

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.17/04.06.2021.Т.06.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ОЛМАЛИҚ ФИЛИАЛИ**

**БОЛТАЕВ ОЛМОС НАЖМИДИНОВИЧ**

**МИС ИШЛАБ ЧИҚАРИШДАГИ ТЕХНОЛОГИК ЭРИТМАЛАРДАН  
ҚИММАТЛИ КОМПОНЕНТЛАРНИ КОМПЛЕКС АЖРАТИБ ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**05.02.01– Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси.**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси**

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

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

**Болтаев Олмос Нажмидинович**

Мис ишлаб чиқаришдаги технологик эритмалардан қимматли  
компонентларни комплекс ажратиб олиш технологияси ..... 3

**Болтаев Олмос Нажмидинович**

Технология комплексного извлечения ценных компонентов  
из технологических растворов медного производства ..... 21

**Boltaev Olmos Najmidinovich**

Technology of complex extraction of valuable components  
from technological solutions of copper production..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 42

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.17/04.06.2021.Т.06.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ОЛМАЛИҚ ФИЛИАЛИ**

**БОЛТАЕВ ОЛМОС НАЖМИДИНОВИЧ**

**МИС ИШЛАБ ЧИҚАРИШДАГИ ТЕХНОЛОГИК ЭРИТМАЛАРДАН  
ҚИММАТЛИ КОМПОНЕНТЛАРНИ КОМПЛЕКС АЖРАТИБ ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**05.02.01– Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар металлургияси.**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.2.PhD/Т719 рақам билан рўйхатга олинган.**

Докторлик диссертацияси Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети Олмалиқ филиалида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенашнинг веб-саҳифасида ([www.ndki.uz](http://www.ndki.uz)) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Холиқулов Дониёр Бахтиёрович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Шарафутдинов Улугбек Зиятович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Бердияров Бахриддин Тиловкабулович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Миллий технологик тадқиқотлар университети  
“МИСиС”нинг Олмалиқ шаҳридаги филиали**

Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университети ҳузуридаги DSc.17/04.06.2021.Т.06.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «28» сентябр соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Маҳмуд Таробий кўчаси, 72-уй. Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университетининг мажлислар зали. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz), [nsmi@gmail.com](mailto:nsmi@gmail.com).

Диссертация билан Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин ( 97 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Маҳмуд Таробий кўчаси, 72-уй, Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

Диссертация автореферати 2022 йил «07» сентябр куни тарқатилди.  
(2022 йил «07» сентябрдаги 8 рақамли реестр баённомаси)



**Қ. Санақулов**

Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**О.У. Фузайлов**

Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.ф.д. (PhD)

**Н.А. Донияров**

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш  
қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., доцент

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда мис ишлаб чиқариш ва унинг истеъмоли таҳлили жадал ўсишини кўрсатмоқда, агар XX асрнинг бошларида мис ишлаб чиқариш 0,4 млн. тоннадан сал кўпроқ бўлган бўлса, XXI асрнинг бошларида у 21 млн тоннадан ошди. Шу билан бирга, руда таркибидаги мис миқдорининг ўтган асрдаги 0,5-5 % дан ҳозирги вақтда 0,20-0,40 % гача камайиши хомашёдан комплекс фойдаланишни оширишга, металлургик ишлаб чиқаришининг техноген чиқиндиларидан фойдаланган ҳолда ресурс ва энергия тежамкор технологияларни қўллашга, фанни ишлаб чиқариш билан интеграциялашга алоҳида эътибор қаратиш бугунги куннинг долзарб мавзуси ҳисобланади. Шу муносабат билан, ривожланган давлатларда мис саноати техноген чиқиндилари таркибидан қимматли компонентларни ажратиб олиб, хомашё базасини сезиларли кенгайтиришга имкон берадиган янги технологиялар алоҳида аҳамиятга эга.

Дунёда бугунги кунда технологик эритмалардан қимматли компонентларни селектив ажратиб олиш усуллариининг мавжудлигига қарамай, уларда муаммо қисман ҳал қилинган ва маълум камчиликларга эга, мис ва никелни хоссалари бир-бирига яқин бўлганлиги сабабли эритмалардан алоҳида ажратиб олишни чеклайди ёки ҳатто баъзи ҳолларда умуман имкон бермаганлиги сабабли жараённи такомиллаштириш бўйича илмий-амалий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада маҳаллий хом ашёлар асосида олинган экологик хавфсиз реагентлардан фойдаланиб, технологик эритмалардан қимматли компонентларни ажратиб олишнинг самарали технологияларини яратиш билан боғлиқ масалаларга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда мис ишлаб чиқариш соҳасида олиб борилаётган илмий изланишлар металлургик шлаклар, чанглар ва металл таркибли технологик эритмалар кўринишидаги техноген чиқиндиларни қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишга йўналтирилган. Янги Ўзбекистоннинг 2022-2026 йилларга мўлжалланган тараққиёт стратегиясида «...Мис саноати кластерини ташкил этиш орқали мис ва бошқа маҳсулотлар ишлаб чиқариш ҳажмини 2 баравар кўпайтириш ҳамда 8 миллиард долларлик маҳсулот ишлаб чиқариш учун асос яратиш»<sup>1</sup> га йўналтирилган вазифалар белгилаб берилган. Бу вазифалар асосида рангли металллар ишлаб чиқаришни кўпайтиришни таъминловчи мис ишлаб чиқаришнинг металл таркибли технологик эритмаларини қайта ишлашнинг янги энергия ва ресурс тежамкор технологияларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021-йил 25-июндаги ПҚ-5159-сон «Кон-металлургия саноати ва унга боғлиқ соҳаларни ривожлантириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида», 2020 йил 15 майдаги ПҚ -4715 «Тошкент вилоятида саноат ишлаб чиқариш ҳажмларини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида», 2020 йил 26 майдаги ПҚ-4731-сон «Олмалик КМК» АЖ конлари негизида рангли ва қимматбаҳо металллар ишлаб чиқаришни

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 29январдаги ПФ-60-сонли «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида» ги Фармони

кенгайтиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги қарорлари ва Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида» ги Фармони ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VII. «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хом ашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганлик даражаси.** Металлургик ишлаб чиқариш чиқиндиларидан қимматли компонентларни ажратиб олиш бўйича илмий ишланмалар ривожига А.Н.Зеликман, Фрэнк К. Крандвелл, Дуглас С. Флэт, Н.Б.Дэви, М.Гхарабагхи, Ф.Себба, Ж.Писэй, С.С.Набойченко, Ю.П.Купряков, Д.В.Валуев, Н.В.Гудима, А.Б.Лебедь, В.Ф.Борбат, П.Н.Девяткин, А.Р.Бакиров, Д.Ю.Воронин, Л.А.Воропанова, А.В.Ванюков, В.Ю.Гусев, В.Я.Зайцев, Л.Ф.Долина, К.Санакулов, С.А.Абдурахманов, А.С.Хасанов, М.М.Якубов, А.У.Самадов, Д.Б.Холиқулов, С.Р.Худояров каби олимлар салмоқли ҳисса қўшган.

Мавжуд ишларни таҳлил қилиш асосида шуни таъкидлаш керакки, мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларидан қимматли компонентларни комплекс ажратиб олишда ўхшаш хусусиятли кўплаб компонентларнинг таркиби билан боғлиқ бўлган, уларни селектив ажратиб олишни мураккаблаштирадиган ҳал қилиш қийин бўлган муаммолардан бири эканлиги аниқланди. Шу билан бирга, асосий технологик ишлаб чиқаришга қимматли компонентларни қўшимча ажратиб олиш мақсадида технологик эритмаларни қўллашга йўналтирилган технологик жараёнларни такомиллаштириш бўйича муаммолар етарлича ўрганилмаган.

Ушбу диссертация иши мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларини қайта ишлаш ва улардан қўшимча хомашё сифатида фойдаланишни тадқиқ этиш ҳамда қимматли компонентларни умумий ажратиб олиш даражасини оширишга бағишланган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети Олмалик филиали илмий-тадқиқот режасининг № А-ОТ-2019-2- «Мис ишлаб чиқариш чиқиндиларидан никель олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва ўзлаштириш» (2019-2021 йй.) мавзусидаги лойиҳа доирасида амалга оширилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларидан қимматли компонентларни комплекс ажратиб олишнинг самарали технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларининг кимёвий таркибини ўрганиш;

рангли металлларни ажратиш учун кимёвий чўктириш, чўктирилган маҳсулотдан мисни танлаб эритиш ва мисни эритмалардан цементация қилиш жараёнларини тадқиқ қилиш ва мақбул режимини аниқлаш;

таркибида никель бўлган эритмани темирдан тозалаш ва никелни қийин эрийдиган бирикма ҳолида чўктириш;

тажриба-саноат синовларини ўтказиш, илмий-техник ҳужжатларини ишлаб чиқиш, ишлаб чиқилган технологиянинг техник-иқтисодий самарадорлигини аниқлаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ Мис эритиш заводи купорос цехининг технологик эритмалари белгиланган.

**Тадқиқотнинг предмети** сифатида мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларини чўктирувчини қўллаш орқали қайта ишлаш технологияси ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишида тадқиқотнинг назарий, экспериментларни умумлаштириш, фотоколориметрия усуллари, атом-абсорбцион таҳлил, рентгенфаза (рентгенографик) таҳлил, шунингдек, мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларини қайта ишлашнинг рационал усуллари ишлаб чиқиш учун тажриба ва яримсаноат шароитларда тадқиқотлар, натижаларга Microsoft Excel, Borland Delphi дастурларни қўллаб статистик ва математик ишлов бериш ва техник иқтисодий баҳолаш каби комплекс усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйдагилардан иборат:

таркибида металл бўлган технологик эритмалардан мисни эритманинг рН кўрсаткичига (рН=6,0-6,5) боғлиқ ҳолда кимёвий чўктириш ҳамда никелни эритма таркибида қолдириш жараёнининг қонунияти аниқланган;

чўктиришдан сўнг ҳосил бўлган мис таркибли чўкмани сульфат кислотаси билан танлаб эритиш ва эритмадан мисни темир бўлаги билан оптимал ҳароратда (90°C) цементациялаш йўли билан майда дисперсли мис кукунини олиш жараёнининг самарадорлиги аниқланган;

озонлаш таркибида никель бўлган эритмани темирдан тозалашнинг самарали усули эканлиги, сода эса никелнинг барқарор чўкмасини олиш учун мақбул чўктирувчи реагент эканлиги аниқланган;

«Олмалиқ КМК» АЖ шароитида мисни кўшилган қийматли тайёр маҳсулот (мис кукуни) ажратиб олишни оширишга ва никель оксиди олишга ёрдам берувчи мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларини қайта ишлашнинг такомиллаштирилган технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйдагилардан иборат:

Мисни турли рН да чўктирувчиларни қўллаб (никелни чўктириш даражаси 6,79-9,87 %, мисники 98,67-99,11 %) дастлабки кимёвий чўктириш, чўккан маҳсулотни сульфат кислотасида танлаб эритиш (мисни эритмага ажратиб олиш 99,8-99,9 %), эритмаларни темирдан озон билан тозалаш, мисни цементациялаш, тозаланган эритмалардан никель таркибли бирикмаларни чўктириш ва никель оксидини олишни ўз ичига олган технология ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги тадқиқотларнинг замонавий усулларини қўллаш ва ўтказилган кимёвий, физик-кимёвий таҳлил усуллари, шунингдек, математик моделлаштириш усулларидан фойдаланиб ишлов берилган кўп ҳажмли экспериментал материаллар билан исботланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларидан қимматли компонентларни комплекс ажратиб олишнинг такомиллашган технологияси илмий принципларини ишлаб чиқиш, миснинг кимёвий чўкиши, чўккан маҳсулотни сульфат кислотали танлаб эритиш, эритмаларни темирдан озон билан тозалаш, мисни цементациялаш, тозаланган эритмалардан никель таркибли бирикмаларни чўктириш ва никель оксидини олиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларидан қимматли компонентларни чўктириш ва цементация усули билан комплекс ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш билан тавсифланиб, 99 % гача металл ажратиб олишга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилинганлиги.** Мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларидан қимматли компонентларни комплекс ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

технологик эритмалар таркибидан металлларни кимёвий чўктириш усули асосида ишлаб чиқилган технология «Олмалиқ КМК» АЖ мис эритиш заводида жорий этилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ нинг 2022 йил 1 июндаги АА-003997-сон маълумотномаси). Натижада, мисни (гидроксид кўринишида) ажратиб олиш 98,67-99,11 %, никелнинг чўкиши 6,79-9,87 % бўлиш имконини берган;

чўктиришдан кейин ҳосил бўлган мис таркибли чўкмани сульфат кислотаси билан танлаб эритиш ва эритмадан темир бўлаги билан мисни цементациялаш асосида ишлаб чиқилган технология «Олмалиқ КМК» АЖ мис эритиш заводида жорий этилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ нинг 2022 йил 1 июндаги АА-003997-сон маълумотномаси). Натижада, майда дисперсли мис кукуни олиш имконини берган;

мисдан тозаланган эритмадан никелни барқарор чўкмасини олиш асосида ишлаб чиқилган технология «Олмалиқ КМК» АЖ мис эритиш заводида жорий этилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ нинг 2022 йил 1 июндаги АА-003997-сон маълумотномаси). Натижада, кўшимча равишда никель оксидини олиш (ажратиб олиш даражаси 87 %) имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация ишининг натижалари 7 та халқаро ва республика илмий-амалий анжуманларида эълон қилинган ва муҳокамадан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича 17 та илмий ишлар чоп этилган бўлиб, шулардан 6 таси Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертацияларнинг асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий журналларда, жумладан, хорижда 4 та, республика илмий журналларида

2 та мақола нашр этилган, электрон ҳисоблаш машиналар дастурини расмий рўйхатдан ўтказиш тўғрисида 1 та гувоҳнома олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 115 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида олиб борилган тадқиқотнинг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланилиши, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши келтирилган.

