

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/30.12.2019.Т.06.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**ТОШҚОДИРОВА РАНО ЭРКИНЖОНОВНА**

**РУХ ИШЛАБ ЧИҚАРИШДА КЛИНКЕРНИ САМАРАЛИ ҚАЙТА  
ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш**

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

**Навоий – 2020**

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

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

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Тошқодирова Рано Эркинжоновна**

Рух ишлаб чиқаришда клинкерни самарали қайта ишлаш  
технологиясини ишлаб чиқиш..... 3

**Тошқодирова Рано Эркинжоновна**

Разработка эффективной технологии переработки клинкера  
в производстве цинка..... 19

**Toshkodiroya Rano Erkinjonovna**

Development of efficient technology of clinker processing technology  
in zinc production ..... 35

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 39

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/30.12.2019.Т.06.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**ТОШҚОДИРОВА РАНО ЭРКИНЖОНОВНА**

**РУХ ИШЛАБ ЧИҚАРИШДА КЛИНКЕРНИ САМАРАЛИ ҚАЙТА  
ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш**

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

**Навоий – 2020**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.4.PhD/Т727 рақам билан рўйхатга олинган.**

Докторлик диссертацияси Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.ndki.uz](http://www.ndki.uz)) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:** **Абдурахмонов Сойиб Абдурахмонович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:** **Эргашев Улуғбек Абдурасулович**  
техника фанлари доктори

**Хужакулов Нурмурод Ботирович**  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

**Етакчи ташкилот:** **«Минерал ресурслар институти» ДК**

Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилик институти ҳузуридаги DSc.17/30.12.2019.Т.06.01 рақамли илмий кенгашнинг 2020 йил 24 август соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 127-уй. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz), [nsmi@gmail.com](mailto:nsmi@gmail.com)).

Диссертация билан Навоий давлат кончилик институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (6 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 127-уй, Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Диссертация автореферати 2020 йил 12 август куни тарқатилди.  
(2020 йил 12 августдаги 17 рақамли реестр баённомаси)



 **Қ.С.Санакулов**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси, т.ф.д, профессор

 **Ш.Ш.Заиров**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., профессор

 **И.Т.Мислибоев**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар  
раиси, т.ф.д., профессор

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда қора ва рангли металлларни ишлаб чиқариш эҳтиёжларини қондириш учун ҳар йили 10 миллиард тоннага яқин фойдали қазилмалар қазиб олинади. Шу билан бирга, бой ва осон очиладиган руда конларининг камайиши рудали-минерал хом ашё ва темир-терсак чиқиндилари ва кон-металлургия саноати техноген чиқиндилари кўринишидаги иккиламчи хом ашёдан комплекс фойдаланишни оширишга алоҳида эътибор қаратиш зарурлигини кўрсатмоқда. Рух ишлаб чиқаришда бундай техноген чиқиндиларга рухли кекларни вельцлаш клинкери киради.

Дунёда ҳозирги кунда қора ва рангли металлларни ишлаб чиқаришда олиб борилаётган илмий изланишлар металлургия саноатининг турли хил техноген чиқиндиларини ишлаб чиқаришнинг асосий технологик жараёнида уларни қўшимча хом ашё сифатида фойдаланиш орқали жалб қилишга йўналтирилган. Металлургияда металл ишлаб чиқариш корхоналарнинг чиқиндихоналарида шлаклар, кеклар ва клинкер кўринишида сақланиб, минтақанинг экологиясини ёмонлаштираётган катта миқдордаги техноген чиқиндилар ҳосил бўлиши билан боғлиқ бўлиб, уларнинг ҳажми ишлаб чиқарилаётган тоза металл ҳажмидан анча юқори.

Республикамизда рангли металллар ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш бўйича тадқиқотлар саноат техноген чиқиндиларини рангли ва қимматбаҳо нодир металллар хом ашёси сифатида ишлатиш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирлари жорий қилиниб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «саноатни сифат жиҳатдан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хомашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш...»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда рангли ва қимматбаҳо нодир металллар хом ашёси кўринишида рух ишлаб чиқариш техноген чиқиндиси клинкердан фойдаланиш катта илмий ва амалий аҳамият касб этади. «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ чиқиндихонасида 474 минг тоннадан ортиқ клинкер тўпланган бўлиб, унинг таркибида катта миқдорда олтин, кумуш, мис, рух, темир, углерод ва бошқа қимматбаҳо компонентлар мавжуд. Уларни қайта ишлаш комбинатга хом ашё базасини катта миқдордаги капитал харажатларсиз сезиларли даражада кенгайтиришга имкон беради.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги, 2019 йил 17 январдаги ПФ-4124-сон «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Фармонлари, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги фармони

сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Рух кеклари ва клинкерини қайта ишлаш муаммоларини ечиш ва фан ҳамда амалиёт ривожланишига ҳисса қўшган маҳаллий ва хорижий олимлар, жумладан С.И.Митрофанов, П.Ф.Еремин, Н.Р.Романов, С.И.Биндер, С.М.Анисимов, А.И.Окунев, Л.С.Щуголь, Ф.И.Нагирняк, Э.С.Гагарин, С.Э.Фридман, И.А.Рискин, И.А.Строителев, Б.А.Шпильберг, Н.Б.Николаева, Ю.В.Андреев, С.А.Тирковский, К.М.Смирнов, С.Т.Такеджанов, А.А.Юсупходжаев, М.М.Холматов, М.М.Якубов, С.А.Абдурахмонов, К.С.Санақулов, А.С. Хасанов, А.М.Паньшин, В.Лучева, Р.Шев, К.Draganova, V.Stefanova, Е.Н.Козырев, Р.Д.Аллабергенов, Р.К.Ахмедов ва бошқалар клинкерни қайта ишлашнинг турли усулларини ишлаб чиқиш ва яратиш устида изланишлар олиб борган.

Мавжуд ишларнинг таҳлилидан келиб чиқиб шуни таъкидлаш керакки, рух ишлаб чиқариш чиқиндиси клинкеридан металлларни ажратиб олиш учун комплекс тадқиқотлар (гравитацион, электромагнит, флотацион бойитиш жараёнлари, гидро- ва пирометаллургик жараёнлар) ўтказилган ва турли усуллар ишлаб чиқилган. Шу билан бир қаторда клинкердан металлларни турли хил эритувчиларда танлаб эритиш жараёнлари ҳам тадқиқ қилинган, лекин улар ҳали саноат миқёсида қўлланилмаган. Кўриниб турибдики, клинкер таркибидаги металлларни комплекс ажратиб олиш ва уларни қайта ишлаш технологиясини такомиллаштириш масалалари ҳали ҳал этилмаган. Бу асосан клинкер таркибидан қимматли компонентларни ажратиб олишнинг мураккаблиги билан боғлиқ. Мазкур диссертация иши клинкерни самарали қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишга бағишланган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилиқ институти, Тошкент давлат техника университетининг Олмалик филиали ва «Олмалик кон-металлургия комбинати» АЖ илмий-тадқиқот режасининг №02-2091юр-сон «Рух кекларидан қимматбаҳо металлларни ажратиб олишни комбинациялашган технологиясини ишлаб чиқиш» (2012 й.); А13-ФК-020123, А13-050-сон «Рух ишлаб чиқариш чиқиндиси клинкердан рангли ва нодир металлларни ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш» (2012-2014 йй.); ПЗ-20170929785-сон «Рух кеки ва клинкерини қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш»

(2018-2020 йй.) мавзуларидаги амалий тадқиқотлар ва илмий-техник лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** рух ишлаб чиқаришда клинкерни самарали қайта ишлаш технологиясининг илмий асосларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

ҳозирги ва эскирган клинкернинг кимёвий, моддий ва минералогик таркибини ўрганиш;

клинкерни қайта ишлашнинг комбинацияланган муқобил технологияни тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш;

клинкерни танлаб эритишнинг оптимал технологик параметрларини танлаш;

эритмалардан металлларни ажратиб олиш технологиясини ўрганиш ва ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ рух ишлаб чиқариш техноген чиқиндиси клинкер белгиланган.

**Тадқиқотнинг предмети** рух ишлаб чиқариш техноген чиқиндиси клинкерни комплекс қайта ишлашни самарали технологиясини ишлаб чиқиш ҳисобланади.

