashning maqbul parametrlari tajriba asosida o'rnatildi va tasdiqlandi. Bunda, pH 8,5-9 va 20°C haroratda cho'ktirish orqali 70% Pb tarkibli qo'rg'oshin karbonat kimyoviy boyitmasi olishda qo'llaniladi;

6. Tadqiqotlar natijasida 92% Pb tutgan qo'rg'oshin oksidi (glyot) olish bilan qo'rg'oshin karbonatni toblashning maqbul parametrlari aniqlandi va ishlab chiqarishga tavsiya etildi. Qo'rg'oshin oksidini 920°C da tiklab eritish natijasida 99,9% tozalikdagi metall qo'rg'oshin olinadi;

7. Ilk bor qo'rg'oshin-vismutli shlam va konverter changidan rangli va nodir metallarni kompleks ajratib olishning takomillashtirilgan texnologik sxemasi va uskunalar zanjiri sxemasi ishlab chiqildi. Bu uzoq yillar davomida to'planib qolgan chang va shlamni qayta ishlash natijasida qo'shimcha rangli va nodir metallar ishlab chiqarish uchun xizmat qiladi;

8. Tuzli tanlab eritishdan keyin olingan nodir metallar bilan boyigan kekni eritish qonuniyatlari nazariy jihatdan asoslandi. Olingan kekni mis boyitmasi bilan qo'shib eritish nodir metallarni shteyn fazasiga o'tkazish uchun xizmat qiladi;

9. Qo'rg'oshin-vismutli shlam va konverter mayin changidan rangli va nodir metallarni kompleks ajratib olishning ishlab chiqilgan takomillashtirilgan texnologiyasini qo'llashdan kutilayotgan iqtisodiy samara yiliga 63 milliard 843 million 313 ming so'mni tashkil etadi.

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

**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

САИДАХМЕДОВ АКТАМ АБДИСАМИЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПЫЛИ
И ГАЗОВ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых

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

Навои – 2025

Тема диссертации доктора технических наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № B2024.4.DSc/T846.

Докторская диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.nsumt.uz) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

| | |
|-------------------------------|--|
| Научный консультант: | Хасанов Абдурашид Салиевич доктор технических наук, профессор |
| Официальные оппоненты: | Эргашев Улугбек Абдурасулович доктор технических наук, профессор Шадрунова Ирина Владимировна доктор технических наук, профессор Тастанов Ербулат Адиятович доктор технических наук, профессор |
| Ведущая организация: | филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в г. Алмалык |

Защита диссертации состоится « 17 » 09. 2025 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc. 17/04.06.2021.T.06.01 (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Зал заседаний Навоийского государственного горно-технологического университета. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz. www.nsumt.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горно-технологического университета (зарегистрирован за № 220). (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66).

Автореферат диссертации разослан « 05 » 09. 2025 года.
(реестр протокола рассылки № 24 от « 05 » 09. 2025 года).



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

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

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора технических наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире истощение запасов полезных ископаемых и рост цен на металлы на мировом рынке создают благоприятные обстановку для освоения месторождений с низким содержанием полезных компонентов в сложных горнотехнических и природно-климатических условиях, а также для вовлечения в переработку минеральных ресурсов техногенного происхождения. Наряду с этим, переработка техногенных материалов, являющихся промышленными техногенными отходами золотоизвлекательных фабрик, медеплавильных заводов – шлаки и пыли при плавки в металлургических производствах и шламы сернокислотных цехов, требует совершенно нового подхода к созданию эффективных технологий извлечения цветных, драгоценных и благородных металлов и требует решения технологических, организационных и других проблем. Установлено, что пылегазовые смеси, выходящие из плавильных и конвертерных печей в медеплавильной промышленности, содержат значительное количество цветных и благородных металлов. В последние годы комплексная переработка этого техногенного сырья и материалов приобретает все большее экономическое и экологическое значение. В ближайшем будущем, особое значение приобретает разработка и усовершенствование технологии извлечения, а также внедрение в практику цветных (Pb, Cu, Zn) и благородных (Au, Pt, Pd, Ag) металлов из этих техногенных отходов.

На сегодняшний день в мире активно ведутся научные исследования по переработке техногенных отходов, накопившихся на протяжении многих лет в горно-металлургической промышленности. В связи с этим особое внимание уделяется вопросам увеличения объемов выпускаемой продукции, утилизации техногенных отходов, замещающих природные полезные ископаемые при производстве цветных и драгоценных металлов, разработки новых технологий извлечения цветных и редких металлов из техногенных отходов, совершенствования существующих технологий для повышения степени извлечения металлов из этих материалов.

В Республике внедряются передовые научно обоснованные меры по повышению эффективности производственного предприятия АО "Алмалыкский горно-металлургический комбинат" и достигается ряд научно-практических результатов. В постановлении Президента Республики Узбекистан¹ в четвертом пункте четвертого направления Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи по ...«повышению промышленности на качественно новый уровень, глубокой переработке местных источников сырья, ускорению производства готовой продукции, освоению новых видов продукции и технологий...». В этом аспекте приобретают важное значение научные исследования, направленные на

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

разработку и совершенствование новых технологий полного извлечения цветных и благородных металлов из перерабатываемого техногенного сырья.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы»¹, УП-5159 от 24 июня 2021 года «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и связанных с ним других направлений», в Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-4731 от 26 мая 2020 года «О дополнительных мерах по расширению производства цветных и драгоценных металлов на базе месторождений АО «Алмалыкский ГМК», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан VII. «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации².

Научные исследования, направленные на переработке тонких пылей и шламов производства серной кислоты с извлечением из них ценных металлов ведутся в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в: Impala platinum limited (ЮАР), INCO - крупный производитель никеля (Канада), Пекинский горно-металлургический институт (Китай), Engelhard minerals and chemicals, Gemini, Mattie Bishop, Martin Metals Company (США), Jonson Mattie Limited (Great Britain), Красцветмет (Россия), Colorado school of mines (США), Техасский университет эль-Пасо (США), University of Consercion (Чили), Университет Торонто (Канада), Университет науки и технологий Ухана (Китай), Университет Аугсбург (Германия), Корейский институт редких металлов (Южная Корея), АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат», Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (Россия), Каршинский технический университет (Узбекистан), Навоийский государственный горно-технологический университет (Узбекистан).

В результате проводимых в мире исследований по разработке и совершенствованию технологии извлечения цветных и благородных металлов из идентичных техногенных отходов получен ряд научных результатов, в том числе следующие: разработано технология извлечения цветных металлов с использованием пирометаллургических технологий (компания Bailey Pratt - Sparrows Point, США и компании «Estelle Huttenverke» Германия); создано технология извлечения тяжелых цветных металлов а также редких (кадмия, осмия и рения) металлов из пыли способом сульфатно-натриевая электроплавка совместно со шламами и присадкой оксида железа и сульфата

² <https://ru.investing.com/equities/impala-platinum-holdings-ltd>,
<https://marketing.rbc.ru/landings/dragotsennye-metally/>, <https://www.krastsvetmet.ru/>.

свинца (ТОО «Корпорация “Казахмыс”»); создана гидрометаллургическая технология извлечения селена, рения и осмия из продуктов газоочистки (Кольской ГМК., РФ).

В мире проводится ряд исследований по совершенствованию технологии извлечения цветных и благородных металлов из пылегазовых продуктов металлургической промышленности, в том числе по следующим приоритетным направлениям: создание методических основ совершенствования технологии извлечения цветных и благородных металлов из вторичного техногенного сырья; детальное исследование их химического, минералогического и гранулометрического состава с целью создания оптимальной технологии химического обогащения и селективного осаждения, а также разделение драгоценных металлов путем селективного выщелачивания и селективного осаждения, и создание благоприятных условий для фильтрации растворов, обеспечивающих высокую скорость и эффективность процесса.

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в области развития извлечения и производства цветных и благородных металлов из минерального и техногенного сырья, а именно из шламов производства серной кислоты и тонкой конвертерной пыли медеплавильных заводов на протяжении многих лет внесли зарубежные и отечественные ученые: Смирнов В.И., Раддл Р.У., Morales A., Худяков Ю.Ф., Набойченко С.С., Богачев Л.М., Снурников А.П., Навтанович М.Л., Ромазанова И.И., Белоусова А.Е., Масленицкий И.Н., Ванюков А.В., Антипов Н.И., Chen T., Меретуков М.А., Быстров В.П., Мастюгин С.А., Стрижко Л.С., Шадрунова И.В., Санакулов К.С., Юсупходжаев А.А., Якубов М.М., Хасанов А.С. и др.

В мировой практике хорошо зарекомендовала себя технология, направленная на переработку тонкой пыли непосредственно пирометаллургическими процессами на медеплавильных заводах. Данная технология позволяет вовлечь в производство пыли и шламов, которые в настоящее время не подвергаются переработке, а также связанные с загрязнением окружающей среды, включая дальнейшую переработку продуктивных растворов с оставлением в осадке благородных металлов, особенно серебра, отстаивание, осаждение, фильтрацию, закалку и восстановительную плавку.

В связи с этим, настоящая диссертационная работа имеет важное научно-практическое значение по исследованию, разработки и усовершенствованию, а также внедрения технологии извлечения цветных и благородных металлов из пылегазового потока медного производства.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Навоийского государственного горно-технологического университета в рамках проекта: AL-492105235 – «Разработка технологии извлечения драгоценных (платина,

палладий, родий, серебро, золото) и редких (литий, германий) металлов из техногенных отходов новым комбинированным инновационным методом обогащения металлов путем многостадийной переработки концентратов и остатков обогащения» (2022-2024 гг.), и 414М – «Разработка технологии получения дополнительных цветных металлов (медь, свинец, цинк, золото и серебро) на основе комплексной переработки пыли и газов медной промышленности» (2022-2023 гг.).

Целью исследования является разработка и усовершенствование технологии, направленной на обогащение содержания цветных и благородных металлов из тонкой пыли электрофилтра конвертерного передела и свинцово-висмутовых шламов, образующихся при производстве серной кислоты.

Задачи исследования:

теоретическое обоснование образования и скопление цветных и благородных металлов в пылегазовых продуктах медеплавильных процессов и научное исследование гранулометрический и минеральный состав тонкой конвертерной пыли и свинцово-висмутового шлама образующихся при производстве серной кислоты;

исследование влияния различных факторов на извлечение свинца из свинцовой пыли и шлама, а также исследование теоретических и кинетических закономерностей оптимальных показателей его селективного выщелачивания;

исследование кинетики определения оптимальных режимных параметров методов осаждения и фильтрации свинца из раствора хлорида свинца;

научное исследование процесса горячего фильтрования осадка и его свойств с изучением научных основ оптимальных режимных параметров сгущения и отстаивания пульпы;

разработка и внедрение комплексной технологии обогащения благородных металлов из шихты, образующейся из шлама производства серной кислоты и тонкой конвертерной пыли МПЗ селективным выщелачиванием свинца хлористым натрием с извлечением меди и цинка;

разработка усовершенствованной технологии извлечения концентрата кека обогащенного благородными (золото, серебро, платина и палладий) металлами из шлама производства серной кислоты и тонкой конвертерной пыли МПЗ АО «Алмалыкский ГМК» и разработка схемы цепи аппаратов

Объектом исследования являются шламы, образующиеся при мокрой очистке газов в процессе производства серной кислоты, а также тонкая пыль, образующаяся при конвертировании медного штейна на медеплавильном заводе АО «Алмалыкский ГМК».