Диссертациянинг «**Эритмалардан рангли металлларни ажратиб олишнинг замонавий ҳолати таҳлили**» деб номланган биринчи бобида металл таркибли эритмаларни қайта ишлаш ва улардан қимматли компонентларни ажратиб олишнинг замонавий ҳолати ва усуллари таҳлил қилинган. Технологик эритмалардан металлларни селектив ажратиб олишнинг анъанавий ва янги самарадор технологиясини қўллашнинг истиқболлари ўрганилган. Мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларидан қимматли компонентларни ажратиб олишнинг истиқболли усули кимёвий чўктириш эканлиги аниқланди.

Диссертациянинг «**Мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларни тадқиқ қилишнинг объекти ва методикаси**» деб номланган иккинчи бобида «Олмалик КМК» АЖ мис эритиш заводи купорос цехининг технологик эритмалари тадқиқот объекти сифатида олинган ва уни тадқиқ қилиш усуллари келтирилган. Маълумки, тадқиқ қилинаётган объектни технологик баҳолашда унинг моддий таркиби ва намунада металлларни жойлашиш шаклининг ўзига хослиги асосий мезон ҳисобланади.

Технологик эритмада мис (68,8 г/л), никель (16,2 г/л), темир (0,063 г/л), рух (0,245 г/л) ва бошқа ионлар мавжуд. Улардан мис ва никель металл ажратиб олиш учун саноат аҳамиятига эга.

Мис, никель, рух ва бошқа металлларнинг ионлари технологик эритманин асосий компонентлари ҳисобланади. Юқорида келтирилган металлларнинг концентратсияси қайта ишланаётган материал таркибига боғлиқ равишда мис 60-90 г/л, никель 15-25 г/л ва рух 0,5-1 г/л гача ўзгариб туради.

Диссертациянинг «**Мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларини қайта ишлашда металллар бирикмаларининг ҳолатини ўрганиш**» деб номланган учинчи бобида технологик эритмаларнинг ҳосил бўлиш манбалари ва улардан металлларни чўктириш ва цементациялаш имкониятлари, шунингдек, турли муҳитларда технологик эритма компонентларининг термодинамик ҳолати келтирилган.

«Олмалик КМК» АЖ мис эритиш заводида асосий маҳсулотлар билан биргаликда мис купороси ҳам ишлаб чиқарилади. Таркибида (г/л) мис - 20÷40, никель - 3÷5 бўлган олтин ва кумушни аффинажлаш цехи электролити ва таркибида (г/л) мис - 30÷50, никель - 3÷5, бўлган мисни электролизлаш цехи электролити мис купорос ишлаб чиқариш хомашёси ҳисобланади. Мис купоросини ишлаб чиқариш мис сульфати эритмаларини буғлатиш-кристаллашга асосланган бўлиб, эритма таркибида бошқа рангли металллар (никель ва бошқалар)нинг кўпайиши олинандиган маҳсулот сифатини ёмонлаштиради. Бунинг натижасида бошқа металллар билан зарарланган эритма технологик жараёндан чиқариб юборилади.

Таҳлил натижаларининг кўрсатишича, технологик эритмада никель микдори 20 г/л атрофида ўзгаради, купорос цехи технологик эритмасида мавжуд никель қайтмасдан йўқолади. Бундан ташқари никелнинг бир қисми мис купороси таркибига ўтади, бунинг натижасида олинган тайёр маҳсулот баъзан стандарт талабларига жавоб бермайди (ВС маркаси). Бундай мураккаб сульфатли эритмани тозалашни реагентли, электрохимёвий, ионалмашувчи ва баъзи бошқа усуллар билан ўтказиш мумкин.

Технологик эритмалардан роданид аммонийни қўллаб металлларни қийин эрувчан бирикмалар кўринишида чўктирганда 70 % гача металллар чўқади ва коллектив чўкма ҳосил бўлади, бу эса ушбу чўкмаларни кейинги қайта ишлашни қийинлаштириши аниқланган.

Технологик эритма компонентларининг сульфатли муҳитида ўзини тутиши таҳлил қилинганда реакцияларнинг Гибс энергиясини Л.П.Владимиров усулида аниқлаш методикаси қўлланилган. Технологик эритмаларнинг кимёвий таҳлиliga асосланиб барча бўлиши мумкин бўлган реакциялар ҳисобланди. Технологик эритмалар қимматли компонентларнинг кимёвий таҳлиliga кўра металллар сульфатли муҳитда ион кўринишида бўлади.

Умуман барча чўккан металллар гипсли чўкмада бўлади. Олинган гипс чўкмасини эритганда мис гидроксиди сульфат кислотасида қуйидаги реакция бўйича эриydi: 
$$\text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{-2} = \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{-2} + 2\text{H}_2\text{O}.$$

Мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларидан металлларни ажратиб олиш даражасини ошириш учун икки ёки ундан ортиқ методларни биргаликда қўллаш мақсадга мувофиқ. Темир, никель, рух, мис қолдиқ концентрацияси ва ишлов берилаётган эритма рН кўрсаткичининг қийматлари учун олинган аналитик боғлиқликлар эритма таркибидаги бир нечта оғир металллар бирикмаларини битта ишқорлаш реагенти билан босқичма-босқич ёки ишқорий реагент таъсирида кетма-кет тозалаш заруратини келтириб чиқаради.

Мисни цементациялашда темирнинг назарий сарфи миснинг бирлик массасига нисбатан 0,874 ни ташкил этади. Унинг амалдаги сарфи эса, одатда салбий реакциялар ҳисобига кўпроқ бўлади. Цементациялаш жараёнида чўкма билан қопланиши натижасида чўктирувчининг фаол юзаси камаяди. Эритмани миссизлантириш фаоллиги секинлашади. Цементацияланувчи чўкмани чўктирувчининг юзасидан доимий йўқотиш талаб қилинади.

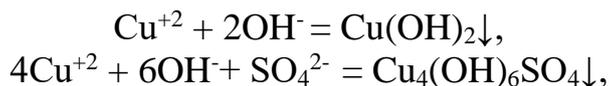
Ўтказилган тадқиқотлар асосида «Олмалик КМК» АЖ шароитида мис купороси ишлаб чиқаришда ҳосил бўлган технологик эритмаларни қайта

ишлашнинг самарали технологик схемаси тавсия этилган. «Олмалиқ КМК» АЖ шароитида мис купорос ишлаб чиқариш жараёнида ҳосил бўладиган технологик эритмалардан қимматли компонентларни ажратиб олишнинг самарали технологияси мис ишлаб чиқаришнинг технологик схемасини такомиллаштириш бўлиб, бу сарф қилинадиган ресурсларни тежаш ва натижада техноген чиқиндиларни камайтиришни назарда тутуди ва бунга чиқиндисиз технологияларни яратиш ва жорий этиш орқали эришилади.

Шундай қилиб, олиб борилган термодинамик ҳисобларнинг кўрсатишича, Fe (III), Cu (II) ионларининг эритмада чўкиши бошқа рангли металлларга қараганда оҳак эритмаси ёрдамида тезроқ кечади. Технологик эритмаларни оғир металллар ионларидан тозалаш ишқорли реагентлар (кальций гидроксидлари, кальций оксидлари) ёрдамида технологик эритмаларни нейтраллашда оғир металллар ионларини кам эрувчан бирикмаларга (гидроксидларга) ўтказиш йўли билан амалга оширилади. Технологик эритмалардан қимматли компонентларни ажратиб олиш бўйича ишлаб чиқилган самарали технология «Олмалиқ КМК» АЖ шароитида мис купорос ишлаб чиқариш жараёнида ҳосил бўлган металл сақловчи технологик эритмаларни қайта ишлаш технологияси учун асос бўлиши мумкин.

Диссертациянинг «**Мис ишлаб чиқаришнинг технологик эритмаларидан қимматли компонентларни ажратиб олиш технологияси**» деб номланган тўртинчи бобида мисни оҳак эритмаси билан қийин эрувчан бирикмалар шаклида чўктиришнинг тадқиқот натижалари келтирилган. Металл бирикмаларини оҳак эритмаси билан чўктирганда жараённинг бошланғич босқичида сульфат кислотасининг нейтралланиши кечади ва рН муҳитининг ортиши кузатилади. Дастлабки технологик эритмага (рН=1,5-2) 50-60°C ҳароратда оҳак эритмаси (К:С=1:5) билан ишлов берилади, чунки эритмада мис коцентрацияси юқори (68,8 г/л), ҳосил бўлган чўкма миқдори ортади ва аралаштириш қийинлашади. Эритмада аралаштиришни осонлаштириш учун мис эритмадан икки босқичли чўктириш билан қийин эрувчан бирикма ҳолида ажратиб олинади. Биринчи босқич: эритма муҳити рН=4,5-5 бўлгунча 0,5 соат давомида оҳак эритмаси қўшилади ва тиндирилади. Бу вақтда миснинг 65-75 % қисми қийин эрийдиган бирикма кўринишида чўкади. Чўктиришнинг биринчи босқичидан сўнг намуна фильтрловчи қоғоздан ўтказилади ва филтрат мис ва бошқа компонентларга таҳлил қилинади.

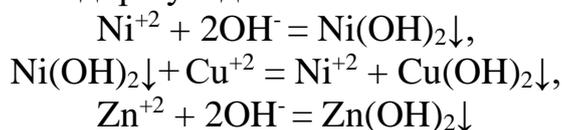
Оҳак эритмаси билан мисни кимёвий чўктиришнинг реакциялари қуйидагича кечади:

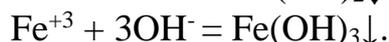
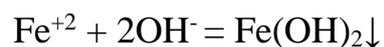


Сульфатли эритмада гипсни ҳосил бўлиш реакцияси:



Оҳак эритмаси билан йўлдош элементларни кимёвий чўктиришнинг реакциялари қуйидагича содир бўлади:





Иккинчи босқич: биринчи босқич чўктиришдан олинган эритмага оҳак эритмаси қўшилади, у 0,5 соат аралаштирилиб рН=6-6,5 бўлгунча нейтралланади. Натижада миснинг 98,87-99,11 % қисми қийин эрувчан бирикма кўринишида чўкади, бунда металлларнинг чўкишига эритма муҳитининг рН қиймати ва ҳарорат сезиларли таъсир кўрсатади (1-2-жадваллар, 1-расм).

1-жадвал

Эритмадан металлларни оҳак ёрдамида чўктириш даражасининг рН қийматларига боғлиқлиги

(тажриба шароити:  $v=100$  мл,  $t=50^\circ\text{C}$ ,  $\text{CaO}:\text{H}_2\text{O}=1:5$ ,  $\tau=0,5$  соат)

Эритманинг номи ва рН қиймати	$\text{Me}^{n+}$ , г/л				Чўкиш даражаси, %			
	Cu	Ni	Fe	Zn	Cu	Ni	Fe	Zn
Дастлабки эритма	68,8	16,2	0,063	0,245	0	0	0	0
рН = 4,0	38,5	16,2	0,063	0,244	44,04	0	0	2,4
рН = 4,5	20,2	16,1	0,063	0,23	70,64	0,62	0	6,1
рН = 5,0	6,35	15,9	0,062	0,22	90,77	1,85	1,59	10,2
рН = 5,5	1,45	15,4	0,061	0,14	97,89	4,94	3,17	42,86
рН = 6,0	0,91	15,1	0,06	0,085	98,67	6,79	4,76	65,3
рН = 6,5	0,61	14,6	0,035	0,02	99,11	9,87	44,4	91,83
рН = 7,0	0,34	7,3	0,022	0,01	99,5	54,9	65,08	95,9

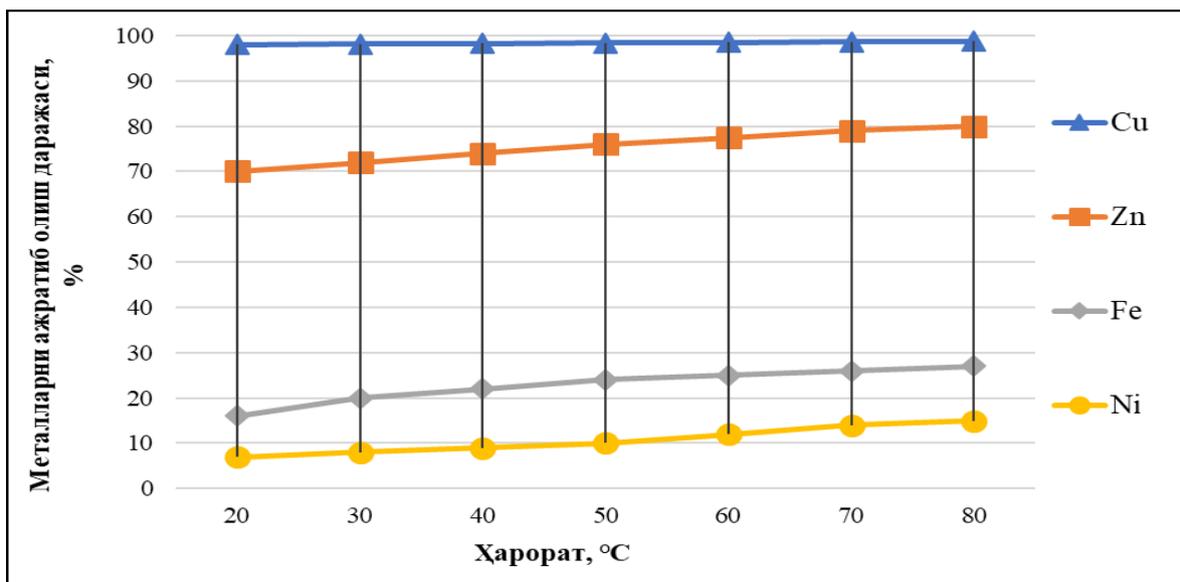
2-жадвал

Эритмадан мисни чўктиришнинг оҳак сарфига боғлиқлиги

(тажриба шароити:  $v=100$  мл,  $t=30^\circ\text{C}$ ,  $\text{CaO}:\text{H}_2\text{O}=1:5$ , дастлабки эритма таркиби г/л, Cu-68,8; Ni-16,2-Zn-0,245; Fe-0,063)

Оҳак сарфи, г	Чўкма массаси, г	Миснинг чўкмадаги миқдори, %	Миснинг чўкмага ажралиши, %
3	9,64	2,85	4
4	12,81	2,68	5
5	16,2	3,4	8
6	20,53	6,7	20
7	25,72	10,7	40
8	31,6	17,1	74
9	41,54	16,41	99,1
10	46,1	14,8	99,2
11	57,8	11,9	99,93

Ушбу боғлиқликлардан кўринадики, металлларнинг ажралиши эритма рН қийматига тўғри пропорционал, максимал ажратиш олиш мис учун рН=6 бўлганда рух учун рН=7 бўлганда кузатилади, рН=6 бўлганда никель ва темирни ажратиш олиш кўрсаткичи 6-7 % ни ташкил қилади.