**Тадқиқот усуллари.** Диссертация ишини бажаришда тадқиқотларнинг замонавий комплекс усуллари, шу жумладан рух ишлаб чиқариш клинкерини қайта ишлаш бўйича илмий-техник маълумотларни таҳлил қилиш, аналитик усулдан фойдаланган ҳолда назарий ишлар, экспериментал тадқиқотлар кимёвий ва физик-кимёвий усуллар мажмуаси ёрдамида амалга оширилди: гравиметрик, полярографик, спектрофотометрик таҳлил усуллари, шунингдек, магнитли ва флотацион бойитиш усуллари, гидрометаллургия усуллари, шунингдек тажриба тадқиқотлари натижаларини статистик қайта ишлаш усулидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

клинкернинг минералогик таркибидаги бирикмаларни электрхлорлашнинг термодинамик таҳлили асосида металлларни эритмага қўшимча ўтказишга ёрдам берувчи электр танлаб эритиш жараёнида реакциялар кечиш механизми аниқланган;

электролиз жараёнида электрхлорлашнинг термодинамик таҳлилидан маълум бўлдики, темир хлорнинг катта қисмини ўзлаштиради, бу номақбул бўлиб, буни истисно қилиш учун электр танлаб эритишдан олдин клинкер таркибидан қўшимча темир концентратини олиш мумкинлиги аниқланган;

электр танлаб эритиш жараёнида қимматли компонентларни ажратиб олишнинг кинетик параметрларини давомийликка, муҳит кислоталилигига, NaCl концентрациясига боғлиқликлари аниқланди, шунингдек бир вақтнинг ўзда битта аппаратда танлаб эритиш, флотация ва электролиз жараёнларини ўтказиш имконияти аниқланган;

атроф-муҳит муҳофазасини ҳисобга олган ҳолда электр танлаб эритиш жараёнида қимматли компонентларни комплекс ажратиб олишни

таъминлайдиган рух ишлаб чиқариш техноген чиқиндиси клинкерни электрхлорлашнинг технологик параметрларини танлаб олиш принциплари ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагича:**

клинкерни бойитиш (магнитли сепарация, флотация) усуллари ва металлургия (электрохлоринация) жараёнлари ёрдамида самарали қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқилган;

клинкер таркибидаги қимматли компонентларни комплекс ажратиб олиш, темир концентрати, углерод, рангли ва қимматбаҳо нодир металлларни ажратиб олиш имконини берувчи самарали технология ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти рух ишлаб чиқаришда клинкер моддий таркибини ўрганиш ва клинкер таркибидан қимматли компонентларни ажратиб олишнинг самарали технологиясини илмий асослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти рух ишлаб чиқариш техноген чиқиндиси клинкердан қимматли компонентларни самарали ажратиб олишни таъминлаш билан тавсифланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Рух ишлаб чиқаришда клинкерни қайта ишлашнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

рух ишлаб чиқариш чиқиндиси клинкерни магнитли бойитиш технологияси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖда амалиётга жорий этилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2020 йил 8 январдаги АИ-00147-сон маълумотномаси). Натижада клинкер 1 мм гача янчилганда самарали натижага эришиш имконини берган;

магнитли бойитиш чиқиндиларидан металлларни электр танлаб эритиш технологияси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг рух заводида жорий этилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2020 йил 8 январдаги АИ-00147-сон маълумотномаси). Натижада клинкердан эритмага 84,9% Zn, 75,3% Cu ва 78,6% Pb ажратиб олиш имконини берган;

эритмалардан металлларни ажратиб олиш «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг рух заводида жорий этилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2020 йил 8 январдаги АИ-00147-сон маълумотномаси). Натижада клинкердан металлларни ажратиб олишни кўпайтириш имконини берган;

рух ишлаб чиқариш клинкерини қайта ишлаш технологик схемаси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг рух заводида жорий этилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2020 йил 8 январдаги АИ – 00147-сон маълумотномаси). Натижада қўшимча 450 т металллик темир ва 44,4 т олтин таркибли кек олиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 4 та республика миқёсидаги илмий-амалий ва илмий-техникавий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг нашр қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 12 та илмий иш чоп этилган, шулардан 1 та монография, 3 та мақола Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда, жумладан хорижий журналларда 1 та мақола ва Республика нашрида 2 та мақола нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 107 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида олиб борилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари ифодаланган, тадқиқот объект 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 очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланиш бўйича тавсиялар, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Рух ишлаб чиқариш клинкерини қайта ишлашнинг замонавий ҳолати таҳлили»** деб номланган биринчи бобида рух клинкерини қайта ишлаш бўйича мавжуд технологиялар тадқиқот ишларини ўрганишга бағишланган.