Предмет исследования: разработка и усовершенствование технологии извлечения свинца путем селективного выщелачивания из шлама производства серной кислоты и тонкой пыли конвертера обогащая благородных металлов в остаточном кеке с осаждением и фильтрацией.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы использованы теоретические анализы научно-технической информации по

разработке технологии извлечения цветных и благородных металлов, теоретические исследования с использованием аналитических, атомно-адсорбционных и фотокалориметрических методов; исследования при лабораторных и опытно-промышленных испытаниях, рН-метрию, гранулометрический анализ, рентгеноструктурный анализ, пробирный анализ, методы химического и фазового анализа, рентгенофазный анализ, масс-спектрометрия, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) а также математические методы обработки результатов лабораторных испытаний.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

на основе гранулометрического и минерального состава свинцово-висмутового шлама сернокислотного производства и конвертерной пыли установлено, что они имеют сверхтонкий размер 0,1-10 мкм, а также теоретически обосновано образование и накопление цветных и благородных металлов в пылегазовых продуктах процессов плавки меди;

разработаны параметры технологии обогащения, позволяющие перевести 91,9% свинца в раствор путем двухстадийного выщелачивания свинца хлоридом натрия из осадка процесса промывки и декантации свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли, а также полностью извлечь золото, платину и палладия и 96,59% меди, 95,1% цинка и 79,0% серебра в кек;

определены оптимальные параметры процесса фильтрации осадка путем сгущения-отстаивания и декантации технологического раствора выщелачивания, позволяющие выделить хлорид свинца и увеличить скорость фильтрации в 3 раза;

определены оптимальные параметры, позволяющие получать химический концентрат карбоната свинца с содержанием 72% Pb путем осаждения свинца из хлоридного раствора при карбонизации при рН 8,5-9 и температуре 20 °С;

разработана усовершенствованная технологическая схема и схема цепи аппаратов комплексного извлечения цветных и благородных металлов из свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли в концентрат;

обоснованы закономерности плавки кека полученного после солевого выщелачивания, содержащих благородные металлы и установлены параметры перехода благородных металлов в штейн-фазу, полностью разработан и усовершенствован технологический процесс.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

впервые подробно определен химический, гранулометрический и минеральный состав конвертерной пыли и свинцово-висмутового шлама, образующегося при производстве серной кислоты;

рекомендуемая технология разработана по распоряжению главного инженера АО «Алмалыкский ГМК» №01-FMSh/24-04-01701 утверждённого по 13.04.2024 г. на период с 13.04.2024г. по 30.10.2024г. согласно программе переработке свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли МПЗ с целью обогащения и извлечения цветных и благородных металлов;

определены причины перехода серебра в раствор при выщелачивании шлама сернокислотного производства и конвертерной пыли хлоридом натрия и разработаны режимные параметры минимизации потерь серебра с хлористым раствором;

разработана новая технологическая схема обогащения и извлечения цветных и благородных металлов из шлама сернокислотного производства и конвертерной пыли МПЗ АО «Алмалыкский ГМК», в результате внедрения её, которых, получен металлический свинец с содержанием свинца 99,9% и концентрат кек, содержащие благородных металлов.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается: достаточным и статистически обоснованным объемом результатов лабораторных и опытно-промышленных испытаний, количественным подтверждением основной идеи работы по увеличению извлечения ценных компонентов путем обогащения в результате применения разработанных режимов солевого выщелачивания, сгущение, отстаивания, фильтрации и селективного осаждения, положительными результатами, подтверждающими повышение степени чистоты получаемого концентрата и металла, а также положительными актами опытно-промышленных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обосновывается выявлением факторов, влияющих на извлечение цветных и благородных металлов из свинцово-висмутового шлама и тонкой конвертерной пыли, теоретическим обоснованием целесообразности применения новой экологически и экономически эффективной технологической схемы обогащения и переработки, а также определением оптимальных режимных параметров процессов, участвующих в схеме обогащения.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке усовершенствованной технологии переработки шихты свинцово-висмутового шлама и тонкой пыли, позволяющей получать металлический свинец с содержанием Pb 99,9% при извлечении 80,04%, а также получением обогащенного кека с содержанием благородных металлов (в г/т: 22,67 Au, 416,21 Ag, 29,34 Pt b 16,01 Pd) направляемую в восстановительную плавку, которые имеют высокую рентабельность.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке усовершенствованной технологии извлечения цветных и благородных металлов из пылегазовых продуктов медеплавильного производства:

технологическая схема комплексного извлечения цветных и благородных металлов из свинцово-висмутового шлама цеха производства серной кислоты (80%) и конвертерной пыли (20%) внедрена в производстве на медеплавильном заводе АО «АГМК» (справка АО «АГМК» №08-24/01-01084 от 16.08.2024 г.). В результате появилась возможность извлечения в концентрат благородных металлов из техногенных отходов, накопившихся без использования в течение долгих лет;

технология двухстадийного солевого выщелачивания свинцово-висмутового шлама цеха производства серной кислоты и конвертерной пыли с добавлением технической соли, декантации тонких частиц с применением отстаивания раствора и горячей фильтрации осадка внедрена в производстве на медеплавильном заводе АО «АГМК» (справка АО «АГМК» №08-24/01-01084 от 16.08.2024 г.). В результате 92% свинца было переведено в раствор, получен обогащённый кек с содержанием (г/т): 16 Pd; 29,3 Pt; 22,6 Au; 416,1 Ag; и (%): 3,88 Cu; 2,6 Zn, а также достигнуто увеличение скорости фильтрации в 3 раза;

оптимальные параметры карбонизации раствора хлорида свинца, образующегося после солевого выщелачивания внедрены в производстве на медеплавильном заводе АО «АГМК» (справка АО «АГМК» №08-24/01-01084 от 16.08.2024 г.). В результате достигнуто получение химического концентрата, содержащего более 70% свинца, путем осаждения свинца в карбонатном состоянии с добавлением Na_2CO_3 из раствора при $\text{pH}=8,5-9,0$, фильтрации и восстановительной плавки полученного карбоната свинца с получением металлического свинца с чистотой 99,9%;

технологическая схема плавки кека, полученного после солевого выщелачивания свинцово-висмутового шлама цеха по производству серной кислоты и тонкой конвертерной пыли в отражательной печи внедрена в производство на медеплавильном заводе АО «АГМК» (справка АО «АГМК» №08-24/01-01084 от 16.08.2024 г.). В результате чего удалось извлечь в штейн драгоценные металлы из обогащенного кека, в том числе (%): 96 Au; 95 Ag; 90 Pd; 86 Pt, 94 Zn и 97 Cu.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов данного исследования произведена на 4 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 28 научных работ, из них 1 патент на полезную модель, 2 монографии, 10 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 7 в республиканских и 3 в зарубежных журналах.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 200 страниц компьютерного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, изложена степень изученности проблемы, описаны цель и задачи, объект и предмет исследования, показано соответствие исследования важным направлениям развития науки и технологий

республики, а также приведены сведения о научной новизне исследования, достоверности результатов, теоретической и практической значимости, внедрении результатов в практику, опубликованности, структуре диссертационной работы.

В первой главе диссертации **«Современное состояние теории и практики извлечения благородных и цветных металлов из отходящих газов и пыли медной промышленности»** проведен анализ соответствующей литературы и на их основе проанализировано современное состояние и направления развития комплексной переработки и утилизация отходов медной промышленности, промежуточных продуктов, в частности, пыли и газов плавильных печей.

На сегодняшний день стремительное развитие научно-технического прогресса сопровождается резким увеличением потребления природных ресурсов и параллельным ростом количества отходов производства, при этом проблема рационального использования неразрывно связана с эффективностью промышленного производства, охраной окружающей среды и новыми разработками в области утилизации отходов.

За рубежом в медеплавильных заводах тонкой пыли из плавильного отделения и шламов сернокислотного цеха направлены на вывоз в хвостохранилища или неэффективное использование на действующих металлургических предприятиях, основным недостатком которых являются пылегазовые выбросы и связанные с ними потери ценных элементов. Основным методом переработки конвертерной пыли являются пирометаллургические процессы, а получаемая из них продукция низкого качества и нуждается в очистке от газов и обеззараживании. Продукция, получаемая при переработке техногенных отходов в пирометаллургических агрегатах, во многих случаях требует дополнительной доработки, что значительно снижает эффективность пирометаллургических схем.

Кроме того, тонкая пыль, образующаяся в процессе плавки меди на металлургических заводах республики, и шламы сернокислотных цехов не вовлечены в переработку, на сегодняшний день они накапливаются, а свалки и хвостохранилища требуют выделения значительных земельных площадей и приводят к деградации экологической ситуации на прилегающих территориях. Поэтому определены цели и задачи исследования на основе разработки усовершенствованной технологии обогащения, объединяющей выщелачивание хлорида натрия, сгущение-отстаивание, фильтрацию и карбонизацию для извлечения цветных и благородных металлов из шламов цеха производства серной кислоты и конвертерной пыли в практике выплавки меди.

Во второй главе диссертации **«Выбор объектов и методов исследования, а также исследование свойств конвертерной пыли и свинцово-висмутового шлама и их вещественного состава»** изучены физико-химические свойства, вещественный и минеральный состав пыли и шлама на объектах исследования и методы исследования. Также разработаны

методы исследования селективного выщелачивания при обогащении цветных и благородных металлов из состава тонкой конвертерной пыли и свинцово-висмутового шлама, сгущения-отстаивания мелких дисперсных частиц в пульпе и фильтрации в горячем состоянии.

В данной главе представлена методологическая часть диссертационной работы, в том числе методы изучения свойств объектов исследования. Для исследования были проведены лабораторные эксперименты, опытно-промышленные испытания, гранулометрический анализ, электронная микроскопия, пробирный анализ, химические и фазовые методы анализа, рентгенофазовый анализ, фотометрический анализ. Результаты химического анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав конвертерной пыли и свинцово-висмутового шлама

| Элемент, вещество | Наименование пробы и содержание компонента, % | |
|-------------------|---|--------------------------|
| | Конвертерная пыль | Свинцово-висмутовый шлам |
| Pb | 32,6 | 45,0 |
| Cu | 2,0 | 2,6 |
| Zn | 7,7 | 0,2 |
| Fe | 0,46 | 2,57 |
| Bi | 0,19 | 0,33 |
| SiO ₂ | 0,65 | 4,25 |
| S _{ум} | 13,15 | 9,79 |
| S _{SO4} | 8,56 | 8,32 |
| CaO | 0,91 | 2,84 |
| MgO | 0,06 | 0,33 |
| Гипс | - | 7,7 |
| Элемент, вещество | Наименование пробы и содержание компонента, г/т | |
| Au | 4,0 | 16,0 |
| Ag | 180,0 | 350,0 |
| Pd | - | 12,0 |
| Pt | - | 22,0 |

В результате исследований были выявлены следующие свойства пыли и свинцово-висмутового шлама:

Конвертерная пыль состоит из белого и светло-серого тонкодисперсного подвижного порошка с плотностью 1,37 г/см³, размером частиц 1-45 мкм (82% 1,5-30 мкм). Средняя влажность шлама составляет 9-11%, при сезонных колебаниях от 5 до 15%; начальный размер от 0,2 до 20 микрон (95% размеров частиц шлама приходится на диапазон 0,3 - 12 мкм). В процессе накопления сточных вод и высыхания на воздухе шлам образует отдельные агрегаты размером от 1 мм до 250 мм, размеры фракций неконтролируемы и непредсказуемы; основным материалом в составе является тонкодисперсный

PbSO₄. Плотность шлама в естественном состоянии составляет 1,9 г/см³, а при уплотнении - 2,1 г/см³, исходное значение рН шлама, накопленного на площадке, составляет 1,5-2,1, то есть кислотная среда.

Из данных табл. 1 видно, что наиболее распространенным компонентом по количеству в составе исходного продукта является свинец, его доля в пыли составляет 32,6%, а в шламе - 45,0%. Кроме того, содержание цинка в пыли составило 7,7%, а серы в пыли 13,15% и в шламе 9,79%. Содержание гипса в шламе до 7,7%. Из ценных компонентов в составе пыли и шлама можно увидеть множество ценных металлов, таких как: Cu - 2,0 и 2,6%, Вi - 0,19 и 0,33%, Au - 4,0 и 16,0 г/т, Ag - 180,0 и 350,0 г/т соответственно. Кроме того, содержание Pd и Pt в шламе составляет 12 и 22 г/т.

В третьей главе диссертации «**Научные основы разработки и внедрения технологии переработки пыли и шламов цеха серной кислоты, выделяемых в процессе плавки меди**» приведены результаты исследований по установлению оптимального соотношения их шихтовки для переработки пыли и шламов, увеличению содержания благородных металлов в кеке путем перевода свинца из шихты в раствор и извлечение свинца из раствора осаждением.