**1-расм. Металлар ионлари ажралиш даражасининг ҳароратга боғлиқлиги (тажриба шароити:  $v=100$  мл,  $CaO:H_2O=1:5$ ,  $\tau=0,5$  соат)**

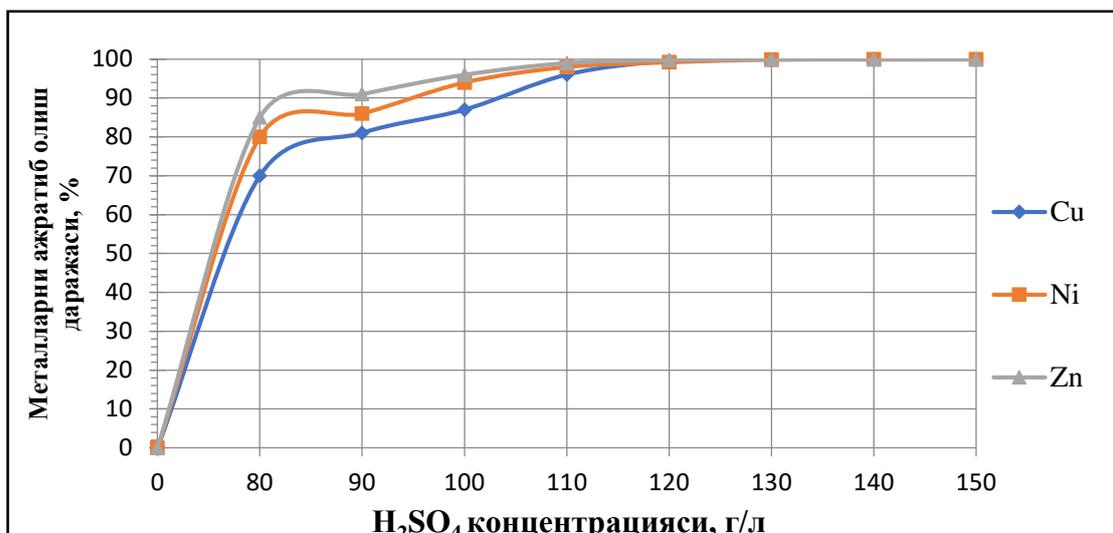
Металлар чўкишининг турли параметрлар, чўктирувчи сарфи, рН ва чўкиш давомийлигига боғлиқлиги тадқиқ қилинди. Эксперимент натижаларининг кўрсатишича СаО сарфининг ортиши билан металларни ажратиб олиш даражаси ортади. Оҳак сарфи эритма ҳажмининг 11 %и бўлганда мис ва рухнинг максимал ажратиб олиниши амалга ошади (99 % дан ортиқ), бунда темир ва никелни ажратиб олиш мос равишда 70 ва 54 % ни ташкил қилади.

Технологик эритмаларни қайта ишлашдан олинган мис (чўкма)нинг сульфат кислотасида танлаб эритиш натижасида мисни эритмага ўтиш даражаси жараён сўнггида 99,7 % га етади, кейинчалик жараён давомийлигига пропорционал равишда камаяди (3-жадвал, 2-расм).

3-жадвал

**Чўкмани танлаб эритишдан кейин олинган эритма таркиби (давомийлик-30 мин, ҳарорат-50°C)**

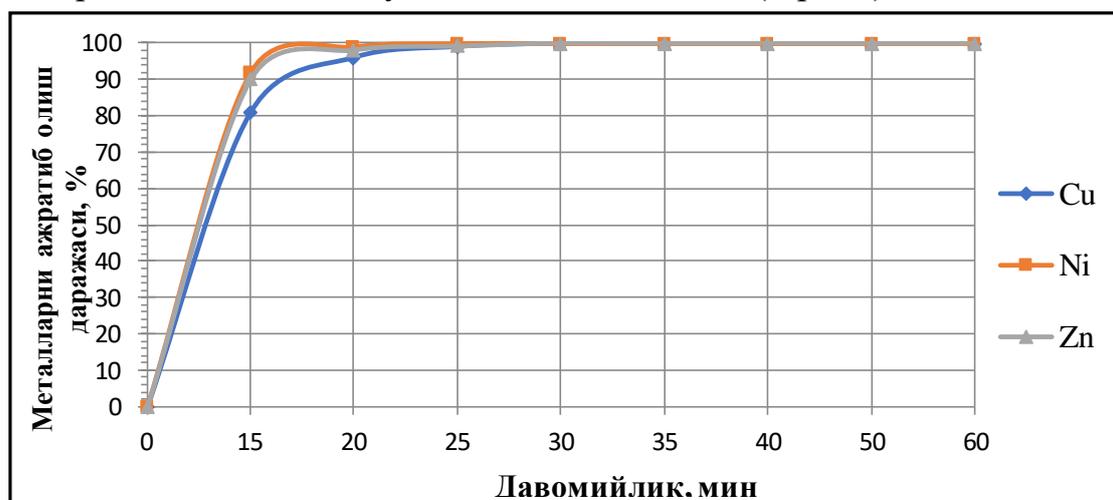
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> концентрацияси, г/л	Эритма таркиби, г/л		
	Cu	Ni	Zn
80	47,6	1,393	0,198
90	55,1	1,365	0,205
100	60,16	1,488	0,211
110	65,28	1,541	0,218
120	66,98	1,564	0,220
130	67,94	1,582	0,220
140	67,95	1,583	0,221
150	67,955	1,588	0,221



**2-расм. Металларни ажратиб олиш даражасининг кислота концентрациясига боғлиқлиги (тажриба шароити:  $t=50^{\circ}\text{C}$  ,  $\text{C}:\text{K}=4:1$ , аралаштириш тезлиги – 150- айл/мин)**

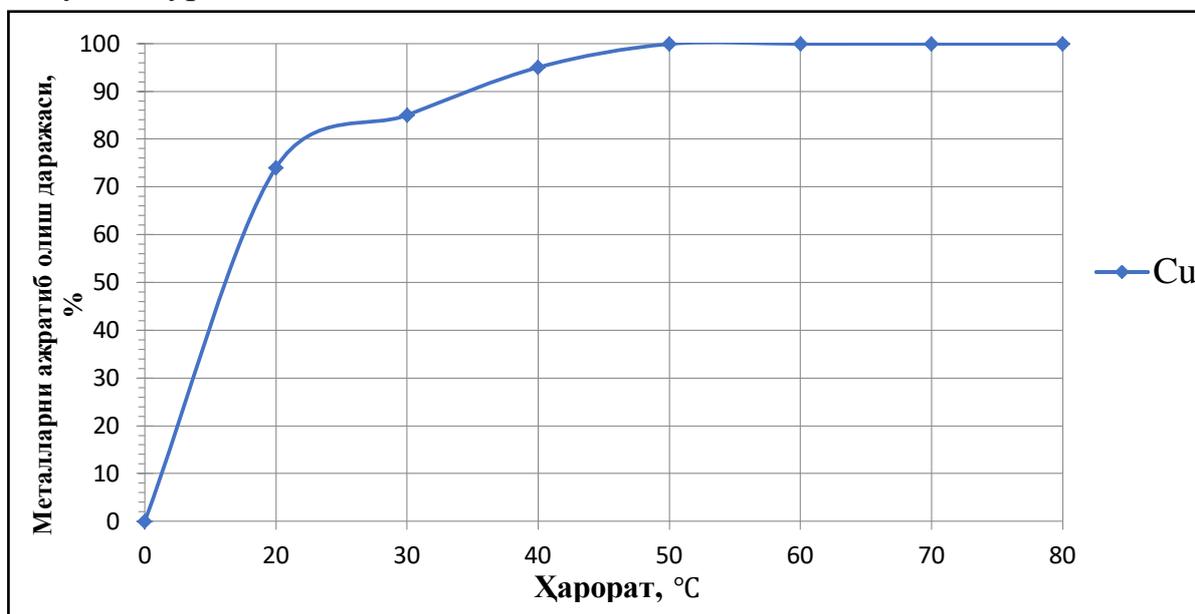
Чўкмани  $50^{\circ}\text{C}$  ҳароратда танлаб эритишда ( $\text{K}:\text{C}=1:4$ ) мисни ажратиб олиш даражаси сульфат кислота коцентрацияси ва синовнинг давомийлигига боғлиқ. Синов натижаларига кўра, сульфат кислота коцентрацияси 125-130 г/л да оптимал ҳисобланади. Сульфат кислота коцентрацияси қанча юқори бўлса, у эритиш реакцияларига шунча тез сарфланади, чунки нафақат мис бирикмалари, балки бошқа минераллар ҳам тўлиқ эриб кетади, бу кислотанинг фойдасиз сарфини оширади.

Маҳсулот таркибидан 130 г/л коцентрацияли сульфат кислотаси билан мисни танлаб эритишга жараён давомийлигининг таъсирини ўрганиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, жараён бошланишида (20 мин. гача) миснинг эритмага ўтиши жадал кечади, 30-60 мин. дан сўнг эса танлаб эритиш жараёнида динамик мувозанат юзага келади (3-расм).



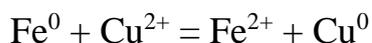
**3-расм. Металларни эритмага ўтиш даражасининг жараён давомийлигига боғлиқлиги (тажриба шароити:  $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  –125-130 г/л,  $t= 50^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{C}:\text{K}=4:1$ , аралаштириш тезлиги 150 айл/мин)**

Кўпгина кимёвий реакциялар тезлиги ҳамда диффузияси ҳароратга мос равишда ортади. Ҳарорат ортиши билан мис, никель ва рухнинг эритмадаги концентрациясининг секинлик билан ортиши кузатилади. Бироқ ҳарорат 40°C га етгандан бошлаб, жараён давомийлиги узайиши билан мис, никель ва рухни ажратиш даражасининг жадал ортиши кузатилади (4-расм). Бу ҳолат юқори ҳароратларда  $\text{CuSO}_4$  катта тезликда ҳосил бўлиши билан изоҳланади. Гипс чўкма кўринишида қолади.



**4-расм. Металларни эритмага ўтиш даражасининг ҳароратга боғлиқлиги (тажриба шароити:  $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  –125-130 г/л,  $t$ -0,5 соат,  $C:Қ=4:1$ , аралаштириш тезлиги 150 айл/мин)**

Эритмалардан мисни кукун ҳолатида чўктириш 30-100°C ҳарорат оралиғида олиб борилди. Темир бўлаги билан 30, 60, 90 дақиқа давомида аралаштиргич ёрдамида аралаштирилди. Жараёнда куйидагича ўрин олиш реакцияси содир бўлади:



Ҳосил бўлган мисли чўкма ацетон ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ) билан аралаштирилиб, сув билан ювилди, сўнгра филтрланиб, дисстиланган сув билан 3 мартадан ювилди. Олинган қолдиқ қуритилди ва чинни ҳовончада яхшилаб майдаланди. Олинган натижалар таҳлил қилинганида мис металининг ажралиш даражаси ҳарорат ва вақтга боғлиқ ҳолатда 55,56 %-99,64 % ни ташкил этди. Тажриба натижалари таҳлил қилинганда, оптимал ҳарорат 90°C ва давомийлик 90 дақиқани ташкил этди, ҳамда мисни ажратиш даражаси 99,15 % (100°C да 99,64 %) ни ташкил қилди. Яъни 90°C дан юқори ҳароратда сувнинг буғ фазага ўтиш ҳолати кўпаяди, бу эса ўз навбатида темир сульфат кристалларини мис кукун таркибига қўшилиб, маҳсулот сифати пасайишига олиб келади (4-5-жадваллар ва 5-расм).

Эритмадан мисни цементациялаш даражасининг ҳароратга боғлиқлиги  
(жараён давомийлиги 30, 60, 90 мин)

Ҳарорат, °С	Металларнинг чиқиш даражаси, %		
	30 мин	60 мин	90 мин
30	55,56	59,87	63,43
40	57,60	62,29	70,80
50	61,84	68,30	79,23
60	66,43	78,78	88,68
70	76,70	84,65	94,12
80	83,91	87,75	96,37
90	86,86	95,90	99,15
100	91,28	97,68	99,64

Мис кукуни заррачаларини ўлчамларининг ҳароратга боғлиқлиги  
(давомийлик 90 мин. бўлганда)

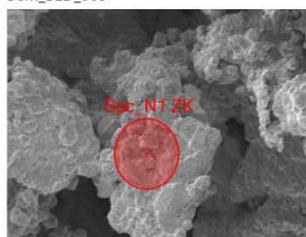
Ҳарорат, °С	Мис кукуни заррачалари миқдори, %			
	<20 мкм	20-40 мкм	40-100 мкм	100< мкм
30	5	12	18	65
40	12	18	25	45
50	28	27	26	19
60	37	25	20	18
70	60	17	20	3
80	65	16	15	4
90	86	10	3	1
100	86	9	4	1

Smp\_002



5 mm

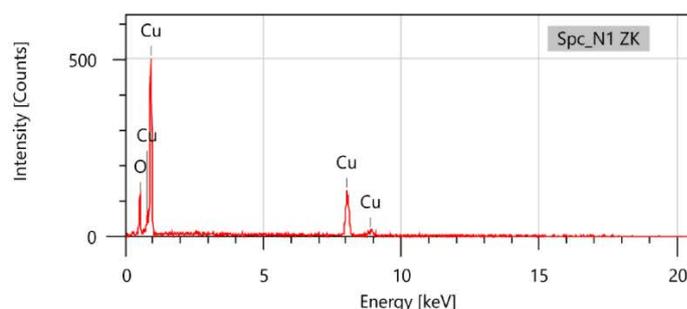
Sem\_SED\_005



2 µm

Signal SED  
Landing Voltage 2.7 kV  
WD 11.0 mm  
Magnification x8,000  
Vacuum Mode HighVacuum

Items	Value
measurement conditions	
Acceleration voltage	20.00 kV
Probe current	-
Magnification	x 8000
Process time	T3
Measurement detector	First
Live time	30.00 seconds
Real time	30.58 seconds
Dead time	2.00 %
Count rate	358.00 CPS



Display name	Standard data	Quantification method	Result Type
Spс_N1_ZK	Standardless	ZAF	Metal

Element	Line	Mass%	Atom%
O	K	15.42±0.63	42.01±1.71
Cu	K	84.58±2.56	57.99±1.75
Total		100.00	100.00
Spс_N1_ZK			Fitting ratio 0.1115

**5-расм. Мис кукунинг сканерловчи электрон микроскопик - энергодисперсион тасвири**

Эритмаларни темирдан озонлаш усули билан тозалаш жараёнида оксидланиш реакциясини аморф пағасимон массанинг технологик эритмадан оксидланган бирикмаларни қисман ҳосил бўлиши билан яқунланган деб ҳисоблаш мумкин ва улар филтрлаш билан ажратиб олинади. Озонлашда турли хилдаги эритмаларнинг рН қиймати ўзгариши ўрганилганда, 30-40 мин давомида барча объектларда рН кўрсаткичларининг 5,5-5,6 гача тушиши юз бериши аниқланди (6-жадвал).