Хорижий ва маҳаллий олимлар томонидан ўтказилган рух ишлаб чиқариш клинкеридан қимматли компонентларни гравитацион, электромагнит, флотацион бойитиш усуллари билан ажратиш олиш технологияси соҳасидаги олиб борилган тадқиқот ишлари, шунингдек клинкерни қайта ишлашнинг пирометаллургик ва гидрометаллургик усуллари ўрганилди ва таҳлил қилинди.

Рух ишлаб чиқариш техноген чиқиндиси – клинкерни қайта ишлашнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга эканлиги исботланган ва ушбу диссертация иши мазкур муаммони ўрганиш ва ҳал қилишга бағишланган.

Диссертациянинг **«Рух ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган клинкерни тадқиқ қилиш объекти ва методикасини танлаш»** деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объекти сифатида рух клинкерининг кимёвий (1-жадвал), фазали, минералогик ва гранулометриқ таркиби ўрганилган.

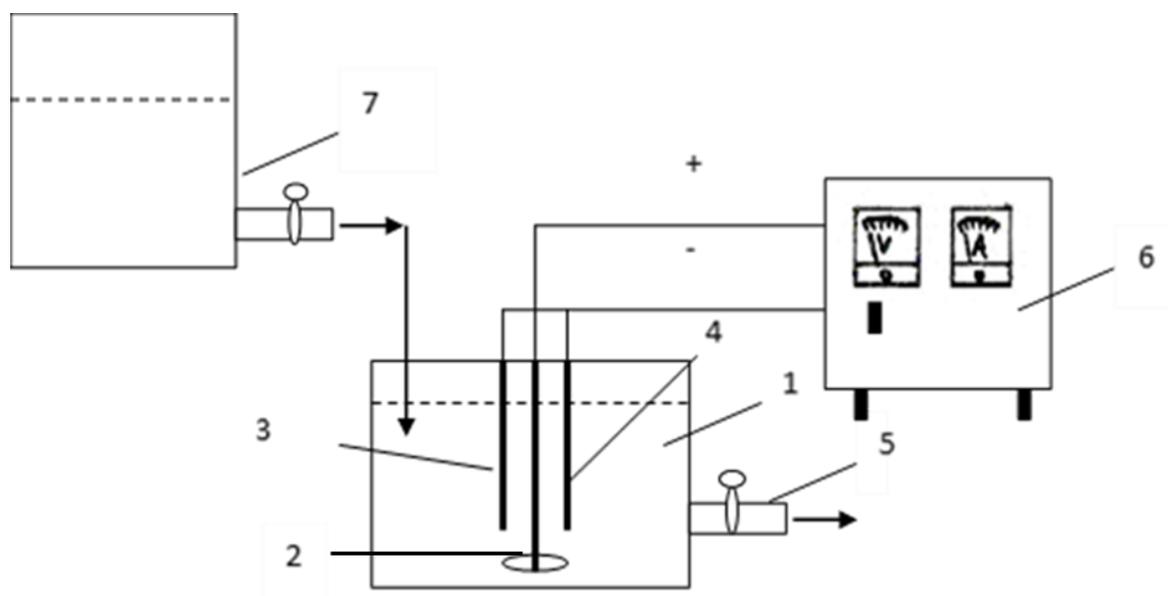
Тадқиқотлар натижасида кимёвий таҳлил натижаларига кўра рух ишлаб чиқариш клинкери таркибида Cu (2,2 %), Zn (2,1 %), Pb (0,51 %), Ag (260,27 г/т), Au (3,2 г/т) ва кокс (29,55 %) каби қимматли компонентлар мавжудлиги аниқланди.

Клинкернинг кимёвий таркиби, %

Элемент, бирикма номи	Cu	Pb	Zn	Fe <sub>умум</sub>	S <sub>умум</sub>	C	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
Миқдори	2,2	0,51	2,1	19,53	8,39	29,55	6,06	4,08	16,42
Элемент, бирикма номи	MgO	Cd	As	TiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ba	Au	Ag
Миқдори	2,72	<0,01	0,155	0,21	0,6	0,47	2,3	3,2 г/т	260,27 г/т

Клинкернинг минерал таркиби асосан шишали-фаялит (35,5 %), кўмир (29,55 %) ва металл темирдан (16,6 %) иборат. Асосан клинкер таркибида углерод ва темир жуда кўп миқдорда бўлади ва қимматли компонентларни ажратиб олишга тўсқинлик қилади. Гранулометрик таркиб кўрсатишича йирик фракциялар 20-23 %, ўрта синф 11,3-17,7 %, майда синф 2,5-14,3 % ташкил қилиб, клинкерни қайта ишлашдан олдин янчиш кераклигини кўрсатди.