В связи с тем, что свинцово-висмутовый шлам длительное время насыщалась и впитывалась серной кислотой, ее рН среды достиг сверхнормального (рН=1,5-2) состояния, что негативно повлияло на рабочие части реакторов выщелачивания и другого технологического оборудования в процессе выщелачивания и привело к их разрушению.

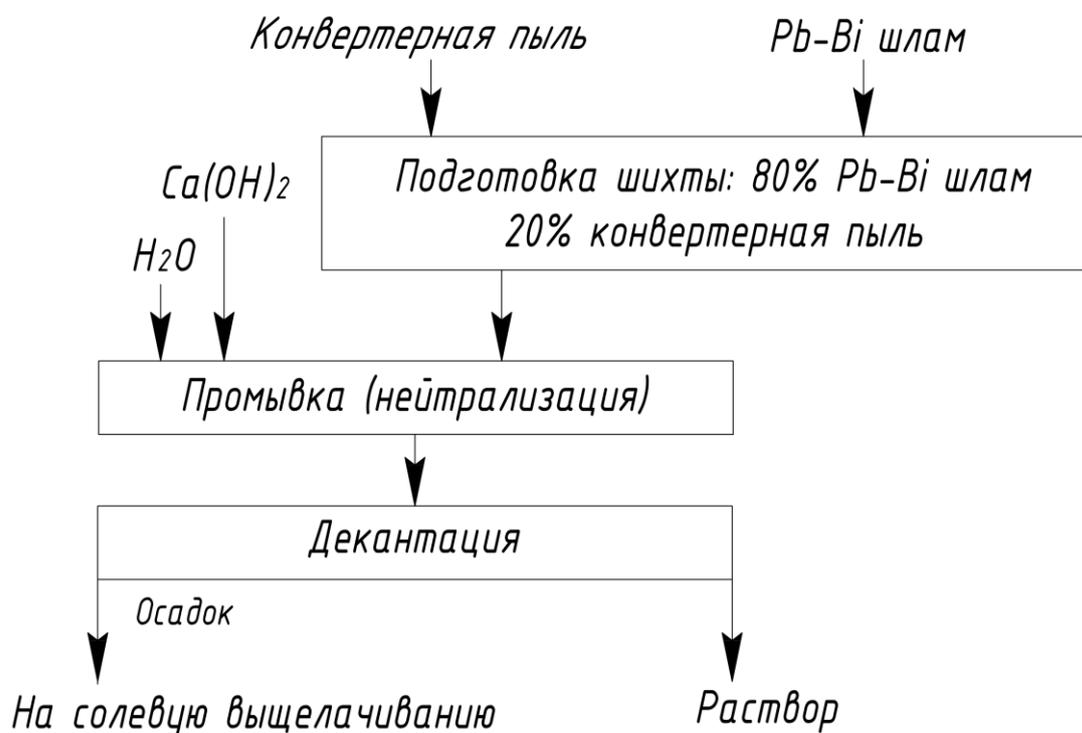


Рис. 1. Схема приготовления шихты для переработки свинцово-висмутового шлама и конвертерной тонкой пыли

В связи с этим уделено внимание вопросу направления на переработку пыли одновременно с повышением рН среды перерабатываемого продукта в

результате смешивания тонкодисперсной пыли образующейся при очистке газов на электрических фильтрах в процессе конвертирования медного штейна с свинцово-висмутовым шламом с образованием смеси (шихты). Схема приготовления шихты для переработки свинцово-висмутового шлама и конвертерной тонкой пыли представлена на рисунке 1.

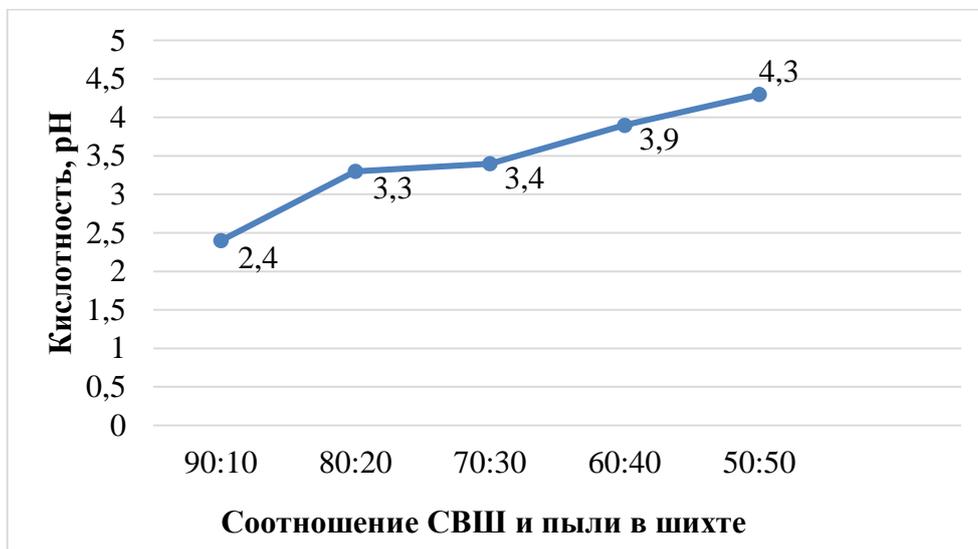


Рис. 2. Зависимость pH среды шихты СВШ и пыли от соотношения количества шлама и пыли

Из рисунка 2 видно, что с увеличением доли пыли в смеси кислотность смеси ослабевает, но даже при соотношении шлама и пыли в смеси 1:1 ее кислотность не повышается выше $pH=4,3$. Поэтому для доведения кислотности среды до 6-6,5 был проведен процесс промывки.

В процесс промывки добавляли известковое молоко, перемешивали в течение 20 минут, отстаивали и декантировали кислую раствор, а осадок отправляли на выщелачивание. Следует отметить, что в составе пыли содержание цинка в 35-40 раз больше, чем в СВШ, а также основная часть меди и цинка находится в виде сульфата. Установлено, что для предотвращения перехода и потери меди и цинка из пыли в раствор в процессе промывки наиболее оптимальным решением является принятие количества пыли в смеси в соотношении 80:20% по отношению к СВШ.

Для определения оптимальных показателей перехода свинца из осадка в раствор были проведены эксперименты с раствором хлорида натрия в различных концентрациях. Исследования проводились при температуре 80-95°C в течение 70-130 минут с изменением концентрации хлорида натрия от 180 г/л до 260 г/л соответственно.

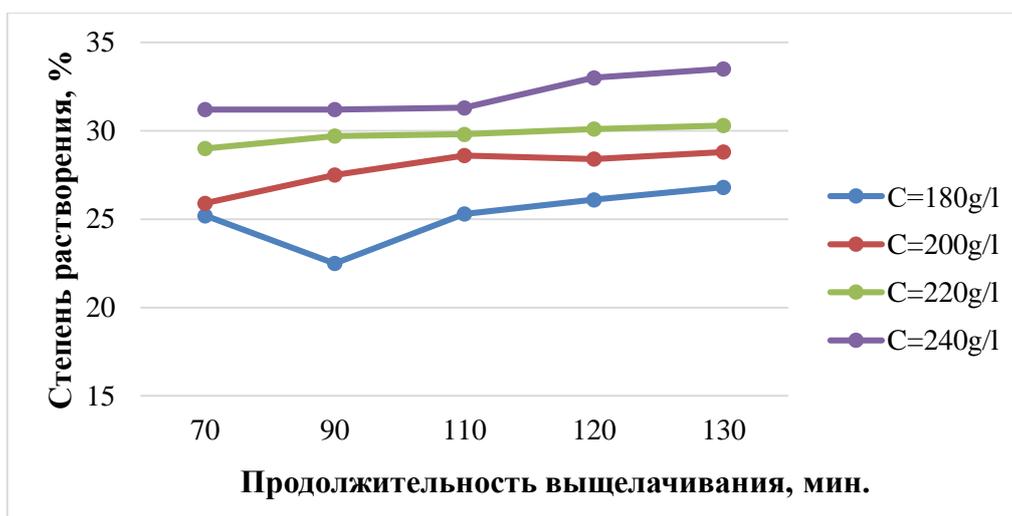


Рис. 3. Зависимость выделения свинца в раствор при температуре 80°C от концентрации хлорида натрия и продолжительности растворения

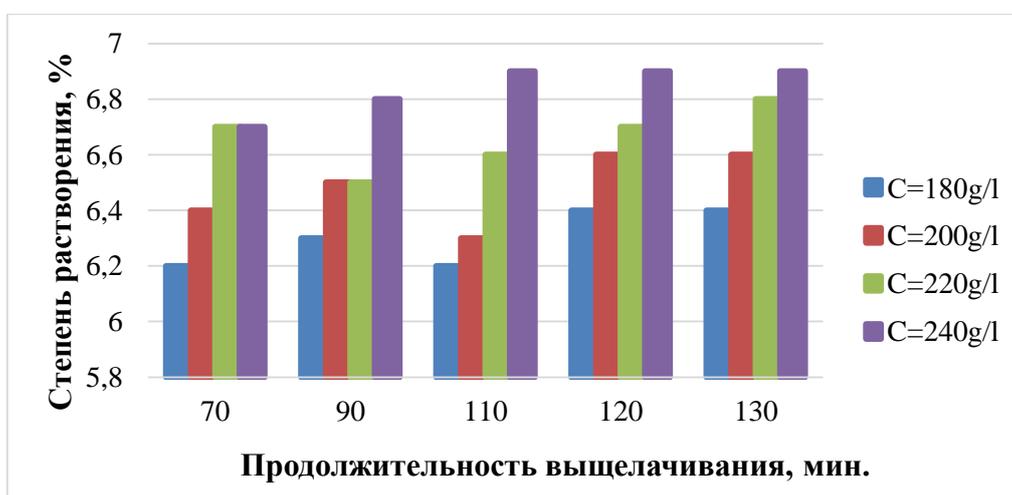


Рис. 4. Зависимость выделения серебра в раствор при температуре 80°C от концентрации хлорида натрия и продолжительности растворения

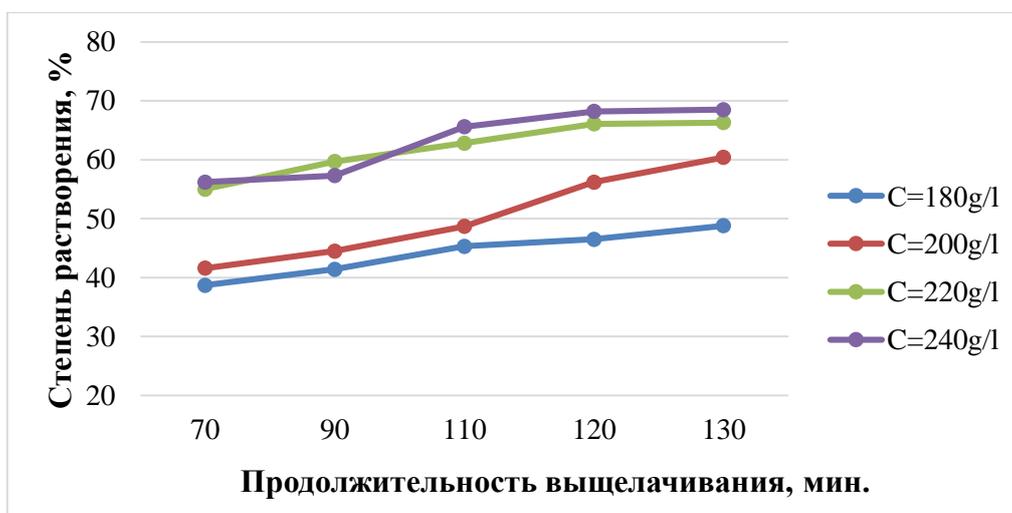


Рис. 5. Зависимость выделения свинца в раствор при температуре 90°C от концентрации хлорида натрия и продолжительности растворения