6-жадвал

Эритмани темирдан озон ёрдамида тозалаш натижалари  
(тажриба шароити: озон концентрацияси - 3 мг/л, эритма ҳарорати - 20°C,  
тозалаш вақти - 30 мин)

Эритма рН қиймати	Озон билан тозаланган эритма таркибидаги Fe <sup>+2</sup> миқдори, мг/дм <sup>3</sup>	Эритмани Fe <sup>+2</sup> дан тозалаш даражаси, %
6,1	58	0
5,9	25,2	56,6
5,7	9,5	83,6
5,6	7,1	87,7
5,5	1,7	98,2

Тозаланган эритмалардан сода эритмаси билан қийин эрувчан бирикма ҳолида никелни чўктириш жараёнида яшил чўкма рН=6,8-7,0 да пайдо бўлади. Бунда никель карбонати чўкмаси ҳосил бўлади. рН=9,0-9,5 да эритма рангсиз бўлиб қолди, никелнинг тўлиқ чўкиши кузатилди. Сода эритмаси ёрдамида никелни чўктириш бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари 7-жадвалда келтирилган.

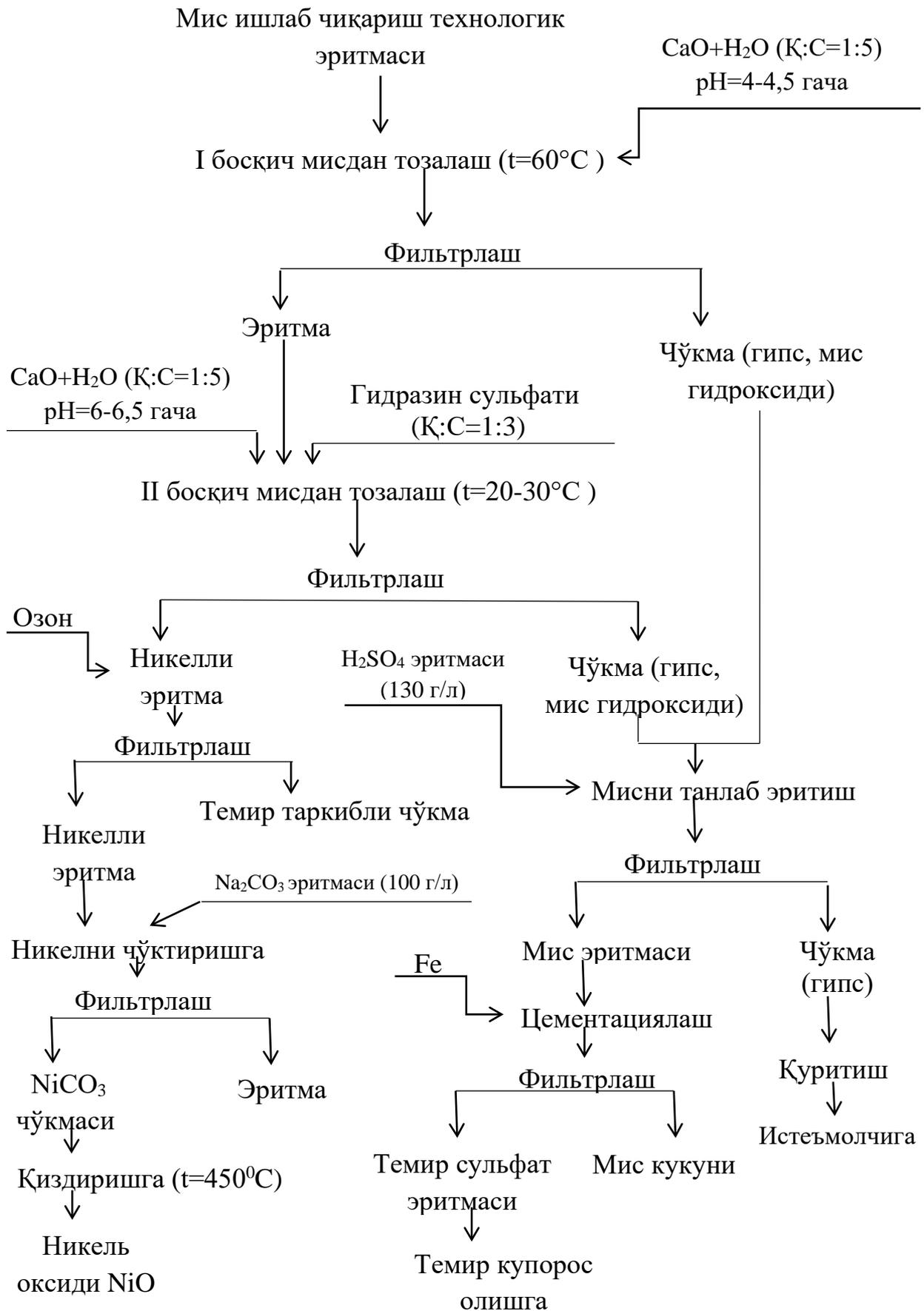
7-жадвал

Никелни сода эритмаси ёрдамида чўктириш натижалари

Эритма ҳажми, мл	Сода миқдори, г	рН	Эритма таркибида Ni <sup>+2</sup> миқдори, г/л	Чўкма мавжудлиги	Эритма ранги
800	5	5,9	10,2	мавжуд	яшил
800	10	6,6	6,8	мавжуд	яшил
800	15	7,1	3,5	мавжуд	яшил
800	20	7,8	0,2	мавжуд	оч яшил
800	25	8,5	0,07	мавжуд	оч яшил
800	30	9,1	0,001	мавжуд	рангсиз

Шундай қилиб, тозаланган никель таркибли эритмалардан никель бирикмасини чўктиришнинг қуйидаги оптимал шароитлари аниқланди: рН=8,5-9,0, содали эритма коцентрацияси 100 г/л, ҳарорат 50-60°C, давомийлик 0,5 соат.

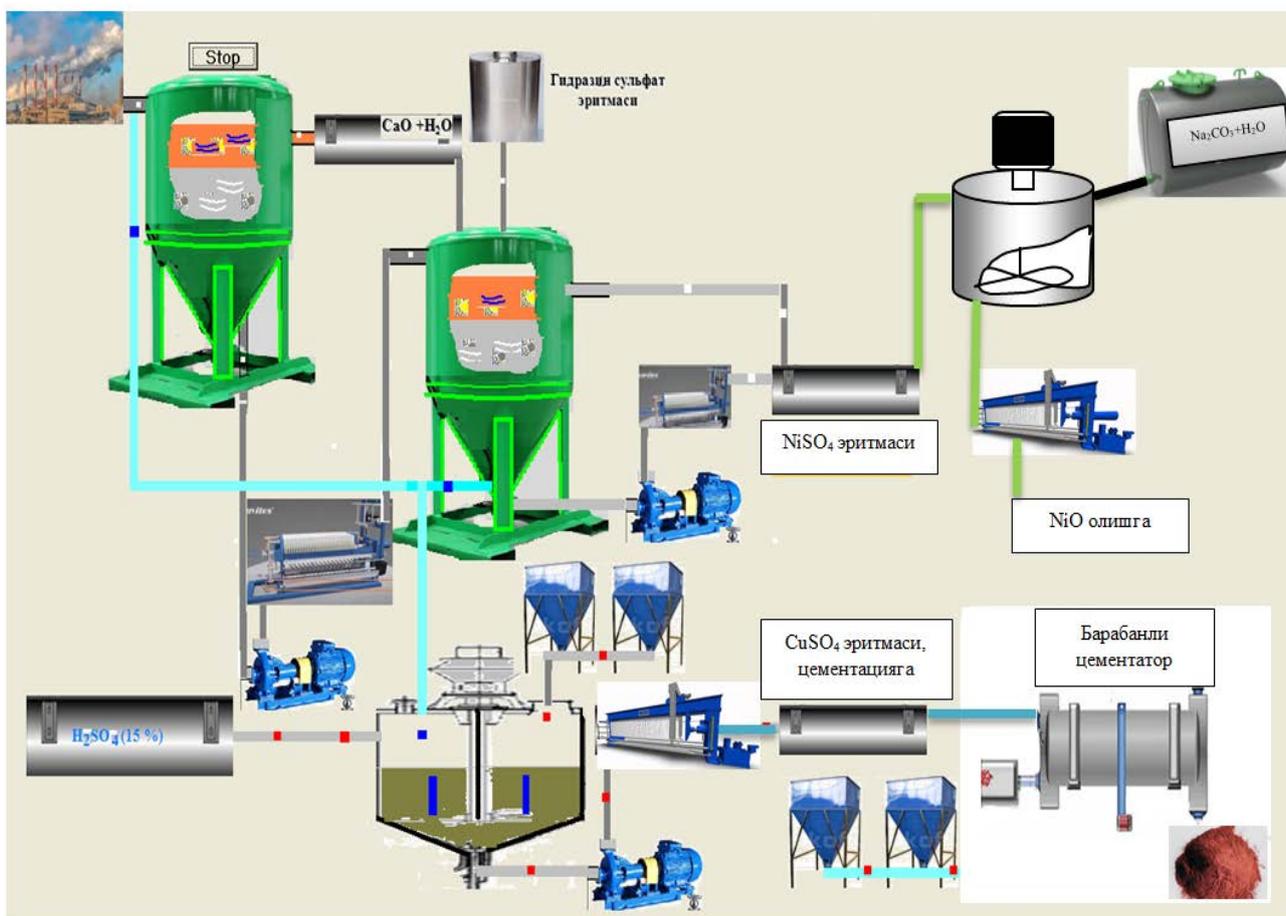
Мис ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган технологик эритмаларнинг таклиф этилаётган қайта ишлашнинг технологик схемаси 6-расмда келтирилган.



**6-расм. Мис ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган технологик эритмаларнинг таклиф этилаётган қайта ишлаш схемаси**

Дастлаб технологик эритмадан мисни максимал чўктириш, никелни эритмада қолдириш мақсадида охак эритмаси билан 2 босқичда ишлов берилади, ҳосил бўлган чўкма сульфат кислотаси билан танлаб эритилади ва мисни цементациялаш натижасида мис кукуни олинади. Мисдан тозалаган эритма озонлаш методи ёрдамида темирдан тозаланади ва сода ёрдамида никель қийин эрувчан бирикма никель карбонати кўринишида чўктирилади, ҳамда қиздирилиб никел оксиди олинади.

Мис ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган технологик эритмалардан мис ва никелни ажратиш олиш бўйича ярим саноат миқёсида ўтказилган синовларини ўтказиш учун ускуналар занжири схемаси ишлаб чиқилди (7-расм).



**7-расм. Мис ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган технологик эритмаларнинг қайта ишлаш ускуналар занжири схемаси**

Мис ишлаб чиқариш технологик эритмалари қимматли компонентларни ажратиш олиш мақсадида қайта ишлашнинг технологик жараёнларини бошқариш ва моделлаштириш учун Borland Delphi дастурий таъминотида фойдаланиб, ЭҲМлар учун дастур ишлаб чиқилган.

Ўтказилган тажриба-синов ва яримсаноат синовлари натижаси бўйича «Олмалик КМК» АЖ мис ишлаб чиқариш технологик эритмаларидан қимматли компонентларни ажратиш олиш учун тавсия этилган технологиядан кутилаётган иқтисодий самарадорлик 2022 йил нархлари бўйича йилига 580 млн сўмни ташкил қилади.

## ХУЛОСА

Диссертация ишида бажарилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар қилинди:

1. Мис ишлаб чиқаришнинг технологик эритмаларидан қимматли компонентларни чўктириш имконияти эритманинг рН қийматига боғлиқ бўлади. рН=6-6,5 да қийин эрувчан бирикмалар кўринишидаги мис ионларининг тўлиқ чўкишига эришилади.

2. Икки босқичли чўктиришда рН=6-6,5 да мис ва никелнинг чўкиш даражаси мос равишда 98,67 -99,11 % ва 6,79-9,87 % ни ташкил қилади. Мис қийин эрувчан бирикмалар шаклида чўқади, никелнинг асосий (93%) қисми эритмада қолади ва қолган эритмадан никелни кўшимча ажратиб олиш имконини беради.

3. Мисни чўкмалардан сульфат кислота билан танлаб эритишнинг сульфат кислота концентрацияси ва ҳароратга боғлиқлиги аниқланди. Олинган натижалар мисни 99,7 % гача эритмага ўтказишга имкон беради.

4. Кўп компонентли эритмалардан металлларни ажратиб олишнинг истиқболли усули сифатида цементация жараёни таклиф этилади, бунда мис чўкмага тушади, қолган компонентлар эритмада қолади. Темир бўлаклари миснинг юқори концентрацияларида самарали бўлиб, «Олмалиқ КМК» АЖ мис ишлаб чиқариш эритмаларига хос эканлигини кўрсатади.

5. Озонлаш усули технологик эритмаларни темирдан тозалашнинг бошқа усуллариغا нисбатан сезиларли афзалликларга эга эканлигини кўрсатади.