Илмий-тадқиқотни бажариш учун 1-расмда кўрсатилган қурилма ишлаб чиқилган. Клинкер компонентларини эритмага ўтказишга таъсир қилувчи омилларни аниқлаш бўйича тадқиқотлар олиб борилди. Электр танлаб эритиш жараёни электролиз қурилмасида амалга оширилди.



1 – электролизер; 2 – аралаштиргич; 3 – графитли анод; 4 – титанли катод;  
5 – тўкиб олиш учун патрубок; 6 – тўғирлагич; 7 – эритма қабул қилувчи

**1-расм. Клинкерни электр танлаб эритиш учун электролиз қурилмаси схемаси**

Намуналарни тадқиқотга тайёрлаш услуги, элакли таҳлил ўтказиш услуги аниқланган. Шунингдек, экспериментал тадқиқотларга ишлов бериш услублари танланган.

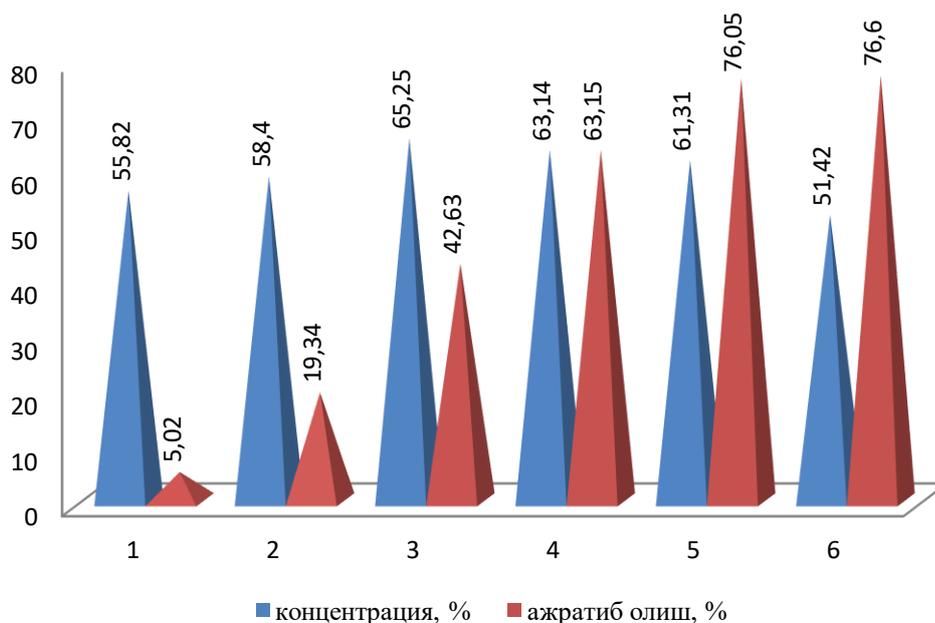
Диссертациянинг «Клинкердан қимматли компонентларни ажратиб олиш жараёнларини тадқиқ қилиш» деб номланган учинчи бобида турли муҳитларда клинкер компонентларининг ўзини тутишини ўрганиш, клинкердан темирли концентрат ажратиб олиб бойитиш бўйича тадқиқотлар, магнитли бойитиш чиқиндиларидан қимматли компонентларни ажратиб олиш ва электр танлаб эритишда қимматли компонентларнинг эритма таркибига ўтишига таъсир қилувчи омилларни тадқиқ қилиш, эритмалардан қимматли компонентларни ажратиб олишни тадқиқ қилиш, шунингдек, тажриба синовлари натижаларига статистик ишлов беришга бағишланган.

Термодинамик таҳлил билан клинкер компонентлари сульфат килота эритмасида яхши эримаслиги аниқланди, сульфидлар ва металлар ферритлари кучсиз кислотали эритмаларда эримайди. Бу эритмага металларни ажратиб олишни камайишига олиб келади. Сульфат кислотаси концентрациясининг камайиши ва танлаб эриш жараёни ҳароратининг кўтарилиши силикат кислота ( $H_2SiO_4$ ) ҳосил бўлиши ва бошқа салбий реакцияларнинг кечишига олиб келади, бу эса фазаларни кейинги ажралишни мураккаблаштиради.