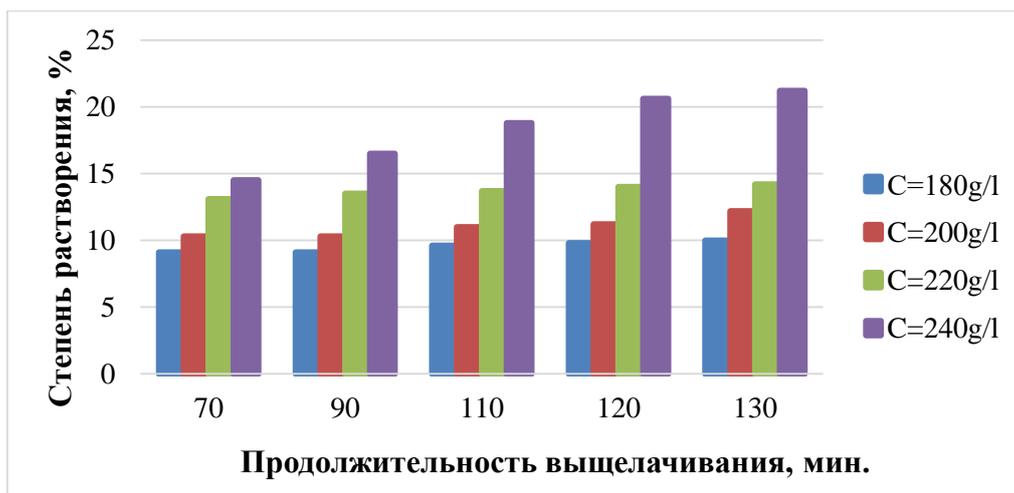


Рис. 6. Зависимость выделения серебра в раствор при температуре 90°C от концентрации хлорида натрия и продолжительности растворения

Результаты исследований, представленные на рисунках 5 и 6, показывают, что в результате при одностадийном выщелачивании хлоридом натрия до 70% свинец в составе исходной шихты переходит в раствор. Следует также отметить, что часть серебра также выделилась в раствор. Однако в литературе отмечается, что серебро не переходит в раствор хлорида натрия. Повышение температуры выше 90-95°C привело к переходу в раствор большого количества серебра, содержащегося в продукте. Кроме того, наблюдалось, что увеличение концентрации хлорида натрия в растворе ускоряет растворение серебра. Поэтому с целью повышения извлечения свинца из кека в раствор второй стадии выщелачивания хлоридом натрия проводили при температуре 80-95°C при концентрации хлорида натрия 180-220 г/л при соотношении Т:Ж = 1:4 в течение 60-105 минут.

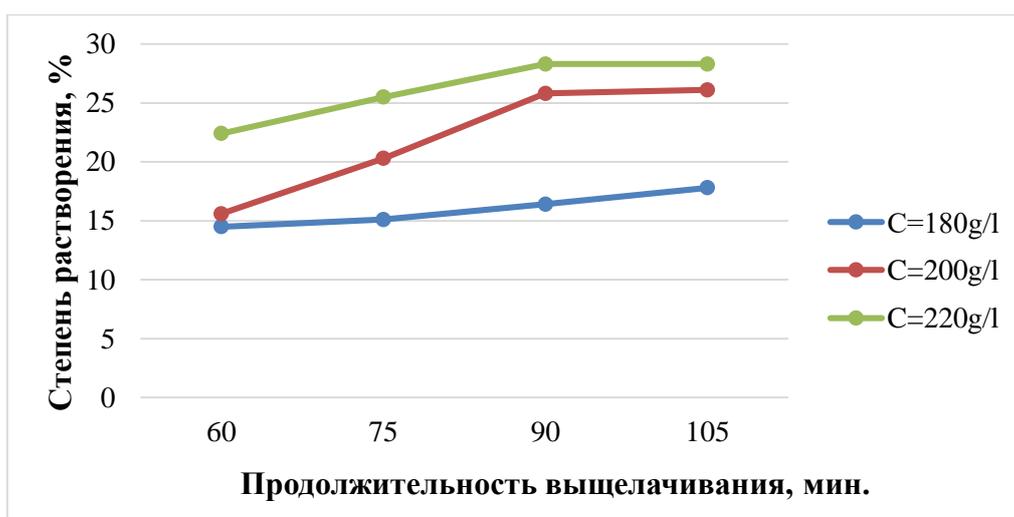


Рис. 7. Зависимость выделения свинца в раствор выщелачивания второй стадии при температуре 90°C от концентрации NaCl и продолжительности

Результаты исследования показали, что повышение температуры выщелачивания выше 92°C и концентрации NaCl выше 220 г/т ускоряет выделение в раствор не только свинца, но и серебра. Поэтому во время процесса температура поддерживалась на уровне 90-92°C, а концентрация NaCl не превышала 200 г/т.

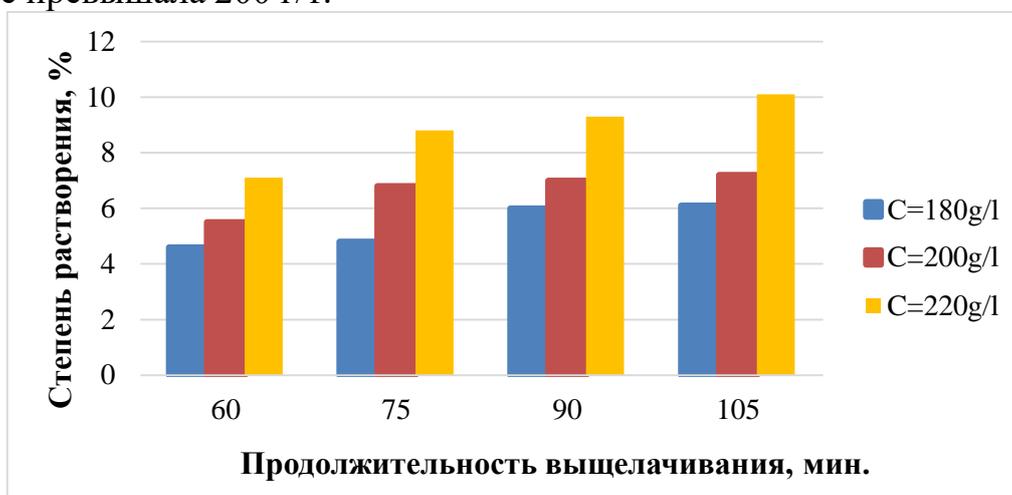


Рис. 8. Зависимость выделения серебра в раствор при температуре 90°C от концентрации хлорида натрия и продолжительности

Результаты проведенных лабораторных исследований показали, что при одностадийном выщелачивании свинец не полностью выделяется в раствор (66-68%) (рис. 5), после первой стадии выщелачивания и фильтрации подвергли выщелачиванию кек во второй стадии в течение 90 минут в растворе хлорида натрия концентрацией 200 г/л, при этом 91,9% свинца перешло в раствор (рис. 9).

Учитывая это, были установлены следующие оптимальные параметры выщелачивания свинца хлоридом натрия из состава шихты, приготовленной из конвертерной пыли и свинцово-висмутового шлама: температура - 90-92°C, продолжительность выщелачивания 120 минут на 1-стадии, 90 минут на 2-стадии, концентрация NaCl 220 г/л на 1-стадии, 200 г/л на 2-стадии.

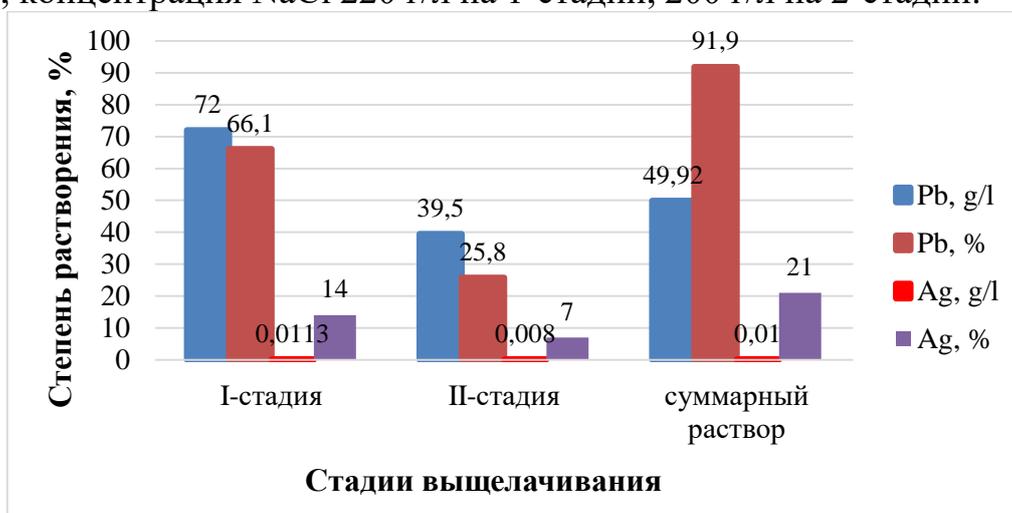
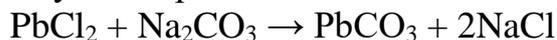


Рис. 9. Выделение Pb и Ag в раствор после двухстадийного выщелачивания при температуре 90°C в концентрации NaCl 220 г/л

В процессе сгущения-отстаивания и фильтрования температура пульпы не должна опускаться ниже 90-92°C, в противном случае наблюдается быстрое кристаллизации и выпадение хлорида свинца в осадок.

В проведенных исследованиях по карбонатному осаждению свинца из раствора хлорида свинца изучено влияние рН среды, температуры и количества карбоната натрия на протекание процесса. При добавлении карбоната натрия к водному раствору хлорида свинца карбонизация протекает по следующей реакции:



Исследования проводились при температуре 15-65°C с добавлением содового раствора технической каустической соды в количестве 170 г/л. Результаты эксперимента представлены на рисунках 10 и 11.

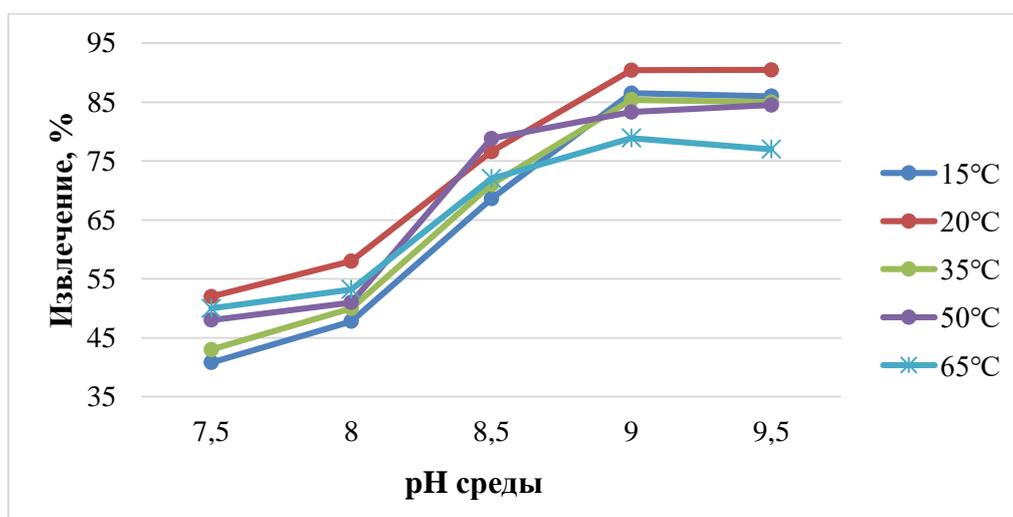


Рис. 10. Зависимость извлечения свинца в кек при карбонатном осаждении от рН и температуры

Результаты исследования показывают, что с повышением температуры раствора в процессе карбонизации ускоряется выделение свинца в осадок.