6. Эритмалардан никелни ажратиб олиш самарадорлигига таъсир қилувчи асосий омиллар ва реагентлар аниқланди. рН=9-9,5 кўрсаткичгача энг мақбул реагент сода бўлиб, у қимматли компонентни максимал даражада чўктиришга имкон беради.

7. Мис ишлаб чиқаришнинг технологик эритмаларидан металлларни ажратиб олишнинг ишлаб чиқилган технологияси металллар ишлаб чиқаришнинг хом ашё базасини кенгайтириш, қимматли компонентларни ажратиб олиш таннархини камайтириш ва техноген чиқиндилар тўпланишининг олдини олиш имконини беради.

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

---

**АЛМАЛЫКСКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

**БОЛТАЕВ ОЛМОС НАЖМИДИНОВИЧ**

**ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ  
КОМПОНЕНТОВ ИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ МЕДНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

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

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

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером № В2018.2.PhD/Т719.**

Диссертация выполнена в Алмалыкском филиале Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова.

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

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Холикулов Дониёр Бахтиёрвич</b> доктор технических наук, доцент
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Шарафутдинов Улугбек Зиятович</b> доктор технических наук, доцент <b>Бердияров Бахриддин Тиловкабулович</b> доктор технических наук, доцент
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в г.Алмалык.</b>

Защита диссертации состоится «28» сентября 2022 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.17/04.06.2021.Т.06.01 (адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуд Таробий, 72. Зал заседаний Навоийского государственного горно-технологического университета. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz), [nsmi@gmail.com](mailto:nsmi@gmail.com)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горно-технологического университета (зарегистрирован за № 97). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуд Таробий, 72. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан «07» сентября 2022 года.  
(реестр протокола рассылки №8 от «07» сентября 2022 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)

**Н.А. Донияров**

Председатель Научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Анализ мирового потребления и производства меди показывает интенсивный рост, если в начале XX века производилось более 0,4 млн. тонн меди, то в начале XXI века ее производство составило уже более 21 млн тонн. Вместе с тем, снижение содержания меди в руде от 0,5-5 % в прошлом столетии до 0,20-0,40 % в настоящее время требует особого внимания на повышение комплексности использования сырья, применения ресурсо- и энергосберегающей технологии с использованием техногенных образований металлургического производства, интеграции науки с производством, что является актуальной темой сегодняшнего дня. В связи с этим, в развитых странах особое значение имеют новые технологии позволяющие извлечь ценные компоненты из состава отходов медной промышленности и в значительной степени расширить сырьевую базу.

В мире на сегодняшний день несмотря на существование методов селективного извлечения ценных компонентов из технологических растворов, в них частично решена проблема и имеются определенные недостатки, в силу близких свойств меди и никеля ограничивается раздельное извлечение их из растворов, а в некоторых случаях даже не дает возможности, поэтому ведутся научно-практические исследования по совершенствованию процесса. В связи с этим особое внимание уделяется разработке эффективных технологий, позволяющих извлечение ценных компонентов из технологических растворов с использованием экологически безопасных реагентов, полученных на основе местного сырья.

В Республике научные исследования в области производства меди направлены на разработку технологии переработки техногенных образований в виде отходов металлургических шлаков, пыли и технологических металлосодержащих растворов. В Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены задачи, направленные на «Создание основ для увеличения объема производства меди и другой продукции в 2 раза, а также выпуска продукции на 8 миллиардов долларов США путем организации кластеров медной промышленности...»<sup>2</sup>. В основе этих задач большое значение имеют научные исследования, направленные на разработку новых энерго- и ресурсосберегающих технологий переработки металлосодержащих технологических растворов медного производства, обеспечивающих увеличение производства цветных металлов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-5159 от 25 июня 2021 года «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей», № ПП-4715 от 15 мая 2020 года «О мерах по

---

<sup>2</sup>Указ Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

дальнейшему расширению объемов промышленного производства в Ташкентской области», №ПП-4731 от 26 мая 2020 года «О дополнительных мерах по расширению производства цветных и драгоценных металлов на базе месторождений АО «Алмалыкский ГМК» и в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** В развитие научных исследований по извлечению ценных компонентов из отходов металлургического производства внесли свой весомый вклад ученые: А.Н.Зеликман, Фрэнк К. Крандвелл, Дуглас С. Флэт, Н.Б.Дэви, М.Гхарабагхи, Ф.Себба, Ж.Писэй, С.С.Набойченко, Ю.П.Купряков, Д.В.Валуев, Н.В.Гудима, А.Б.Лебедь, В.Ф.Борбат, П.Н.Девяткин, А.Р.Бакиров, Д.Ю.Воронин, Л.А.Воропанова, А.В.Ванюков, В.Ю.Гусев, В.Я.Зайцев, Л.Ф.Долина, К.Санаккулов, С.А.Абдурахманов, А.С.Хасанов, М.М.Якубов, А.У.Самадов, Д.Б.Холикулов, С.Р.Худояров и многие др.

На основании анализа существующих работ следует отметить, что комплексное извлечение ценных компонентов из растворов медного производства является одной из трудно решаемых задач, что связано с составом многих компонентов со схожими свойствами, что приводит к затруднению их селективного извлечения. В то же время недостаточно изучены проблемы усовершенствования технологических процессов, направленных на применение технологических решений с целью дополнительного извлечения ценных компонентов для основного технологического производства.

Данная диссертационная работа посвящена исследованию процессов переработки технологических растворов медного производства и исследованию использования их в качестве дополнительного сырья, а также повышению уровня общего извлечения ценных компонентов.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ в рамках проекта Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета № А-ОТ-2019-2- «Разработка и освоение технологии получения никеля из отходов медного производства» (2019-2021 гг.).

**Целью исследования** является разработка эффективной технологии комплексного извлечения ценных компонентов из технологических растворов медного производства.

### **Задачи исследования:**

изучение химического состава технологических растворов медного производства;

исследование и определение оптимального режима процессов химического осаждения для разделения цветных металлов, выщелачивание меди из осажденного продукта и цементации меди из растворов;

очистка никельсодержащего раствора от железа и осаждение никеля в виде труднорастворимого соединения;

проведение лабораторно-промышленных опытов, разработка научно-технических документов, определение технико-экономической эффективности разработанной технологии.

**Объектом исследования** считаются технологические растворы купоросного цеха медеплавильного завода АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат».

**Предметом исследования** являются способы переработки технологических растворов медного производства с применением осадителя.

**Методы исследований.** В работе использованы комплексные методы исследований, включающие, теоретические исследования, обобщение экспериментов, методы фотоколориметрии, атомно-абсорбционного анализа, рентгенофазного (рентгенографического) анализа, а также экспериментальные исследования в лабораторных и полупромышленных условиях для разработки рациональных способов переработки технологических растворов медного производства, статистическую и математическую обработку результатов с применением программ Microsoft Excel, Borland Delphi и технико-экономическую оценку.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

установлена закономерность процесса химического осаждения меди из металлсодержащих технологических растворов в зависимости от показателя рН (рН=6,0-6,5) раствора, при этом никель остается в растворе;

определена эффективность процесса получения мелкодисперсного медного порошка путем сернокислотного выщелачивания медьсодержащего осадка, образовавшегося после осаждения и цементации меди из раствора куском железа при оптимальной температуре (90°C);

установлено, что озонирование является эффективным способом при очищении никельсодержащего раствора от железа, а сода является эффективным реагентом осадителем для получения никелевого осадка;

разработана усовершенствованная технология переработки технологических растворов медного производства, которая способствует увеличению извлечения меди в готовую продукцию с добавленной стоимостью (медный порошок) и получение оксида никеля в условиях АО «Алмалыкский ГМК».

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана технология, включающая предварительное химическое осаждение меди с применением осадителей при различных рН (степень

осаждения никеля составляет 6,79-9,87 %, а меди 98,67-99,11 %), сернокислотного выщелачивания осажденного продукта (извлечение меди в раствор составляет 99,8-99,9 %), очистки растворов от железа озоном, цементация меди, осаждение никельсодержащих соединений из очищенных растворов и получение оксида никеля.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования доказана применением современных методов исследований и проведенных химических, физико-химических методов анализа, а также большим объемом экспериментального материала, обработанных с использованием методов математической моделирования.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований обосновывается разработкой научных принципов усовершенствованной технологии комплексного извлечения ценных компонентов из технологических растворов медного производства, химического осаждения меди, сернокислотного выщелачивания осажденного продукта, очистки растворов от железа озоном, цементация меди, осаждения никельсодержащих соединений из очищенных растворов и получение оксида никеля.

Практическая значимость результатов исследований характеризуется разработкой технологии комплексного извлечения ценных компонентов из технологических растворов медного производства методом химического осаждения и цементации, обеспечивающая достичь извлечения металлов до 99 %.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных результатов по разработке технологии комплексного извлечения ценных компонентов из технологических растворов медного производства:

разработанная технология химического осаждения металлов из состава технологических растворов внедрена на медеплавильном заводе АО «Алмалыкский ГМК» (справка АО «Алмалыкский ГМК» АА-003997 от 1 июня 2022 г.). В результате получена возможность осаждения меди (в виде гидроксида) на 98,67-99,11 % и никеля 6,79-9,87 %;

технология, основанная на выщелачивании осадка серной кислотой, образованного при осаждении и извлечение меди из растворов методом цементации куском железа внедрена на медеплавильном заводе АО "Алмалыкский ГМК"(справка АО «Алмалыкский ГМК» АА-003997 от 1 июня 2022 г.). В результате получена возможность получения мелкодисперсного медного порошка;

разработанная технология, основанная на получении устойчивого осадка никеля из очищенных растворов внедрена на медеплавильном заводе АО "Алмалыкский ГМК" (справка АО «Алмалыкский ГМК» АА-003997 от 1 июня 2022 г.). В результате получена возможность дополнительного получения оксида никеля (степень извлечения 87 %).

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на 7 международных и республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По диссертационной теме опубликовано 17 научных работ, из них: 6 научных статей, опубликованных в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, из них, 4 в зарубежных, 2 в республиканских научных журналах, получено 1 свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертационной работы составляет 115 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации **«Анализ современного состояния извлечения цветных металлов из растворов»** проведен анализ современного состояния переработки металлосодержащих растворов и способы извлечения ценных компонентов из них. Изучены перспективы применения традиционных и новых эффективных технологий селективного извлечения металлов из технологических растворов. Выявлено, что перспективным методом извлечения ценных компонентов из технологических растворов медного производства является – химическое осаждение.

Во второй главе диссертации **«Объект и методика исследования технологических растворов медного производства»** представлены методы и объект исследования - технологические растворы купоросного цеха медеплавильного завода АО «Алмалыкского ГМК». Как правило, основным критерием, при технологической оценке исследуемого объекта является особенность его вещественного состава и форма нахождения металлов в пробе.

В технологическом растворе содержатся ионы меди (68,8 г/л), никеля (16,2 г/л), железа (0,063 г/л), цинка (0,245 г/л) и др. Из них промышленный интерес для извлечения металлов представляют медь и никель.

Основными компонентами технологического раствора являются ионы меди, никеля, цинка и других металлов. Концентрация выше указанных металлов колеблется в зависимости от состава перерабатываемого материала в пределах 60-90 г/л меди, 15-25 г/л никеля и 0,5-1 г/л цинка.

В третьей главе диссертации **«Изучение поведения соединений металлов при переработке технологических растворов медного производства»** приведены источники образования технологических растворов, возможности

осаждения и цементации металлов из них, а также термодинамическое поведение компонентов технологического раствора в различных средах.

На медеплавильном заводе АО «Алмалыкский ГМК» вместе с основными продуктами производится медный купорос. Электролит цеха аффинажа золота и серебра, содержащий (г/дм<sup>3</sup>) медь - 20 ÷ 40, никель - 3 ÷ 5 и электролит цеха электролиза меди, содержащий (г/дм<sup>3</sup>) медь - 30 ÷ 50, никель - 3 ÷ 5 являются сырьем для производства медного купороса. Производство медного купороса основывается на выпаривании-кристаллизации растворов сульфата меди, увеличение количества других цветных металлов (никель и др.) в составе раствора приводит к ухудшению качества продукта. В результате этого растворы с большим количеством других металлов со временем выводятся из технологического процесса.

Результаты анализов показали, что содержание никеля в технологическом растворе колеблется в пределах 20 г/л, следовательно, никель, присутствующий в технологическом растворе купоросного цеха, безвозвратно теряется. Кроме того, часть никеля переходит в состав медного купороса в результате чего, полученный готовый продукт иногда не отвечает требованиям стандарта (марка ВС). Очистку такого сложного сульфатного раствора можно проводить реагентным, электрохимическим, ионообменным и некоторыми другими способами.

Установлено, что при осаждении металлов в виде труднорастворимых соединений из технологических растворов с применением роданида аммония осаждается до 70% металлов и получается коллективный осадок, что усложняет последующую переработку этих осадков.

При проведении анализа поведения компонентов технологического раствора в сернокислых средах использована методика определения энергии Гиббса реакций по методу Л.П.Владимирова. Основываясь на химическом анализе технологического раствора, были проведены расчеты всех возможных реакций. Согласно химическому анализу ценных компонентов в технологическом растворе металлы находятся в виде ионов в сернокислых средах.

Все осажденные металлы в целом находятся в гипсовом осадке. При растворении полученного гипсового осадка гидроксид меди растворяется в сернокислом растворе по реакции:  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{-2} = \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{-2} + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Для повышения степени извлечения металлов из технологических растворов медного производства предпочтительно использование комбинации двух или более методов. Полученные аналитические зависимости остаточной концентрации железа, никеля, цинка, меди от уровня рН обрабатываемого раствора, обосновывают необходимость ступенчатой очистки раствора от нескольких соединений тяжелых металлов при использовании одного щелочного реагента или последовательной обработке раствора щелочным реагентом.

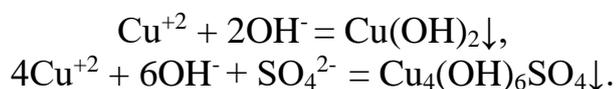
Теоретический расход железа на цементацию меди составляет 0,874 весовых единиц на единицу меди. Практический расход, как правило, больше за счёт побочных реакций. В процессе цементации активная поверхность

осадителя уменьшается за счет блокирования цементационным осадком. Интенсивность обезмеживания раствора замедляется. Требуется постоянное удаление цементационного осадка с поверхности осадителя.