Таҳлил натижаларига кўра клинкер компонентларининг хлорли эритмаларда ўзини тутиши ўрганилганда, клинкерни таркибини ташкил қилувчи қимматли компонентлар рух, мис, кўрғошин, олтин ва кумушларнинг ҳаммаси хлор ва унинг бирикмалари билан таъсирлашиб, сувда эрувчи бирикмалар ҳосил қилади деган хулосага келиш мумкин.

Клинкер таркибидаги темир миқдори бошқа компонентларга қараганда кўпроқ, шунингдек темир электрманфийлиги юқориқ элемент бўлиб, хлорнинг катта қисми билан таъсирлашади. Бу номақбул деб ҳисобланади, чунки бошқа элементларнинг электрманфийлиги пастроқдир. Бунга йўл кўймаслик учун темирни клинкер таркибидан электрхлорлашдан олдин темир концентрати сифатида олиб ташлаш керак. Клинкердаги олтин ва кумуш концентрацияси бошқаларга қараганда пастроқ ва улар электрмусбат элементлардир, натижада улар хлор билан охириги навбатда таъсирлашади ва шу сабабли улар кекда қолишлари мумкин. Электр танлаб эритишда углерод хлор билан реакцияга киришмайди ва керосин кўшганда ванна юзасига енгил фракция шаклида сузиб чиқади ва алоҳида маҳсулот ҳосил қилади.

Клинкерни бойитиб темирни алоҳида концентратга ажратиб олиш бўйича тадқиқотлар олиб борилди. Клинкер таркибидан темирни ажратиб олиш учун қуруқ магнитли сепарация ўтказилди (2-расм). Тадқиқот натижалари клинкердан темирни магнитли бойитиш усули билан ажратиб олиш ва 60% га яқин темир таркибли концентрат олиш мумкинлигини кўрсатди. Магнитли фракцияни ювиш орқали темир бойитмаси таркибидаги темир миқдорини мос равишда 66% гача ошириш мумкин. Олинган тозаланган темир бойитмаси кейинги қайта ишлашга мос ва истъеъмолчига юборилиши мумкин.



**2-расм. Клинкер таркибидаги темирни магнитли бойитиш усули билан ажратиб олишнинг ток кучига боғлиқлиги**

Клинкер компонентларини эритмага ажралиб чиқишига таъсир қилувчи омиллар тадқиқ қилинди 2-жавдал ва 3 - 5 расм.

2-жадвал

Клинкер компонентларининг эритмага ажралишини электр танлаб эритиш давомийлигига боғлиқлиги

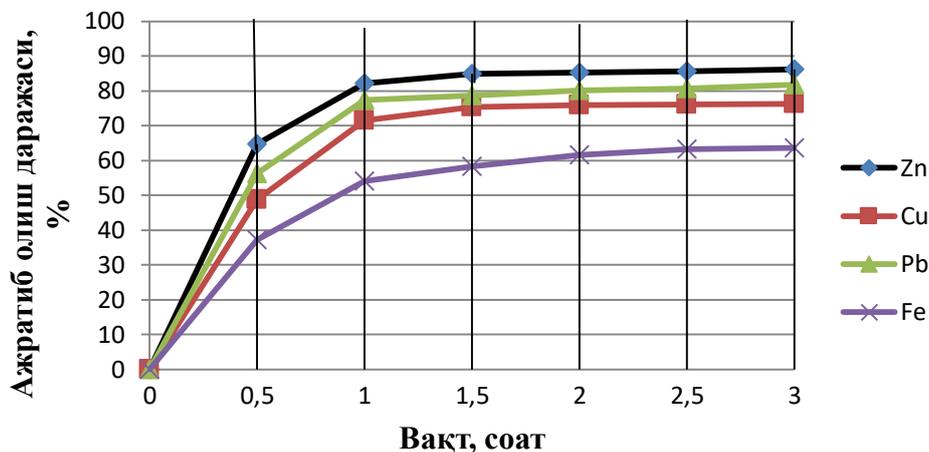
( $C_{NaCl}=100$  г/л,  $C_{HCl}=40$  г/л,  $U=12$ В,  $Q:C=1:8$ ;