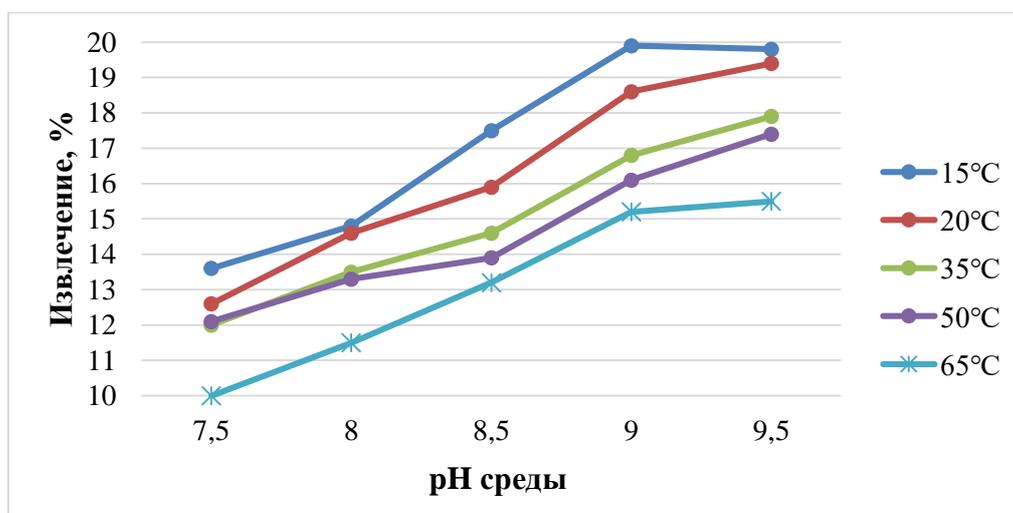


Рис. 11. Зависимость извлечения серебра в кек при карбонатном осаждении от рН и температуры

По мере повышения температуры до 20°C увеличивалось выделение в осадок как свинца, так и серебра, и в дальнейшем повышение температуры начинает отрицательно влиять на выделение.

Концентрация карбоната натрия и хлорида свинца в растворе влияет на вероятность их реакции и скорость реакции, при более высокой концентрации реакция протекает быстрее и образование карбоната свинца ($PbCO_3$) более эффективно. Если время реакции слишком длительное, в результате может снизиться распределение веществ или эффективность всей реакции. В ходе экспериментов было замечено, что в течение первых 15-20 минут процесса карбонизации осаждение протекало быстрыми темпами, а в течение следующих 10 минут свинец, оставшийся в растворе, продолжал медленно осаждаться.

Из рисунков 10 и 11 видно, что выпадение в осадок соответственно свинца и серебра достигает оптимального значения при достижении рН 8,8-9, а превышение рН 9 незначительно влияет на извлечение.

Исследования по сульфатизации свинца из раствора хлорида свинца, образующегося после солевого выщелачивания, проводили при температурах 20, 40, 60°C при расходах концентрированной серной кислоты 25, 30, 35 г/л.

В каждом режиме определяли содержание свинца в осадке кека, образующемся после сульфатизации, и его извлечения.

Хотя процесс сульфатизации хлорида свинца позволяет осаждать свинец, важно учитывать, что свинец и его соединения токсичны, кроме того, процесс сульфатизации требует дополнительного кислотостойкого оборудования, увеличивает количество вредных стоков и ухудшает условия труда.

Карбонизация хлорида свинца позволяет осаждать свинец из раствора хлорида свинца без какой-либо предварительной подготовки. Экологическая безопасность и возможность использования существующего оборудования из конструкционных сталей обеспечивают преимущество этого процесса.

После карбонизации полученный кек $PbCO_3$ прокаливали при температуре 450-470°C и получили глет (PbO). Содержание свинца в образце, привлеченном для прокалики, составляет 72%, а содержание серебра - 138 г/т.

Исследовано, что термическое разложение карбоната свинца на оксид свинца PbO протекает в основном в 3 стадии и зависит от температуры прокалики. Первый этап соответствует 50-250 °С, при этом уменьшение массы происходит за счет потери воды. Вторая стадия соответствует интервалу 250-400°C и протекает с быстрым уменьшением массы за счет выделения углекислого газа. Третья стадия происходит в диапазоне 400-450°C с разложением оксидов, и процесс термического разложения полностью завершается при 470°C. Результаты исследования представлены на рисунке 12.

Как видно из рисунка 12, что в результате прокалики при температуре 350-400°C содержание свинца в огарке не превышало 78%. Продолжительность времени прокалики при температуре 450°C играет важную роль, то есть

увеличение времени привело к увеличению содержания свинца в огарке и через 80 минут составило 86,8%.

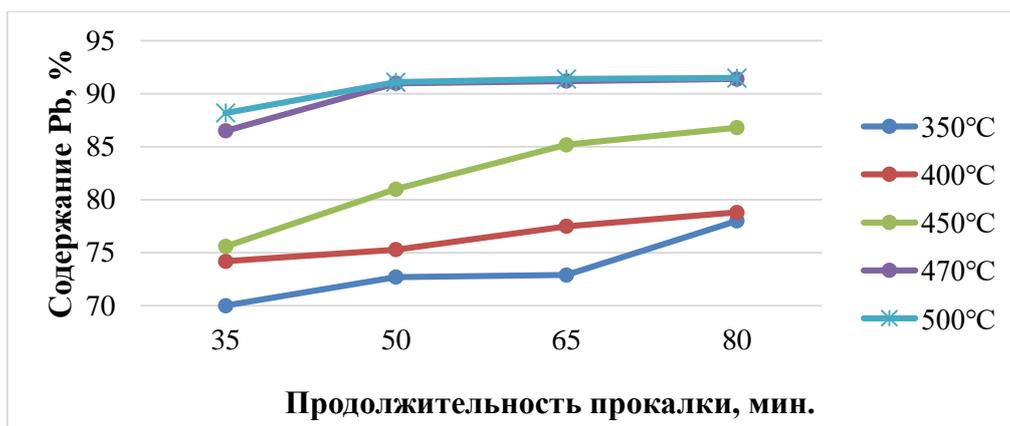


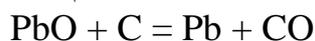
Рис. 12. Зависимость содержания свинца в кеке после прокалки от времени и температуры

При прокалке при температуре 470°C содержание свинца в огарке интенсивно увеличивалось до тех пор, пока продолжительность процесса не достигла 50 минут, и дальнейшее увеличение времени прокалки практически не повлияло на процесс прокалки. Повышение температуры выше 470°C в процессе прокалки не обеспечило улучшения результатов прокалки.

Учитывая вышеизложенное, по результатам проведенных исследований установлены следующие оптимальные параметры процесса прокалки осадков карбоната свинца: продолжительность процесса прокалки 50 минут и температура процесса 470°C.

Содержание свинца в составе PbO после прокалки составило 91,1%.

Восстановление оксида свинца до металлического состояния с помощью углерода, согласно термодинамическим расчетам, происходит при высокой температуре по следующей реакции:



Были проведены эксперименты по плавки полученного огарка в восстановительной среде в различных интервалах времени с повышением температуры от 880°C до 930°C (рис. 13). В процессе плавки в качестве восстановителя использовали графит, а в качестве флюса каустическую соду. При этом на 1000 гр PbO добавляли 59 гр графита и 30 гр каустической соды.

Результаты исследования показывают, что в процессе восстановительной плавки реакции восстановления свинца до металлического состояния заканчиваются в интервале температур 910-920°C и зависят от продолжительности восстановления.

Когда продолжительность восстановительной плавки достигает 50 минут, содержание свинца в металле достигает оптимального значения, и дальнейшее повышение температуры не оказывает положительного влияния на ход процесса.

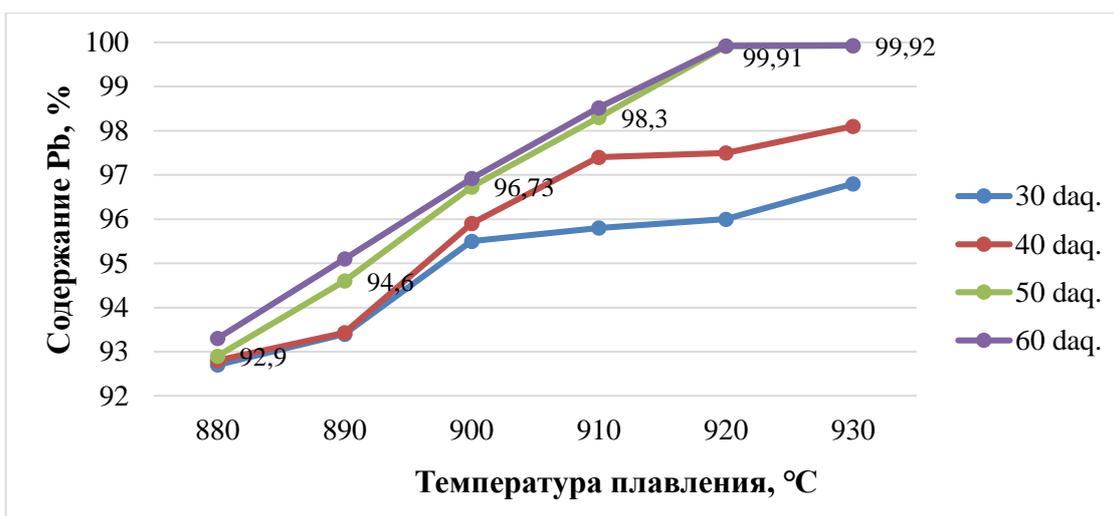


Рис. 13. Зависимость содержания свинца в отливке после плавления от температуры и продолжительности плавления

По результатам исследований установлены следующие оптимальные параметры процесса восстановления углеродом полученного после проковки порошка с массовой долей свинца 91,1%: - оптимальная продолжительность процесса восстановительной плавки углеродом составляет 50 минут; - оптимальная температура процесса плавки в восстановительной среде составляет 920°C. Таким образом, в результате плавки был получен металлический свинец с содержанием свинца 99,91%.

Оборудование, собранное на опытно-промышленной площадке, рассчитано на переработку 10 тонн шихты в сутки по схеме цепи аппаратов, то есть продолжительность одного цикла переработки составляет до 7 часов.

В сутки в 3 смены перерабатывается 3330 кг шихты. Расчет баланса металлов и качественно-количественной схемы переработки проводили для 1000 кг шихты (800 кг свинцово-висмутового шлама + 200 кг конвертерной пыли). Результаты расчета баланса металлов и качественно-количественной схемы переработки представлены на рис. 14.

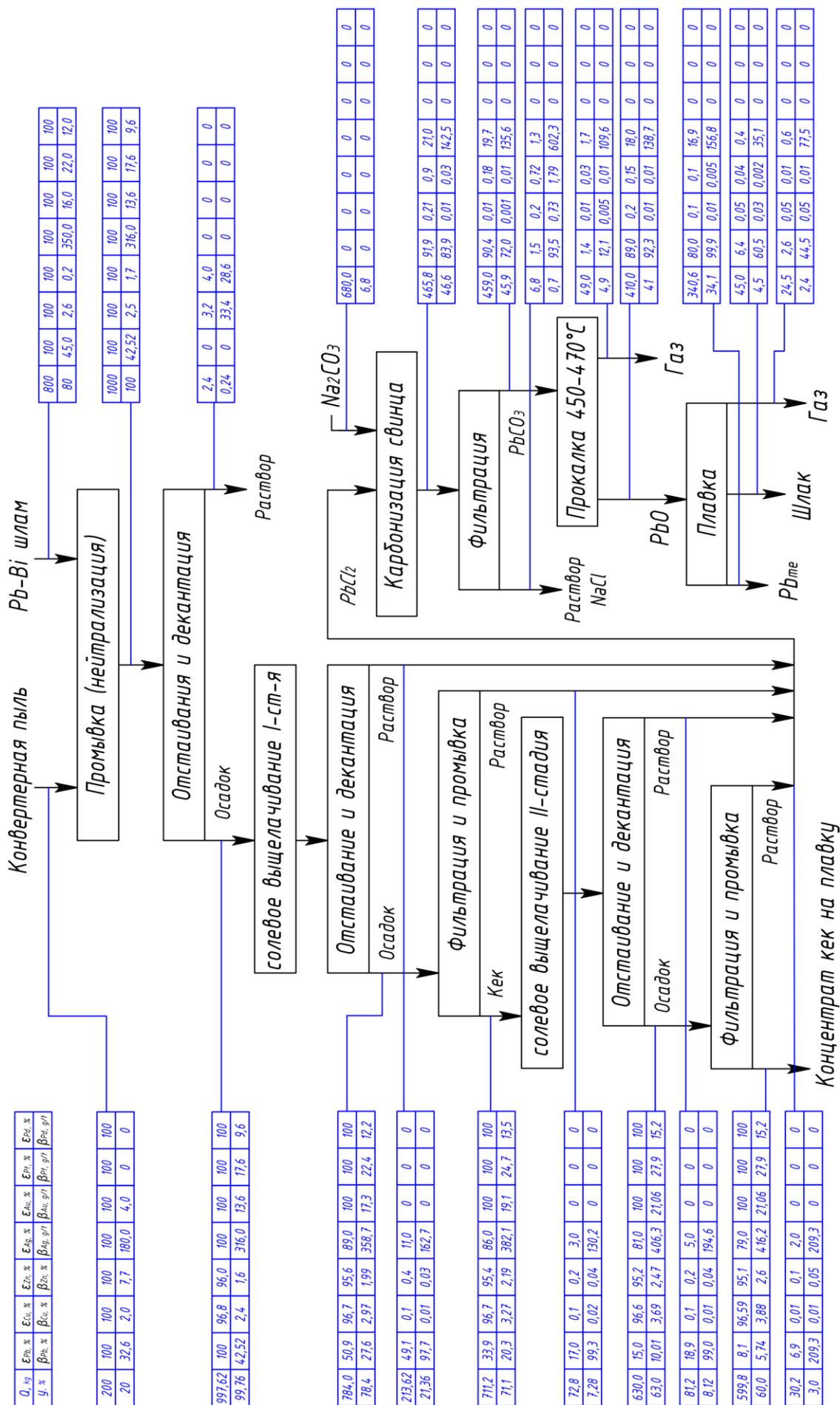


Рис. 14. Качественно-количественная схема переработки шламов производства серной кислоты и конвертерной пыли

В четвертой главе диссертации «Исследование методов ускорения процесса фильтрации пульпы и растворов при выщелачивании» приведены результаты исследований по улучшению показателей процессов предварительного сгущения-отстаивания растворов, декантации и фильтрации осадка с целью повышения эффективности фильтрации жидкой фазы из твердой фазы, являющейся одним из лимитирующих этапов процесса при переработке свинцово-висмутовым шламов и конвертерной пылью при выщелачивании.