На основании проведенных исследований рекомендуется эффективная технологическая схема переработки технологических растворов, образованных при производстве медного купороса в условиях АО «Алмалыкский ГМК». Эффективная технология избирательного извлечения никеля из технологических растворов, образованных при производстве медного купороса в условиях АО «Алмалыкский ГМК», предполагает совершенствование технологической схемы производства меди, которое способствует экономии потребляемых ресурсов и сокращение образующихся техногенных отходов, что достигается созданием и внедрением безсточных производств и безотходных технологий.

Таким образом, проведенные термодинамические расчеты показывают, что осаждение ионов Fe (III), Cu (II) в растворе при помощи извести происходит быстрее, чем осаждение других цветных металлов. Очистка технологических растворов от ионов тяжелых металлов осуществляется путем перевода ионов тяжелых металлов в малорастворимые соединения (гидроксиды) при нейтрализации технологических растворов с помощью щелочных реагентов (гидроксидов кальция, оксидов кальция). Разработанная эффективная технология избирательного извлечения ценных компонентов из технологических растворов может быть положена в основу технологии переработки металлосодержащих растворов, образованных при производстве медного купороса в условиях АО «Алмалыкский ГМК».

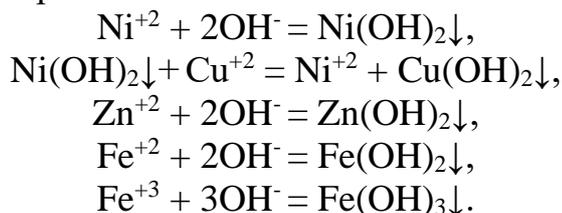
В четвертой главе диссертации **«Технологии извлечения ценных компонентов из технологических растворов медного производства»** приведены результаты исследований осаждения меди в виде труднорастворимых соединений известковым молоком. При осаждении соединений металлов известковым молоком на начальном этапе процесса происходит нейтрализация серной кислоты и наблюдается увеличение pH среды. В начале, технологический раствор (pH=1,5-2) обрабатывается раствором извести (Т:Ж = 1:5) при температуре 50-60°C, так как концентрация меди в растворе высока (68,8 г/л), количество образующегося осадка увеличивается и перемешивание усложняется. Для облегчения перемешивания раствора медь отделяется из раствора двухстадийным осаждением в виде труднорастворимых соединений. Первая стадия: в раствор добавляется раствор извести до pH=4,5-5 при продолжительности 0,5 часа и раствор отстаивается. В это время 65-75% меди осаждается в виде труднорастворимых соединений. После первой стадии осаждения пробы фильтруются через бумажный фильтр, фильтрат проанализировали на медь и другие компоненты. Реакции химического осаждения меди раствором извести протекает следующим образом:



Реакция образования гипса в сернокислотном растворе имеет вид:



Реакции химического осаждения попутных элементов раствором извести происходит следующим образом:



Во второй стадии в очищенный раствор добавляется дополнительно раствор извести, который перемешивается 0,5 часа и нейтрализуется до pH=6-6,5. В результате происходит осаждение меди до 98,87-99,11 % в виде труднорастворимых соединений, в этом существенное влияние на осаждение металлов влияет pH среды и температура раствора (табл. 1-2, рис. 1).

Таблица 1

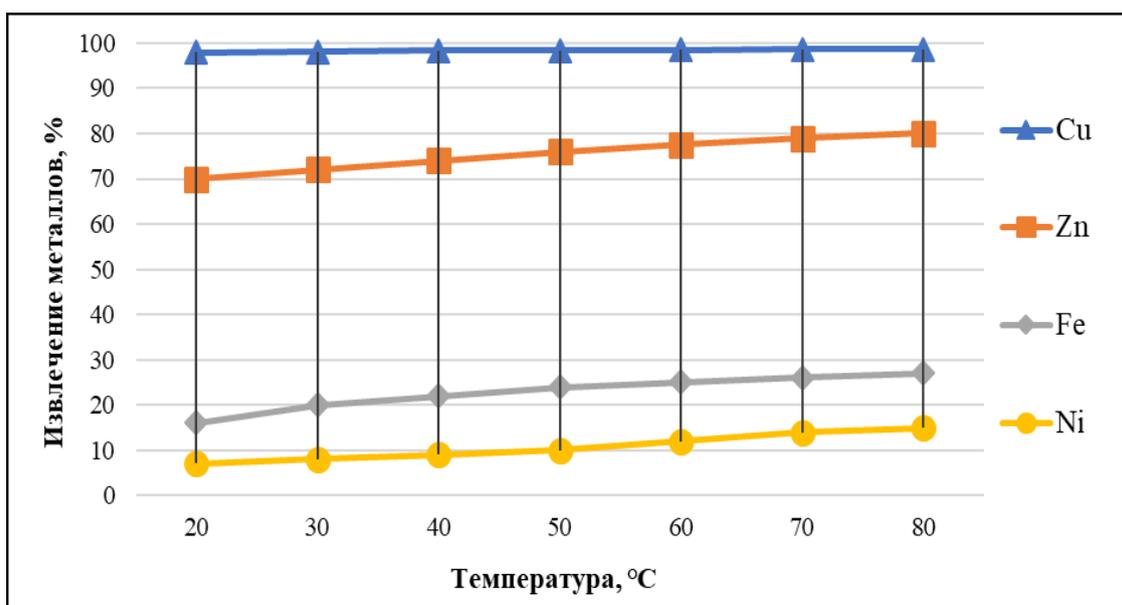
Зависимость степени осаждения металлов из растворов с использованием извести при различных pH  
(условия опытов: v=100 мл, t=50°C, CaO:H<sub>2</sub>O=1:5, τ=0,5 час)

Наименование и pH раствора	Me <sup>n+</sup> , г/л				Извлечение, %			
	Cu	Ni	Fe	Zn	Cu	Ni	Fe	Zn
Исходный раствор	68,8	16,2	0,063	0,245	0	0	0	0
pH = 4,0	38,5	16,2	0,063	0,244	44,04	0	0	2,4
pH = 4,5	20,2	16,1	0,063	0,23	70,64	0,62	0	6,1
pH = 5,0	6,35	15,9	0,062	0,22	90,77	1,85	1,59	10,2
pH = 5,5	1,45	15,4	0,061	0,14	97,89	4,94	3,17	42,86
pH = 6,0	0,91	15,1	0,06	0,085	98,67	6,79	4,76	65,3
pH = 6,5	0,61	14,6	0,035	0,02	99,11	9,87	44,4	91,83
pH = 7,0	0,34	7,3	0,022	0,01	99,5	54,9	65,08	95,9

Таблица 2

Осаждение меди из растворов в зависимости от расхода извести  
(условия опытов: v=100 мл, t=30°C, CaO:H<sub>2</sub>O=1:5, состав исходного раствора г/л, Cu-68,8; Ni-16,2-Zn-0,245; Fe-0,063)

Расход извести, г	Вес осадка, г	Содержание меди в осадке, %	Извлечение меди в осадок, %
3	9,64	2,85	4
4	12,81	2,68	5
5	16,2	3,4	8
6	20,53	6,7	20
7	25,72	10,7	40
8	31,6	17,1	74
9	41,54	16,41	99,1
10	46,1	14,8	99,2
11	57,8	11,9	99,93



**Рис. 1. Извлечения металлов в раствор в зависимости от температуры (условия опытов:  $v=100$  мл,  $\text{CaO}:\text{H}_2\text{O}=1:5$ ,  $\tau=0,5$  час)**

Как следует из этих зависимостей, извлечение металлов прямо пропорционально от pH раствора, максимальное извлечение меди происходит при pH-6, цинка при pH-7. При pH-6 извлечение никеля и железа составляет 6-7 %.

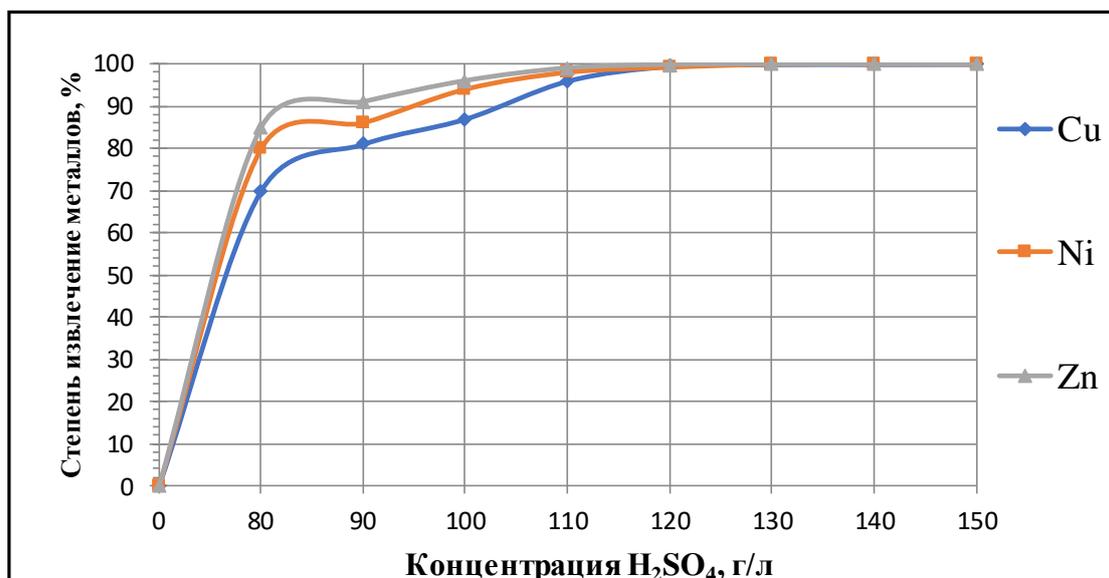
Были исследованы зависимости осаждения металлов от различных параметров расхода осадителя, pH и времени осаждения. Результаты экспериментов показывают, что с увеличением расхода CaO увеличивается степень извлечения металлов. При расходе извести 11 % от объема раствора происходит максимальное извлечение меди и цинка (более 99 %), при этом извлечение железа и никеля составляет 70 и 54 % соответственно.

Результаты сернокислотного выщелачивания меди (осадка), полученной при переработке технологических растворов, показывают, что степень перевода меди в раствор в конце достигает 99,7 %, а затем пропорционально продолжительности процесса падает (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3

Состав полученного раствора после растворения осадков (продолжительность-30 мин, температура -50°C)

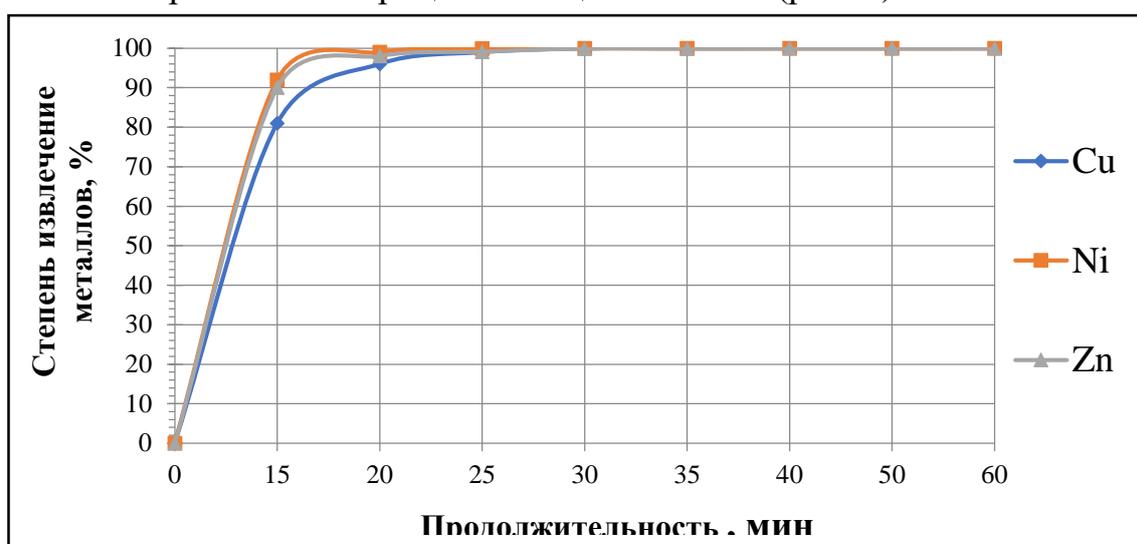
Концентрация $\text{H}_2\text{SO}_4$ , г/л	Состав раствора, г/л		
	Cu	Ni	Zn
80	47,6	1,76	0,19
90	55,1	1,89	0,2
100	60,16	2,068	0,21
110	65,28	2,15	0,222
120	66,98	2,18	0,224
130	67,94	2,19	0,224
140	67,95	2,198	0,224
150	67,955	2,199	0,224



**Рис. 2. Извлечения металлов в раствор в зависимости от концентрации кислоты ( $t=50^{\circ}\text{C}$ , Ж:Т=4:1, скорость перемешивания – 150- об/мин).**

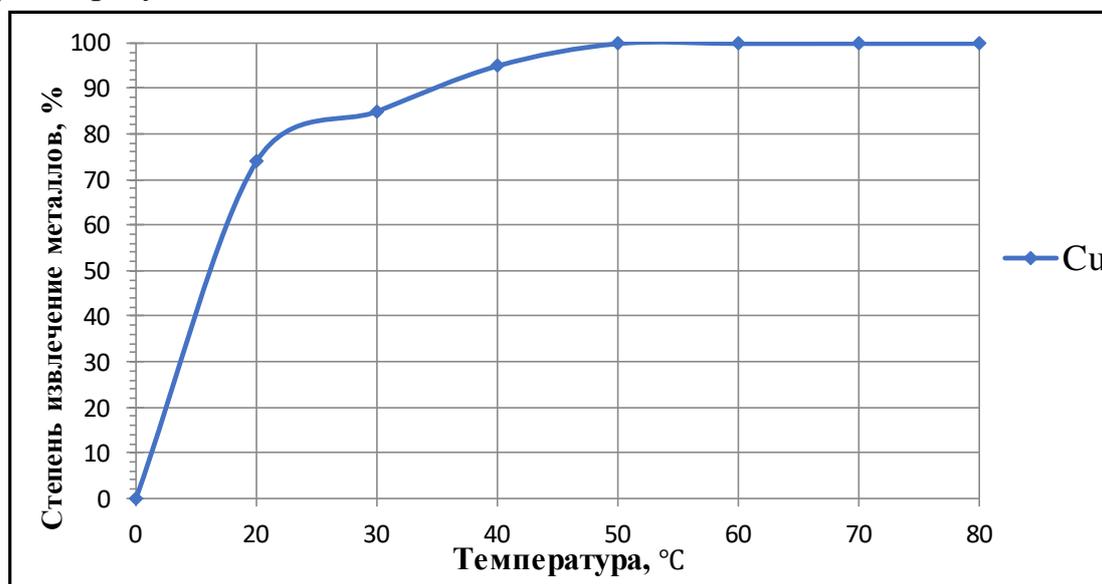
Степень извлечения меди при выщелачивании осадка (Т:Ж=1:4) при температуре  $50^{\circ}\text{C}$  находится в определенной зависимости от концентрации серной кислоты и продолжительности опытов. Как видно из результатов опытов, оптимальной является концентрация серной кислоты 125 - 130 г/л. Чем выше концентрация серной кислоты, тем быстрее она расходуется на реакции растворения, т.к. полностью растворяются не только соединения меди, но и другие минералы, что увеличивает бесполезный расход кислоты.