Результаты фильтрации пульпы после выщелачивания раствора хлоридом натрия приведены на рисунке 15.

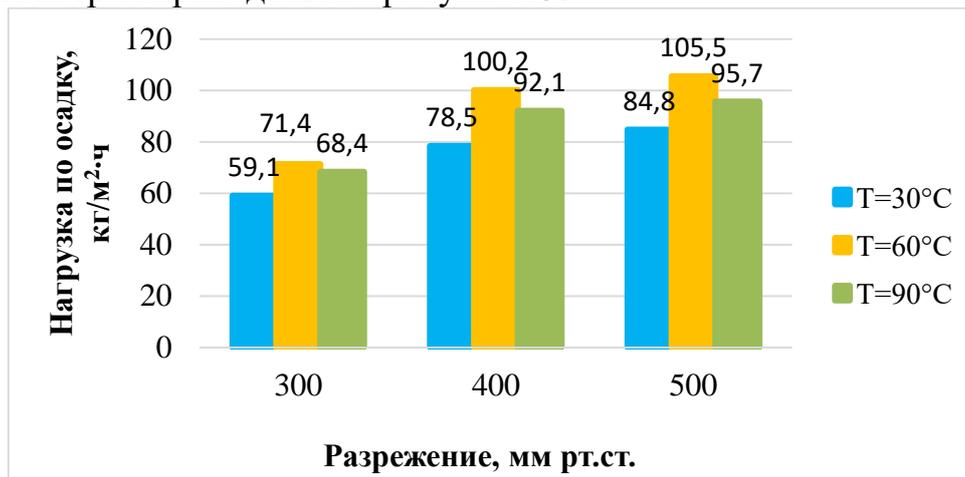


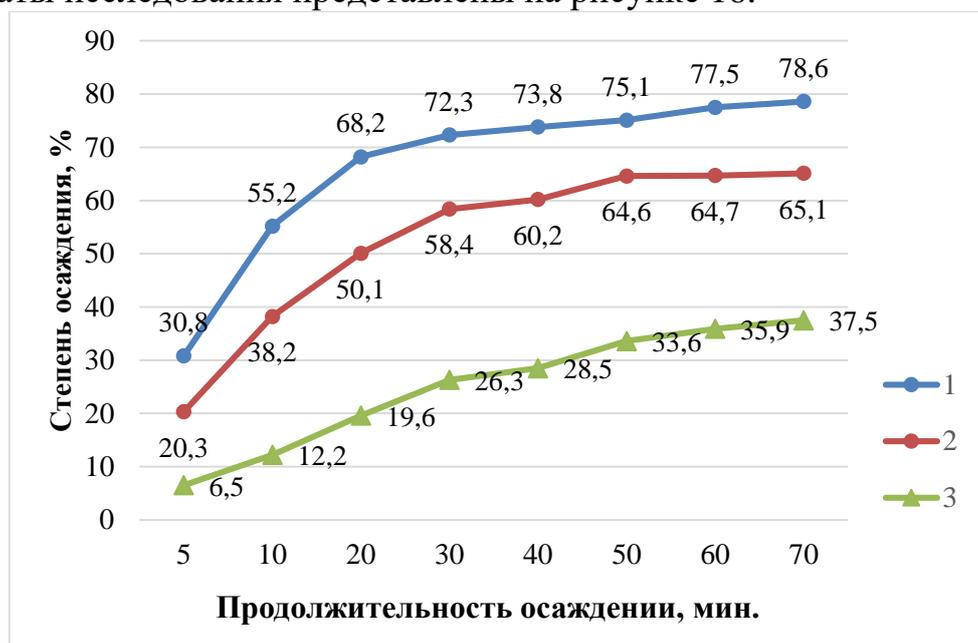
Рис. 15. Зависимость результатов фильтрации пульпы от разрежения и температуры после выщелачивания свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли хлоридом натрия

Из результатов фильтрации видно, что при повышении температуры от 30 до 60°C скорость фильтрации при разрежении 400 мм рт.ст. увеличивается от 78,5 до 100,2 кг/м²·ч по кеку. При повышении температуры наряду с уменьшением вязкости наблюдается также снижение поверхностного натяжения жидкости. При повышении температуры пульпы от 30 до 60°C ее вязкость значительно снижается на 20-25%. С увеличением разрежения скорость фильтрации значительно увеличивается, но мелкие частицы твердого продукта переходят в фильтрат, в результате чего снижается эффективность отделения выделяемых полезных компонентов.

Из рис. 15 видно, что при повышении температуры от 60 до 90°C скорость фильтрации по кеку снижается. Это можно объяснить тем, что при приближении температуры к 90°C мелкие частицы под действием тепла поднимаются в верхнюю часть пульпы и снижается вероятность выпадения в осадок.

Твердые частицы в пульпе находятся в тонкодисперсном состоянии, и в процессе фильтрации они застревают в отверстиях фильтрующей ткани. В результате скорость фильтрации резко снижается и повышается влажность осадка. Поэтому перед фильтрованием был проведен процесс отстаивания пульпы с загущением, изучено влияние различных физико-химических

факторов (продолжительность процесса, температура, флокулянты (полиакриламид - ПАА и праестол)) на процесс отстаивания пульпы. Результаты исследования представлены на рисунке 16.



1 - при добавлении 10 г/дм³ Na₂O и 12 г/т праестола; 2 - при добавлении 10 г/дм³ Na₂O и 18 г/т ПАА; 3 - без добавления щелочи и флокулянта
Рис. 16. Зависимость степени осаднения пульпы от времени в процессе выщелачивания при температуре 90°C

Полученные результаты показывают, что добавление праестола по сравнению с ПАА оказывает большое влияние на скорость отстаивания. При удержании пульпы в течение 30 минут наблюдается быстрое выпадение твердых частиц в осадок, однако увеличение времени отстаивания практически не повлияло на степень отстаивания пульпы. Начальное поле (до 10 минут) определяет относительно свободное падение для более крупных частиц. Участки кривых между 10 и 30 минутами определяют переходную зону, где частицы переходят из зоны свободного падения в зону режима стесненного падения. Это объясняется увеличением концентрации твердых частиц в нижней части осаждаемого раствора.

В частности, степень осветления пульпы на основе свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли через 10 минут с добавлением и без добавления флокулянтов (праестол и ПАА) достигает соответственно 55,2, 38,2 и 12,2%, а через 30 минут при температуре 90°C достигает соответственно 72,3, 58,4 и 26,3%. Установлено, что повышение температуры отстаивания выше 90°C отрицательно влияет на скорость отстаивания. Однако, снижение температуры ниже 90°C в процессе сгущения-отстаивания ускоряет кристаллизацию и выпадение в осадок части хлорида свинца. Поэтому процесс сгущения-отстаивания необходимо проводить при температуре не ниже 90°C.

Результаты исследований по определению скорости фильтрации осадка процесса отстаивания показывают, что повышение температуры и разрежение

оказывает существенное влияние на скорость фильтрации пульпы. В частности, повышение температуры с 30 до 90°C приводит к увеличению скорости фильтрации по осадку с 255,5 кг/м²·ч до 323,4 кг/м²·ч при разрежении 400 мм рт.ст. Выделение осадка увеличивается быстрыми темпами с повышением температуры от 30 до 60°C при разрежении столбика ртути от 300 мм до 400 мм и до 500 мм этот показатель продолжает незначительно увеличиваться.

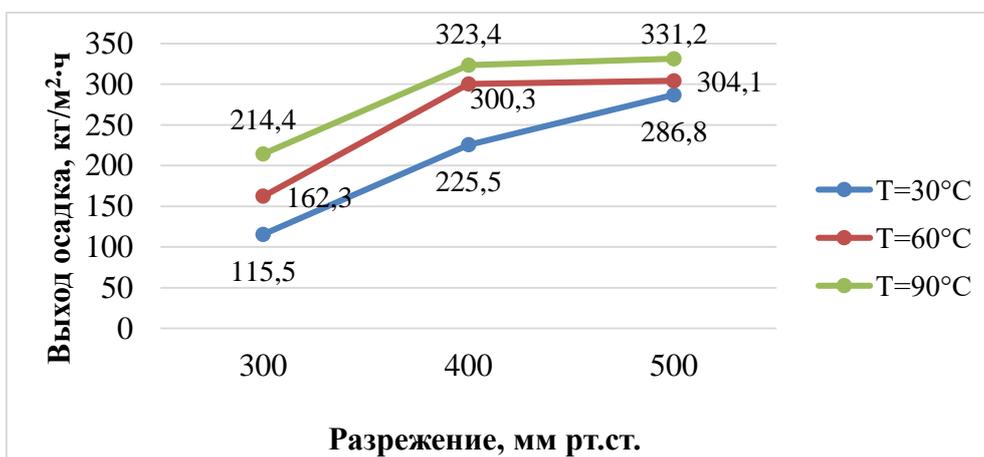


Рис. 17. Зависимость скорости фильтрации сгущенного осадка от разрежения и температуры

Если сравнить результаты фильтрации пульпы до и после отстаивания, то есть скорость фильтрации пульпы до и после отстаивания (соответственно 100,2 и 300,3 кг/м² ч, по кеку) увеличивается в 3 раза.

В результате введения в технологическую цепь процесса сгущение-отстаивания ускоряется попадание в осадок сверхтонких частиц, снижается количество осадка в результате декантации осветленного раствора, улучшаются показатели фильтрации, влажность кека составляет не более 24%, сокращается время фильтрации.

В пятой главе диссертации «**Разработка технологии комплексного извлечения редких и цветных металлов из состава свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли**» приведены разработанная усовершенствованная технологическая схема и схема цепи аппаратов обогащения и переработки конвертерной пыли и шлама а также результаты оценки технико-экономического эффекта от применения технологии.

В результате проведенных научных исследований разработана усовершенствованная технологическая схема переработки тонкодисперсной пыли конвертерного передела и шламов цеха по производству серной кислоты медеплавильного завода АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (рис. 18) и схема цепи аппаратов.

На медеплавильном заводе АО «Алмалыкский ГМК» состав шихты для плавки в отражательной печи для получения шлама оптимального состава должен быть установлен следующим образом, %: медный концентрат - 63,0; кварцевая руда - 10,0; оборотные материалы - 19,5; клинкер - 7,5.

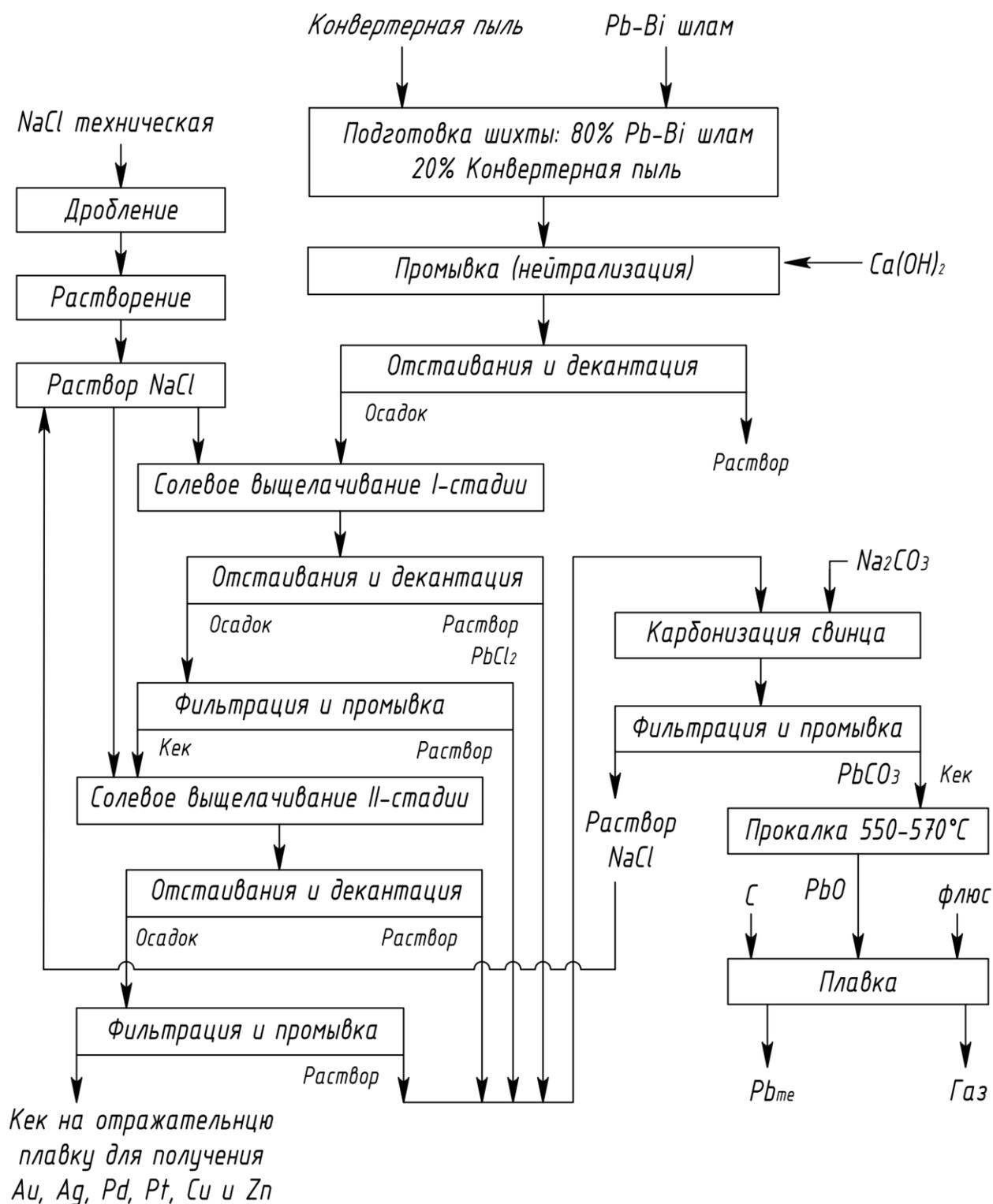


Рис. 18. Разработанная технологическая схема переработки свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли

На линии опытно-промышленных испытаний, собранной для переработки свинцово-висмутового шлама и конвертерной тонкой пыли, перерабатывается 10 тонн продукт в сутки (по 3,3 тонны в смену). В результате переработки, после солевого выщелачивания и фильтрации, образуется 6 т кека. Полученные 6 т кека расплавляются в отражательной печи вместе с

исходной шихтой. При этом доля кека в шихте составляет 0,7%. В табл. 2 приведен состав кека, обогащенного благородными металлами, полученного после переработки свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли.

Таблица 2

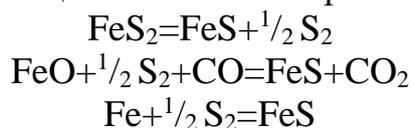
Состав кека, полученного после переработки свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли

| Тн. | Количество | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|-------|-----|-----|-------|-----|-------|--------|-------|-----|-----|----|
| | Cu | | Zn | | Au | | Ag | | Pt | | Pd | |
| | % | кг | % | кг | г/т | гр | г/т | гр | г/т | гр | г/т | гр |
| 6 | 3,88 | 232,8 | 2,6 | 156 | 22,67 | 136 | 416,2 | 2496,4 | 29,34 | 176 | 16 | 96 |

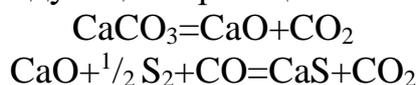
В результате добавления в шихту отражательной печи кека, состав которого приведено в табл. 2, помимо клинкера, медного концентрата и оборотных материалов, ежемесячно дополнительно получают, в кг: 3,918 Au; 71,148 Ag; 4,542 Pt; 2,592 Pd; 6774 Cu и 4398 Zn.

В отражательную печь в сутки поступает 344,4 кг свинец в виде оксидов в составе кека. В час она составляет 28,7 кг.

В этом случае механизм сульфидирования и связывания серы для данной шихты протекает по следующим химическим реакциям:



Потому что в шихту необходимо вводить известняк, который связывает серу и ее соединения со следующими реакциями:



По результатам измерений пылегазоочистки установлено следующее: содержание SO₂ - 0,2-0,9%; запыленность - 0,25-0,4 г/см³.

При данной концентрации шихты (Q - 850 т/сутки) масса отходящих газов составляет 360 - 425 кг/час, но не более. Содержание меди в шлаке составляет 0,5-0,7%, серы - 0,8-1,0%, а содержание меди в штейне - 20-24%.

От реализации готовой продукции, полученной в результате переработки 10 тонн продукции в сутки, будет получено 30979,8 долларов США или 8178661,3 доллара США в год (курс доллара, рассчитанный по состоянию на сентябрь 2024 года, составляет 1 доллар = 12 600 сумов) или 103 051 132 874 сума.

Общая прибыль Ф_о:

$$\text{Ф}_o = \text{Ц} - \text{Т} = 103\,051\,132\,874 - 19\,046\,773\,412 = 84\,004\,359\,462 \text{ сум.}$$

Чистая прибыль, включая налог:

$$\text{Ф}_ч = \text{Ф}_o \times 0,76 = 84\,004\,359\,462 \times 0,76 = 63\,843\,313\,198 \text{ сум.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора технических наук (DSc) на тему: «Разработка и усовершенствование технологии извлечения цветных и благородных металлов из пыли и газов медного производства» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. В результате исследования гранулометрического и минерального состава свинцово-висмутового шлама сернокислотного производства и конвертерной пыли впервые установлено, что они имеют сверхтонкий размер 0,1-10 мкм, а также теоретически обосновано образование и накопление цветных и благородных металлов в пылегазовых продуктах процессов плавки меди. На основе проведенных исследований установлено, что они являются ценным сырьем для цветных и редких металлов, их переработка актуальна с экономической точки зрения, а также позволяет оценить возможные риски с точки зрения охраны окружающей среды;

2. Оптимальное соотношение приготовления шихты, состоящей из свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли, составляет 4:1, при промывке (нейтрализации) шихты в этом соотношении кислотность снижается до pH 6,5.

3. На основе результатов исследований разработаны оптимальные параметры извлечения свинца из шлама и конвертерной пыли двухстадийным выщелачиванием с использованием хлорида натрия. Этот метод позволяет обогатить кек путем растворения 91,9% свинца при температуре 92°C и концентрации растворителя 220 г/л, т.е. извлечь в кек: 96,59% меди, 95,1% цинка и 81,0% серебра, а также всю золоту, платину и палладия;

4. Разработаны и рекомендованы оптимальные условия процесса осветления раствора, декантации и горячей фильтрации осадка с использованием высокомолекулярных полимеров. Это позволяет увеличить скорость фильтрации в 3 раза;

5. Экспериментально установлены и утверждены оптимальные параметры карбонизации раствора хлорида свинца. При этом достигается получение химического концентрата карбоната свинца с содержанием 70% Pb путем осаждения при pH 8,5-9 и температуре 20°C;

6. В результате исследований были определены оптимальные параметры прокалки карбоната свинца с получением оксида свинца (глета), содержащего 92% Pb, и рекомендованы к внедрению в производство. В результате восстановительной плавки оксида свинца при 920°C получен металлический свинец чистотой 99,91%;

7. Впервые разработана усовершенствованная технологическая схема и схема цепи аппаратов комплексного извлечения цветных и благородных металлов из свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли. Это служит для производства дополнительных цветных и благородных металлов путем переработки пыли и шлама, накопленных в течение долгих лет;

8. Теоретически обоснованы закономерности плавки кека, обогащенного благородными металлами, полученного после солевого выщелачивания. Плавление полученного кека с медным концентратом служит для перевода благородных металлов в штейн-фазу;

9. Установлено, что ожидаемый экономический эффект от применения разработанной усовершенствованной технологии комплексного извлечения цветных и благородных металлов из свинцово-висмутового шлама и конвертерной пыли составляет 63 миллиарда 843 миллиона 313 тысяч сумов в год.

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

NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES

SAIDAKHMEDOV AKTAM ABDISAMIEVICH

**DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR
EXTRACTING NON-FERROUS AND NOBLE METALS FROM DUST
AND GASES OF COPPER PRODUCTION**

04.00.14 – Mineral processing

**DISSERTATION ABSTRACT
for the Doctor of TECHNICAL SCIENCES (DSc)**

Navoi – 2025

The theme of dissertation Doctor of Sciences (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan under No.B2024.4.DSc/T846.

The dissertation has been carried out at the oi State University of Mining and Technologies.

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

Scientific Consultant:

Khasanov Abdurashid Salievich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Ergashev Ulugbek Abdurasulovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Shadrunova Irina Vladimirovna
Doctor of Technical Sciences, Professor

Tastanov Erbulat Adiyatovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization:

Branch of the National University of Science and Technology “MISiS” in Almalyk.

The defense of the dissertation will be held on « 17 » 09 2025 at 14⁰⁰ at the meeting of the Scientific Council DSc.17/04.06.2021.T.06.01 at the Navoi State University of Mining and technologies. (Address: 210100, Navoi, Galaba Shokh Street, 76v. Conference Hall of the Navoi State University of Mining and technologies Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz, www.nsumt.uz).

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State University of Mining and Technologies under No 220 (Adress: 210100, Navoi, 76V Galaba Shokh St. Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66.)

The abstract of the dissertation is distributed on « 05 » 09 2025.
(Protocol at the register No 24 dated « 05 » 09 2025.



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

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

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

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of Doctor of Science (DSc))

The aim of the work is to develop and improve a technology aimed at enriching the content of non-ferrous and noble metals from fine dust of the electrical filter converter and lead-bismuth sludges formed during the production of sulfuric acid.

The objects of the study are sludge generated during wet gas cleaning in the process of sulfuric acid production, as well as the fine dust formed during the conversion of copper matte at the copper smelting plant of JSC «Almalyk Mining and Metallurgical Combine».