Изучение влияния продолжительности процесса на выщелачивание меди из продукта сернокислым раствором концентрацией 130 г/л при различных температурах показывает, что в начальный период (до 20 мин) переход меди в раствор протекает очень интенсивно, а через 30-60 мин устанавливается динамическое равновесие процесса выщелачивания (рис. 3).



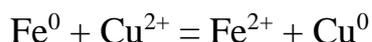
**Рис. 3. Извлечения металлов в раствор в зависимости от продолжительности процесса ( $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  – 130 г/л,  $t= 50^{\circ}\text{C}$ , Ж:Т=4:1, скорость перемешивания 150 об/мин)**

Скорость подавляющего большинства химических реакций, а также диффузии увеличиваются с ростом температуры. С повышением температуры наблюдается достаточно медленный рост концентрации меди, никеля и цинка в раствор. Однако, начиная с 40°C с увеличением продолжительности процесса (рис. 4) происходит более интенсивный прирост степени извлечения меди, никеля и цинка. Это объясняется тем, что при повышенных температурах быстрее образуется  $\text{CuSO}_4$ . Гипс остаётся в виде осадка.



**Рис. 4. Зависимость извлечения металлов в раствор от температуры**  
 ( $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  –130 г/л,  $t$ – 0,5 час, Ж:Т=4:1, скорость перемешивания 150 об/мин)

Осаждение медного порошка из растворов производилось в диапазоне температур 30-100°C. Раствор перемешивали мешалкой с кусочком железа в течение 30, 60, 90 минут. При этом протекает нижеследующая реакция замещения:



Полученный осадок меди смешивали с ацетоном ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ) и промывали водой, затем его фильтровали и 3 раза промывали дистиллированной водой. Полученный остаток высушивали и тщательно растирали в фарфоровой ступке. Когда результаты были проанализированы, степень разложения металлической меди с точки зрения температуры и времени составила 55,56-99,64 %. Результаты экспериментов показали, что оптимальная температура составила 90°C, продолжительность составила 1,5 часа, извлечение меди составило 99,15 % (99,64 % при 100°C). То есть при температурах выше 90°C переход воды в паровую фазу увеличивается, что, в свою очередь, добавляет кристаллы сульфата железа к медному порошку и приводит к снижению качества продукта (табл. 4-5 и рис. 5).

Таблица 4

Зависимость степени осаждения меди из раствора от температуры, при продолжительности 30, 60, 90 мин

Температура, °С	Степень осаждения металлов, %		
	30 мин	60 мин	90 мин
30	55,56	59,87	63,43
40	57,60	62,29	70,80
50	61,84	68,30	79,23
60	66,43	78,78	88,68
70	76,70	84,65	94,12
80	83,91	87,75	96,37
90	86,86	95,90	99,15
100	91,28	97,68	99,64

Таблица 5

Зависимость размера частиц и количества порошка от температуры, (%)

Температура, °С	Количество порошка, %			
	<20 мкм	20-40 мкм	40-100 мкм	100< мкм
30	5	12	18	65
40	12	18	25	45
50	28	27	26	19
60	37	25	20	18
70	60	17	20	3
80	65	16	15	4
90	86	10	3	1
100	86	9	4	1

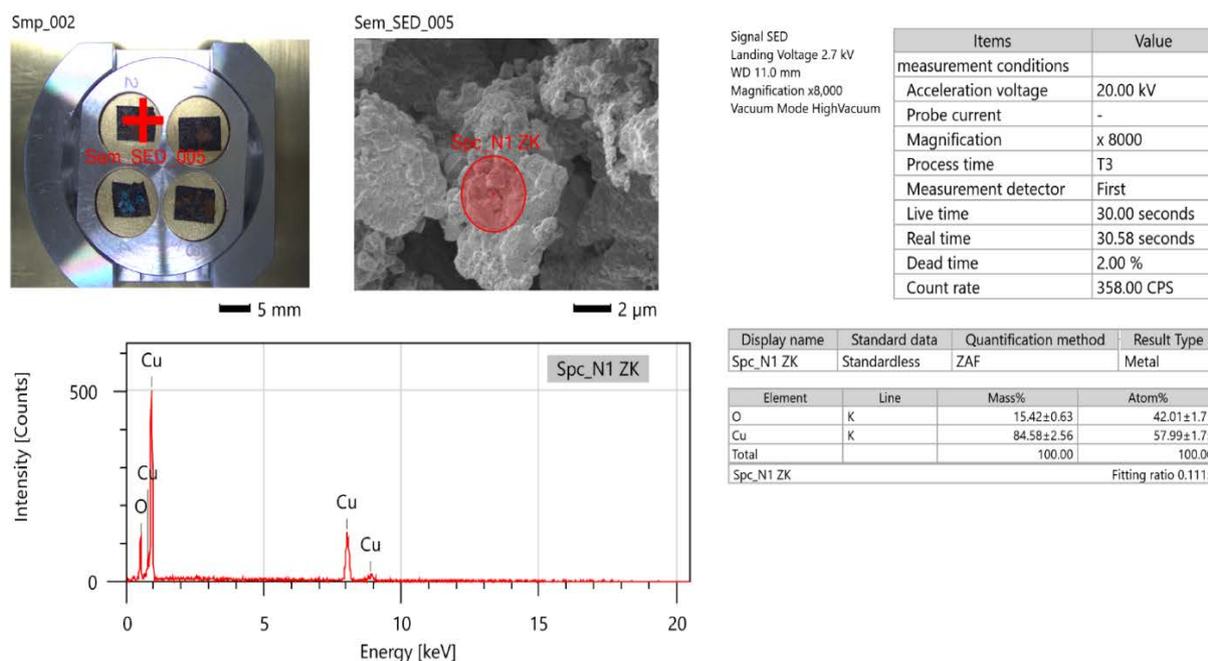


Рис. 5. Энергодисперсионное сканированное электронно микроскопическое изображение медного купороса

В процессе очищения растворов от железа методом озонирования реакцию окисления можно считать законченной в момент появления аморфной, хлопьевидной массы частично окисленных примесей технологического раствора, которые можно выделить фильтрованием. При изучении изменения рН раствора различного типа при озонировании, установлено, что в течение 30-40 мин для всех объектов произошло падение рН до значений 5,5-5,6 (табл. 6).

Таблица 6

Результаты очистки растворов от железа озоном  
(условия опытов: концентрация озона 3 мг/л, температура растворов 20°C, продолжительность очистки 30 мин.)

рН раствора	Содержание в растворе после очистки Fe <sup>+2</sup> озоном, мг/дм <sup>3</sup>	Степень очистки растворов от Fe <sup>+2</sup> , %
6,1	58	0
5,9	25,2	56,6
5,7	9,5	83,6
5,6	7,1	87,7
5,5	1,7	98,2

В процессе осаждения соединений никеля из очищенных растворов в виде труднорастворимых соединений раствором соды зелёный осадок появлялся при рН=6,8-7,0. При этом образуется осадок карбоната никеля. При рН =9,0-9,5 раствор стал бесцветным, произошло полное осаждения никеля. Результаты проведенных экспериментов осаждения никеля с помощью раствора соды (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) представлены в табл. 7.

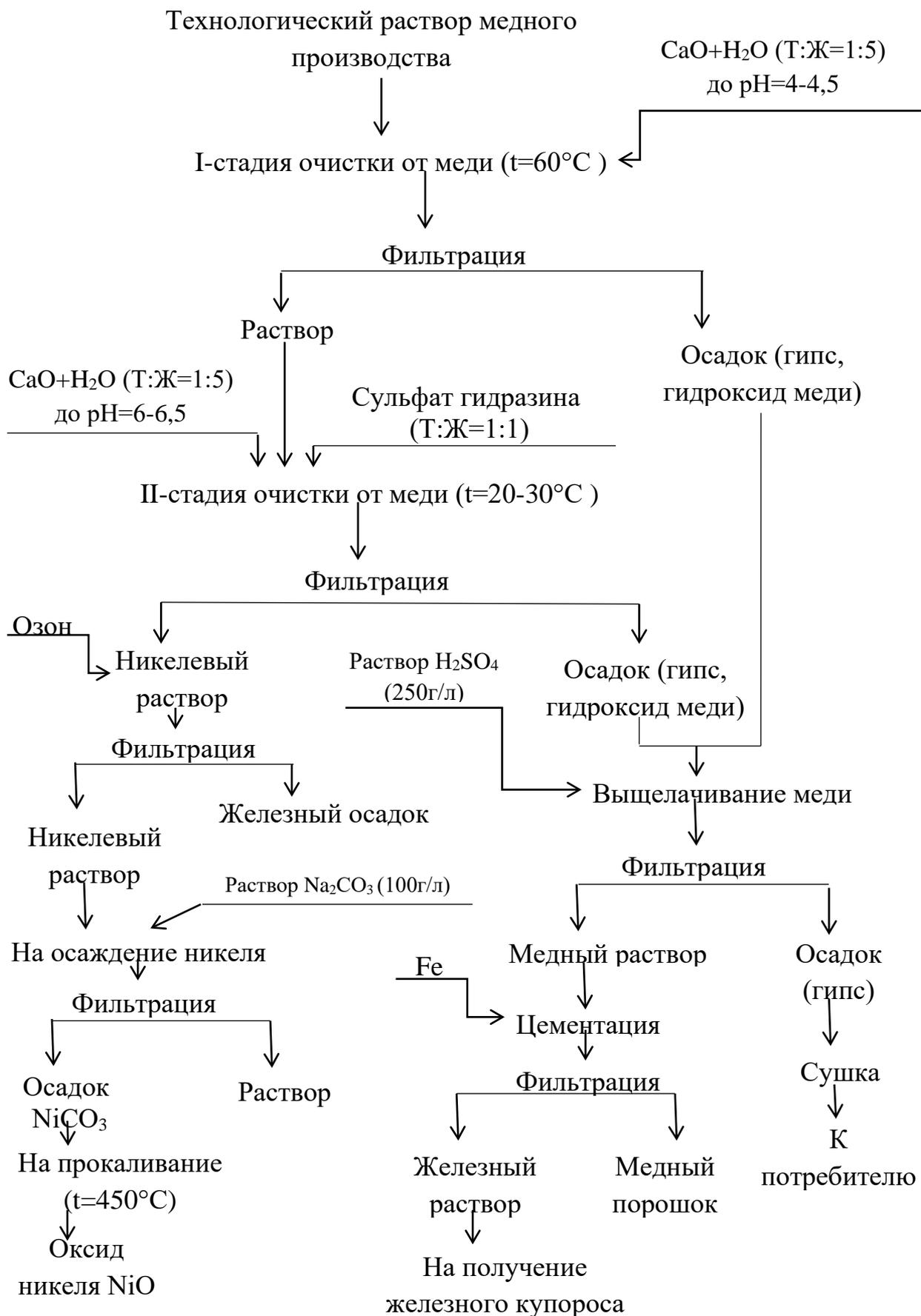
Таблица 7

Результаты осаждения никеля с помощью раствора соды

Объем раствора, мл	Количество Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , г	рН	Содержание в растворе Ni <sup>+2</sup> , г/л	Наличие осадка	Цвет раствора
800	5	5,9	10,2	есть	зелёный
800	10	6,6	6,8	есть	зелёный
800	15	7,1	3,5	есть	зелёный
800	20	7,8	0,2	есть	светло- зелёный
800	25	8,5	0,07	есть	светло- зелёный
800	30	9,1	0,001	есть	бесцветный

Таким образом, были установлены следующие оптимальные условия осаждения соединений никеля из очищенных никельсодержащих растворов: рН=8,5-9,0, концентрация содового раствора 100 г/л, температура 50-60°C, продолжительность 0,5 часа.