The scientific novelty of the research is as follows:

based on the granulometric and mineral composition of the lead-bismuth sludge of the sulfuric acid production and converter dust, it was established that they have a superfine size of 0.1-10 μm , and the formation and accumulation of non-ferrous and noble metals in the dust-gas products of copper smelting processes were theoretically substantiated;

enrichment technology parameters have been developed that allow for the transfer of 91.9% of lead to a solution by two-stage leaching of lead with sodium chloride from the sediment, washing, and decanting of lead-bismuth sludge and converter dust, as well as the complete extraction of gold, platinum, and palladium, and 96.59% of copper, 95.1% of zinc, and 79.0% of silver into the cake;

the optimal parameters of the sediment filtration process through thickening-settling and decantation of the technological leaching solution have been determined, allowing for the isolation of lead chloride and increasing the filtration rate by 3 times;

optimal parameters have been determined that allow obtaining a chemical concentrate of lead carbonate with a 72% Pb content by precipitating lead from a chloride solution during carbonization at a pH of 8.5-9 and a temperature of 20 °C;

an improved technological scheme and a chain diagram of apparatuses for the complex extraction of non-ferrous and noble metals from lead-bismuth sludge and converter dust into concentrate have been developed;

the patterns of smelting the cake obtained after salt leaching containing noble metals have been substantiated and the parameters for the transition of noble metals to the matte phase have been established, and the technological process has been fully developed and improved.

Implementation of research results. Based on the obtained scientific results on the development of an improved technology for extracting non-ferrous and noble metals from dust and gas products of copper smelting:

The technological scheme for the complex extraction of non-ferrous and noble metals from the lead-bismuth sludge of the sulfuric acid production shop (80%) and converter dust (20%) has been implemented in the production at the copper smelting plant of Almalyk MMC JSC (certificate No. 08-24/01-01084 of Almalyk MMC JSC dated August 16, 2024). As a result, it became possible to extract precious metals into the concentrate from technogenic waste accumulated without use for many years;

The technology of two-stage salt leaching of lead-bismuth sludge of the sulfuric acid production shop and converter dust with the addition of technical salt, decantation of fine particles using solution settling and hot filtration of the precipitate was introduced at the copper smelting plant of Almalyk MMC JSC (certificate No. 08-24/01-01084 of Almalyk MMC JSC dated August 16, 2024). As a result, 92% of the lead was converted into a solution, and an enriched cake was obtained, containing (g/t): 16 Pd; 29.3 Pt; 22.6 Au; 416.1 Ag; and (%): 3.88 Cu; 2,6 Zn, and an increase in filtration rate of 3 times was achieved;

The optimal carbonization parameters of the lead chloride solution formed after salt leaching have been implemented in production at the copper smelting plant of Almalyk MMC JSC (certificate No. 08-24/01-01084 of Almalyk MMC JSC dated August 16, 2024). As a result, a chemical concentrate containing more than 70% lead was obtained by precipitating lead in a carbonate state with the addition of Na_2CO_3 from the solution at pH=8.5-9.0, filtration, and reduction melting of the resulting lead carbonate to obtain metallic lead with a purity of 99.9%;

The technological scheme for smelting the cake obtained after salt leaching of the lead-bismuth slurry of the sulfuric acid and fine converter dust production shop in a reflective furnace has been implemented at the copper smelting plant of Almalyk MMC JSC (certificate No. 08-24/01-01084 of Almalyk MMC JSC dated August 16, 2024). As a result, precious metals were extracted into the matte from the enriched cake, including (%): 96 Au; 95 Ag; 90 Pd; 86 Pt, 94 Zn, and 97 Cu.

The structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The volume of the dissertation is 200 pages of computer text.

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

I bo'lim (I часть, part I)

1. Саидахмедов А.А. Технология извлечения цветных металлов из конвертерной пыли медеплавильных заводов // Монография. Навоий. "Navoiy", 2023. – 132 с.
2. Хасанов А.С., Саидахмедов А.А., Мирзанова З.А., Умаралиев И.С. Переработка продуктов и отходов газоочистки медного производства // Монография. Навоий, "Navoiy", 2024. – 372 с.
3. Саидахмедов А.А., Хасанов А.С., Мирзанова З.А. Разработка технологии получения свинца из конвертерной пыли // Горный вестник Узбекистана. – Навоий, 2020. – №4. – С. 50-52 (04.00.00; №3).
4. Саидахмедов А.А., Хасанов А.С. Исследование интенсификации процесса фильтрации растворов выщелачивания при переработке техногенных отходов // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2021. – №1. – С. 85-91 (05.02.01; №20).
5. Khasanov A.S., Saidakhmedov A.A., Shodiev A.N. Study of the Intensification of the Process of Filtration of Leaching Solutions During the Processing of Copper Production Waste // Journal of pharmaceutical negative results. Vol. 13 SPECIAL ISSUE 08 (2022). – P. 2415-2421.
6. Saidaxmedov A.A., Xasanov A.S. Mis eritish pechlari changlari tarkibidan oltin va kumushni ajratib olish usullarini tadqiq qilish // Kompozitsion materiallar. – Toshkent, 2023. – №2. – 141-145 b (05.00.00; №13).
7. Xasanov A.S., Saidaxmedov A.A. Konverter changlari va sulfat kislota ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlash usullarini tadqiq qilish // Journal of Advances in Engineering Technology. 2023. – Vol.4(12). – P. 9-11.
8. Xasanov A.S., Saidaxmedov A.A. Mis eritish zavodi changlarini qayta iashlashda tanlab eritish eritmalarini filtrlash jarayonini jadallashtirish // International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences. 2023. – Vol.4(4). – P. 16-22.
9. Саидахмедов А.А., Хасанов А.С., Амриддинов М.К. К вопросу утилизации и переработке продуктов и отходов газоочистки медного производства // Композиционные материалы. – Ташкент, 2023. – №4. – С. 204-206 (05.00.00; №13).
10. Саидахмедов А.А., Хасанов А.С., Амриддинов М.К. Исследование методов извлечения металлов из свинцово-висмутовых шламов и конвертерной пыли // Цифровые технологии в промышленности. – Карши, 2024. – №3. – С. 50-54 (05.00.00).
11. Khasanov A.S., Saidakhmedov A.A. Research of the distribution of disperse particles of valuable components in the sludge of the sulfuric acid shop of copper smelters // Universum: технические науки. – Moscow, 2024. – №9 – С. 9-13 (02.00.00; №1).

12. Khasanov A.S., Saidakhmedov A.A. Development of technology for processing sulfuric acid waste and converter dust // Universum: технические науки. – Москва, 2024. – №9 – С. 13-17 (02.00.00; №1).

13. Foydali model uchun patent FAP 02313. Metall qo‘rg‘oshinni olish uchun mayda converter changlarini qayta ishlash usuli / Abdulkadirov A.A., Xasanov A.S., Pirmatov E.A., Umarov F.Y., Isroilov A.T., Nosirov U.F., Saidaxmetov A.A., Mirzanova Z.A., Xaspoladov V.Sh., Xudoyorov S.R. // O‘zbekiston Respublikasi Foydali modellar davlat reyestrda 31.07.2023 yilda ro‘yxatdan o‘tkazildi.

II bo‘lim (II часть; part II)

14. Саидахмедов А.А., Сирожов Т.Т., Шодиев А.Н., Муродиллаева С.О. Исследование распределение дисперсных частиц ценных компонентов при переработке конвертерной пыли медеплавильных заводов // Цифровые технологии в промышленности. – Карши. 2024. – №2. – С. 49-56.

15. Saidaxmedov A.A., Amriddinov M.Q. Murodillaeva S.O. Konverter changlari tarkibidan oltin va kumushni ajratib olish texnologiyasini tadqiq qilish // Sanoatda raqamli texnologiyalar. – Qarshi. 2023. – №2. – 39-45 b.

16. Saidaxmedov A.A. Shodiyev A.N. Mis eritish zavodi converter changini qayta ishlash jarayonida qo‘rg‘oshinning tuzli eritmaga o‘tishini tuzning konsentratsiyasiga bog‘liqligini aniqlash uchun dasturiy ta‘minot // DGU 21633. 2023.

17. Саидахмедов А.А. Исследование технологии получения свинца из конвертерной пыли // XIV международная конференция, посвященная 40-летию Института химии и химической технологии Сибирского отделения РАН на тему: «Металлургия цветных, редких и благородных металлов». – Красноярск, 6-9 сентябрь 2021 г. – С. 36-39.

18. Хасанов А.С. Саидахмедов А.А. Неменёнок Б.М. Получение металлического свинца из конвертерной пыли медеплавильного завода АО АГМК // Форум проектов программ союзного государства – X форум вузов инженерно-технологического профиля. – Минск, БНТУ. 6-10 декабря 2021 г. – С. 59-60.

19. Saidaxmedov A.A., Xasanov A.S, Bahodirov X.Q. Mis ishlab chiqarish sanoati chiqindi chang va gazlarini kompleks qayta ishlash asosida qo‘shimcha rangli metallarni ajratib olish imkoniyatlari // “Geologiya sohasining dolzarb masalalari, foydali qazilmalarni prognozlash, qazib olish va qayta ishlash texnologiyasining innovatsion usullari” xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Toshkent, MRI DM, 2022 yil 28 iyun. – 353-355 b.

20. Saidaxmedov A.A. Mis eritish sanoati texnogen chiqindilardan qimmatbaho metallarni ajratib olish imkoniyatlari // “O‘zbekistonda tabiiy resurslardan foydalanish va qayta ishlash jarayonida atrof muhitni ifloslanish muammolari va yechimlari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani. – Qarshi, 25-26 mart 2022 y. – 375-376 b.

21. Saidaxmedov A.A., Baxodirov X.Q. Mis eritish konxonalari changlarini qayta ishlash usullarini tadqiq qilish // Zarafshon vohasini kompleks innovatsion

rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. – Navoi, 27-28 oktabr 2022 y. – 441-444 b.

22. Саидахмедов А.А. Хасанов А.С. Амриддинов М.К. Муродиллаева С.О. Шлам сернокислотного цеха медеплавильного завода АО АГМК – альтернативный источник получения ценных металлов // Navoiy kon-metallurgiya kombinatining 65 yilligiga bag'ishlangan «Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari» IV-xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Navoi, 16-17 noyabr 2023 y. – 297 b.

23. Хасанов А.С., Саидахмедов А.А., Бабаев М.Ш. Утилизация продуктов и отходов газоочистки медного производства с извлечением ценных металлов // Международная научно-практическая конференция на тему: «Ресурсосберегающие технологии в минерально-индустриальном мегакомплексе в условиях устойчивого развития экономики». – Алматы, 14-15 март 2024 г. – С 277-278.

24. Вохидов Б.Р. Саидахмедов А.А. Бабаев М.Ш. Разработка способа извлечения благородных металлов с применением селективных методов растворения // Международная научно-практическая конференция на тему: «Ресурсосберегающие технологии в минерально-индустриальном мегакомплексе в условиях устойчивого развития экономики». – Алматы, 14-15 март 2024 г. – С 280-282.

25. Хасанов А.С., Саидахмедов А.А., Мирзанова З.А. Влияние концентрации NaCl на извлечение серебра при солевом выщелачивании конвертерной пыли // XXII Уральская горнопромышленная декада. XXIX Международная научно-техническая конференция на тему: «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». – Екатеринбург, 04-05 апреля 2024 г. – С 150-152.

26. Хасанов А.С., Саидахмедов А.А., Мирзанова З.А. Исследование переработки пылегазовых продуктов производства меди // XXII Уральская горнопромышленная декада. XXIX Международная научно-техническая конференция на тему: «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». – Екатеринбург, 04-05 апреля 2024 г. – С 152-156.

27. Саидахмедов А.А., Хасанов А.С., Мирзанова З.А., Амриддинов М. Поведение свинца и благородных металлов при выщелачивании шлама сернокислотного цеха медеплавильного завода АО АГМК // Республиканская научно-техническая конференция на тему: «Перспективы развития композиционных материалов». – Ташкент, 19-20 сентябрь 2024 г. – С 154-155.

28. Saidaxmedov A.A., Xasanov A.S., Qurbonov B.T. Sulfat kislotasi ishlab chiqarish sexi loyqasini tanlab eritishda filtrlashga ta'sir qiluvchi omillar // «Kimyo sanoatining dolzarb muammolari, innovatsion yechimlari va istiqbollari» mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Olmaliq, 1-noyabr 2024 y. – 276-277 b.

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

Bichimi 60x84_{1/16}. Ofis qog‘ozi. Raqamli bosma usulida chop etildi. Times New Roman garniturasida. Shartli bosma tabog‘i: 3,9. Adadi 60. Buyurtma № 40 .
Guvohnoma № 021683 “SARMISH NASHR” MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: Navoiy sh., G‘alaba shox ko‘chasi, 84a-uy