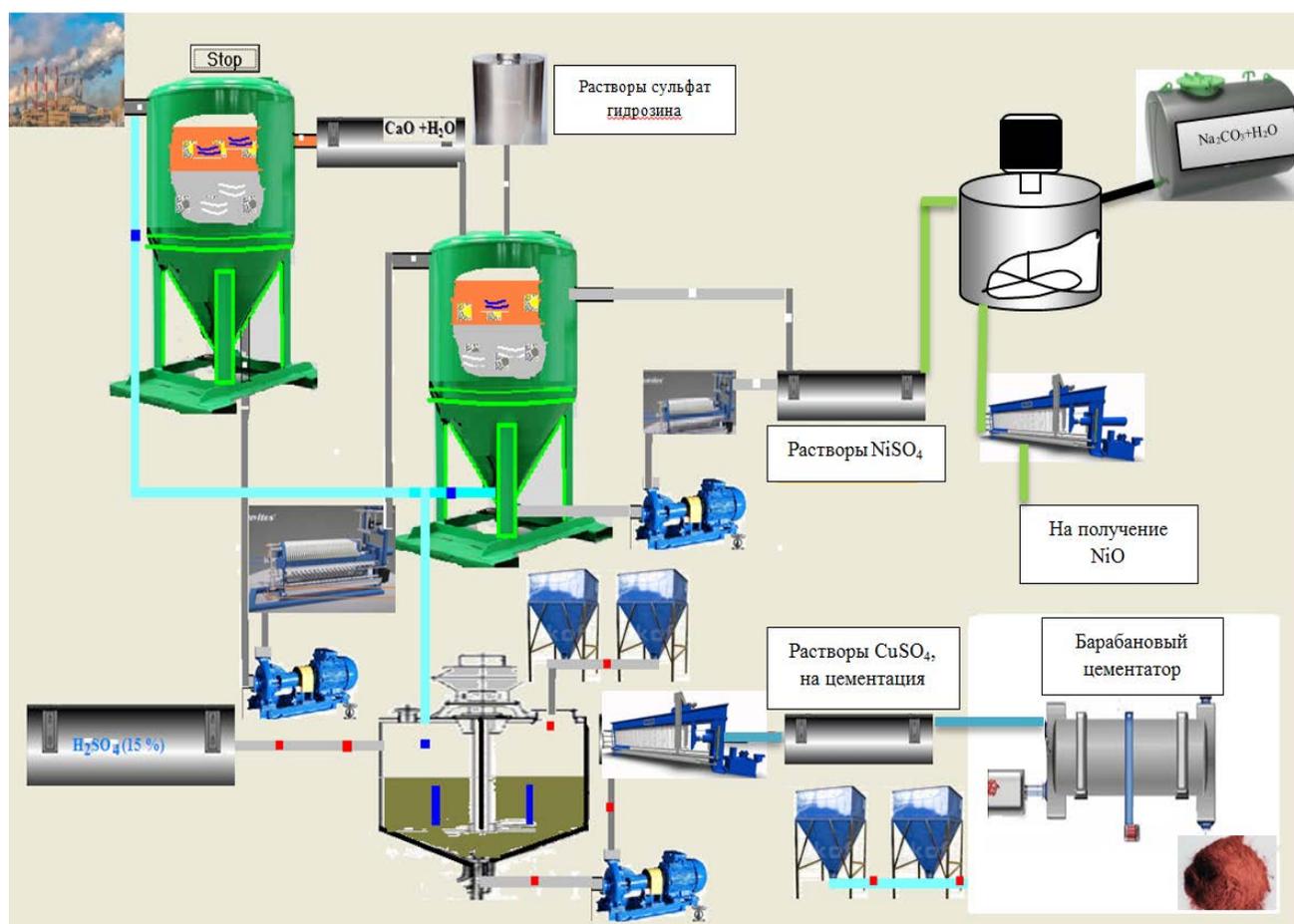
Рекомендуемая технологическая схема переработки технологических растворов, образующихся при медном производстве приведена на рис. 6.



**Рис. 6. Рекомендуемая технологическая схема переработки технологических растворов, образующихся при медном производстве**

Для максимального осаждения меди из технологического раствора и для того, чтобы оставить в растворе никель, его обрабатывают известковым раствором в 2 этапа, образовавшийся осадок выщелачивается серной кислотой, после цементации меди получают медный порошок. Раствор очищенный от меди при помощи метода озонирования очищается от железа, никель осаждается в виде труднорастворимого соединения карбоната никеля при помощи соды и при нагревании получают оксид никеля.

Для проведения полупромышленных испытаний по извлечению меди и никеля из технологических растворов, образующихся при производстве меди, разработана схема цепи аппаратов (рис. 7).



**Рис. 7. Схема цепи аппаратов переработки технологических растворов, образующихся при медном производстве**

Для управления и моделирования технологическими процессами переработки технологических растворов медного производства с целью извлечения ценных компонентов разработаны программы для ЭВМ с помощью программного комплекса Borland Delphi.

По результатам проведенных укрупнено-лабораторных и полупромышленных испытаний рекомендована технологическая схема технологии извлечения ценных компонентов из технологических растворов медного производства АО «Алмалыкский ГМК» с ожидаемым экономическим эффектом 580 млн. сум в год в ценах 2022 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований по диссертационной работе сделаны следующие заключения:

1. Возможность осаждения ценных компонентов из технологических растворов медного производства зависит от значения рН раствора. При рН=6-6,5 достигается полное осаждение ионов меди в виде труднорастворимых соединений.

2. При двухстадийном осаждении при рН=6–6,5 степень осаждения меди и никеля составляет 98,67-99,11 % и 6,79-9,87 % соответственно. Медь осаждается в виде труднорастворимых соединений, основная часть никеля (93 %) остается в растворе и позволяет дополнительно извлечь никель из оставшегося раствора.

3. Установлено, что сернокислотное выщелачивание меди из осадков зависит от концентрации серной кислоты и температуры. Полученные результаты дают возможность перевести медь в раствор до 99,7 %.

4. Предложен перспективный метод извлечения металлов из многокомпонентных растворов - процесс цементации, при этом медь осаждается, а другие компоненты остаются в растворе. Железный лом эффективен при высоких концентрациях меди, что характерно для растворов медного производства АО «Алмалыкский ГМК».

5. Метод озонирования показывает, что он имеет существенные преимущества перед другими методами по очистке технологических растворов от железа.

6. Определены основные факторы и реагенты, влияющие на эффективность извлечения никеля из растворов. Сода является оптимальным реагентом до рН=9-9,5, что позволяет максимально осадить ценный компонент.

7. Разработанная технология извлечения металлов из технологических растворов медного производства позволяет расширить сырьевую базу производства металлов, уменьшить себестоимость извлечения ценных компонентов и предотвратить накопление техногенных отходов.

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

---

**ALMALYK BRANCH OF THE TASHKENT STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

**BOLTAEV OLMOS NAJMIDINOVICH**

**TECHNOLOGY OF COMPLEX EXTRACTION OF VALUABLE  
COMPONENTS FROM TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF COPPER  
PRODUCTION**

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

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

**The theme of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2018.2.PhD/T719.**

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

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

**Scientific supervisor:** **Kholikulov Doniyor Bakhtiyorovich**  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**Official opponents:** **Sharafutdinov Ulugbek Ziyatovich** Doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
**Berdiyarov Bakhriddin Tilovkabulovich**  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

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

The defense of the dissertation will be held on «28» September 2022 at 14<sup>00</sup> at the meeting of the Scientific council DSc.17/04.06.2021.T.06.01 at the Navoi State University of Mines and technologies. Address: 210100, Navoi, Navoi, Mahmud Tarobii Street, 72. Conference Hall of the Navoi State University of Mining and Technologies Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com.

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Navoi State University of Mining and Technologies under No 97 Adress: 210100, Navoi, Mahmud Tarobii Street, 72.. Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66;.

The abstract of the dissertation is distributed on «07» September 2022.  
Protocol at the register No No 8 dated «07» September 2022.



**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

**N.A.Doniyarov**  
Chairman of the scientific seminar under the Scientific Council for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

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

**The aim of the research work** is to develop an effective technology for the complex extraction of valuable components from technological solutions of copper production.

**The object of the study** are the process solutions of the cuproic sulfate shop of the copper smelting plant of "Almalyk mining and metallurgical combine" JSC.

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

the regularity of the process of chemical precipitation of copper from metal-containing technological solutions depending on the pH indicator (pH=6,0-6,5) of the solution has been established, with nickel remaining in the solution;

the efficiency of the process of obtaining fine copper powder by sulfuric acid leaching of copper-containing precipitate formed after precipitation and cementation of copper from the solution with a piece of iron at the optimum temperature (90°C) has been determined;

it was established that ozonation is an effective way of cleaning nickel-containing solution from iron and soda is an effective precipitating agent for obtaining nickel precipitate;

improved technology for processing technological solutions of copper production has been developed, which helps to increase the extraction of copper in the final product with added value (copper powder) and obtaining nickel oxide in the conditions of "Almalyk MMC" JSC.

**Implementation of the research results.** Based on the results obtained on the development of technology for the complex extraction of valuable components from technological solutions of copper production:

the developed technology of chemical precipitation of metals from the composition of technological solutions was introduced at the copper smelter of "Almalyk MMC" JSC (certificate of "Almalyk MMC" JSC AA-003997 dated June 1, 2022). As a result, it was possible to precipitate 98,67-99,11% copper (in the form of hydroxide) and 6,79-9,87% nickel;

a technology based on sulfuric acid leaching of copper-containing sediment formed after precipitation and cementation of copper from a solution with a piece of iron was introduced at the copper smelter of "Almalyk MMC" JSC (certificate of "Almalyk MMC" JSC AA-003997 dated June 1, 2022). As a result, it was possible to obtain fine-sized copper powder;

the developed technology based on obtaining a stable nickel precipitate from purified solutions was introduced at the copper smelter of Almalyk MMC JSC (certificate of Almalyk MMC JSC AA-003997 dated June 1, 2022). As a result, it is possible to additionally obtain nickel oxide (extraction rate 87 %).

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 115 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Холикулов Д.Б., Нормуротов Р.И., Болтаев О.Н. Новый подход к решению проблемы очистки сточных вод медного производства // Горный вестник Узбекистана. № 3 (78) 2019. с 92-96. (05.00.00; №7)
2. Kholikulov D.B., Samadov A.U., Boltayev O.N., Munosibov Sh.M. About the possibility of extraction of metals from mother solutions processing of copper // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, Issue 3, March 2019. pp. 8527-8534. ISSN: 2350-0328. (05.00.00; №8).
3. Kholiqulov D.B, Yakubov M.M., Boltayev, O.N. Munosibov Sh.The Ozone Usage During Extraction of Metals from Sewage of Copper Production // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, Issue 3, March 2019. pp. 8527-8534. ISSN: 2350-0328 (05.00.00; №8)
4. Kholikulov Doniyor, Boltaev Olmos. Separation of Copper from Technological Solutions to the Production of Copper Sulphate // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 1 , January 2020. pp. 12626-12631. (05.00.00; №8)
5. Doniyor B. Kholikulov, Soib Abdurahmonov, Olmos N. Boltayev, Sokhibjon T. Matkarimov. Separation of metals from technological solutions Copper production // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, Volume 8. № 7, July 2020 pp. 3557 – 3561. ISSN: 2347 – 3983. ((14) ResearchBib).
6. Boltayev O.N., Shamatov S.A., Raxmonov I.O., Yaxyayev U. A. Mis tarkibli eritmalardan mis kukunini ajratib olish // O'zbekiston konchilik xabarnomasi № 3 (86) 2021 с. 78-81. (05.00.00; №7)

**II бўлим (II часть; part II)**

1. Абдурахмонов С., Холикулов Д.Б., Рахмонкулов Р., Болтаев О.Н. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронных-вычислительных машин // №DGU 08552. «Моделирование способа переработки технологических растворов образующихся при производстве медного купороса» 14.07.2020 г.
2. Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich, Boltayev Olmos Najmidinovich, Xaydaraliev Xolbay Rustam o'g'li. Mis ishlab chiqarish texnologik eritmalaridan metallarni cho'ktiruvchi reagentlar yordamida ajratish // International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences, vol. 1, no. 2, 2020, pp. 36-45.
3. Якубов М.М., Холикулов Д.Б., Болтаев О.Н., Якубов Н.М., Усманкулов О.Н., Шаматов С.А. «Олмалик КМК» АЖ шароитида мис купороси ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган технологик эритмаларни қайта ишлаш // Ўзбекистон кимё журнали. -2020. -№5. – б. 36-44.
4. Якубов М.М., Холикулов Д.Б., Болтаев О.Н., Абдукодиров А.А. Возможности извлечение ценных компонентов из маточных

растворовобразованных при производстве медного купороса в условиях АО «Алмалыкского ГМК» // Journal of Advances in Engineering Technology Vol. 2(2) 2020. с. 67-73. DOI: 10.24412/2181-1431-2020-2-67-73.

5. Холикулов Д.Б., Болтаев О.Н. Мис заводида ҳосил бўладиган технологик эритмаларни қайта ишлаш муаммолари // Международной научно-технической конференция посвященная 60-летию НГМК: Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса. г.Навои, 22-23 ноября 2018 г.

6. Холикулов Д.Б., Самадов А.У., Абдурахманов С., Болтаев О.Н. Изучение возможности извлечения никеля из отходов медного производства АО «Алмалыкский ГМК» // ADVANCED SCIENCE: сборник статей V Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение» - 2018. с. 228-230.

7. Холикулов Д.Б., Болтаев О.Н. Определение условий извлечения никеля из маточных растворов медеплавильного завода АО «Алмалыкский ГМК» // Материалы 77-й международной науч.-технической. конф. “Актуальные проблемы современной науки, техники и образования” Магнитогорск. 22-26 апреля 2019 года. с. 146.

8. Холикулов Д.Б., Болтаев О.Н., Муносибов Э.М. Извлечения никеля из маточного раствора медного производства // Международной конференции, “Проблемы и перспективы эффективной переработки минерального сырья в 21 веке” (Плаксинские чтения – 2019), 9-14 сентября 2019 г., Иркутск, Россия. с. 336-338.

9. Холикулов Д.Б., Ниязметов Б., Болтаев О.Н. Мис купорос ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган сульфатли мис-никель эритмаларни мисдан тозалаш // Международная конференция молодых ученых «НАУКА И ИННОВАЦИИ», Ташкент 2019 с 298-299

10. Shamatov S.A., Boltayev O.N. Mis ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan texnologik eritmalardan misni kукun holatda ajratib olish // “Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов” Международная научно-практическая конференция. г. Алмалык, Узбекистан 27 мая 2021 года. с. 135-136

11. Xoliqulov D.B., Boltayev O.N. Mis ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan texnologik eritmalarni ohak yordamida qayta ishlashning termodinamik tadqiqotlari // “Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов” Международная научно-практическая конференция. г. Алмалык, Узбекистан 27 мая 2021 года. с.167-168

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» ва «Энергия ва ресурс тежаш муаммолари» журналлари таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлари ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими 60x84<sub>1/16</sub>. Рақамли босма усулида чоп этилди.  
Times New Roman гарнитураси. Шартли босма табоғи: 3  
Адади 50 Буюртма № 33.  
Гувоҳнома № 021683  
“SARMISH NASHR” МЧЖ босмахонасида чоп этилди.  
Босмахона манзили: Навоий ш. Ғалаба шоҳ кўчаси 84а.