бошланғич клинкер таркиби 1,05 % Zn, 1,1 % Cu, 0,25 % Pb, 9,76 % Fe)

Давомийлик, соат	Кек чиқиши, %	Кекдаги таркиби, %				Кўпикли маҳсулот чиқиши %	Кўпикли маҳсулот таркиби, %				Эритма таркиби, г/л				Эритмага ажратиб олиш, %			
		Zn	Cu	Pb	Fe		Zn	Cu	Pb	Fe	Zn	Cu	Pb	Fe	Zn	Cu	Pb	Fe
-	100	1,05	1,1	0,255	9,76													
0,5	64	0,73	1,87	0,33	16,2	27	1,74	2,2	0,44	7,52	0,68	0,54	0,14	3,63	64,7	48,8	56,3	37,2
1	62	0,36	0,64	0,16	11,2	28	0,89	2,14	0,25	7,54	0,86	0,78	0,2	5,28	82,2	71,4	77,4	54,1
1,5	60	0,21	0,35	0,15	10,8	31	0,88	2,12	0,23	5,74	0,89	0,83	0,2	5,69	84,9	75,4	78,6	58,3
2	59	0,23	0,325	0,14	10,4	32	0,76	2,06	0,22	4,57	0,89	0,83	0,2	6,01	85,3	75,8	80,1	61,6
2,5	58	0,24	0,295	0,13	10,2	33	0,74	2,03	0,19	3,46	0,89	0,84	0,21	6,17	85,6	76,1	80,7	63,2
3	56	0,25	0,287	0,15	10,1	34	0,72	1,98	0,17	3,14	0,90	0,84	0,21	6,21	86,1	76,3	81,7	63,6

Ускуна ваннада керакли микдордаги электролит ( $\text{NaCl} + \text{HCl}$  эритмаси) куйилди ва магнитли бойитиш чиқиндилари юкланди. Шишали аралаштиргич билан аралаштирилди. Электролитга 200 г/т керосин қўшилди.

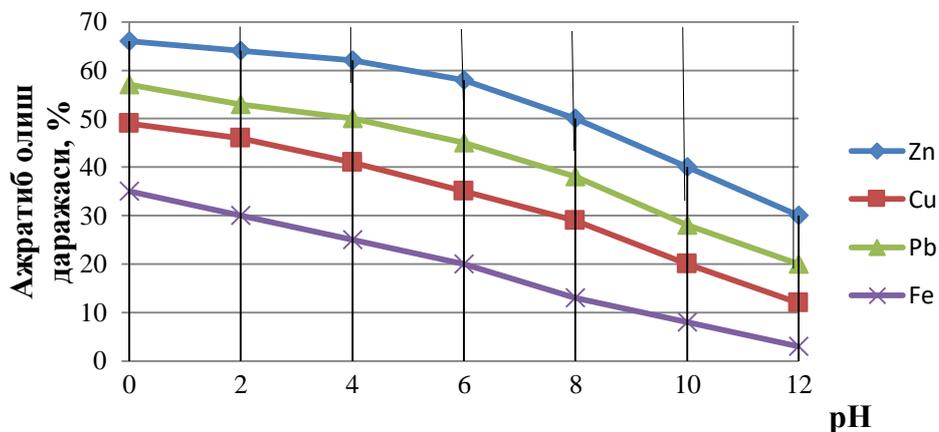
Клинкер компонентларининг эритмага ўтишининг электр танлаб эритиш давомийлигига боғлиқлиги,  $\text{NaCl}$  ва  $\text{HCl}$  концентрациясига боғлиқлиги, муҳит кислоталилигига боғлиқлиги тадқиқ қилинди, уларнинг натижалари 3-5-расмларда келтирилган.



**3-расм. Электр танлаб эритишда металлларни эритмага ўтишининг вақтга боғлиқлиги**

Клинкер компонентларининг ажратиб олинишини электр танлаб эритиш жараёни вақтига боғлиқлигини аниқлаш бўйича эксперимент натижалари (2-жадвал, 3-расм) кўрсатишича, электр танлаб эритиш жараёнида энг яхши кўрсаткичлар 1,5 соат давомида олинди, электр танлаб эритиш жараёни вақтини янада узайтириш металлларнинг эритмага ўтишига сезиларли таъсир қилмайди, яъни вақтни узайтириш самарали эмас.

Клинкерни электр танлаб эритишга эритма нордонлигининг таъсирини ўрганиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди 4-расм.

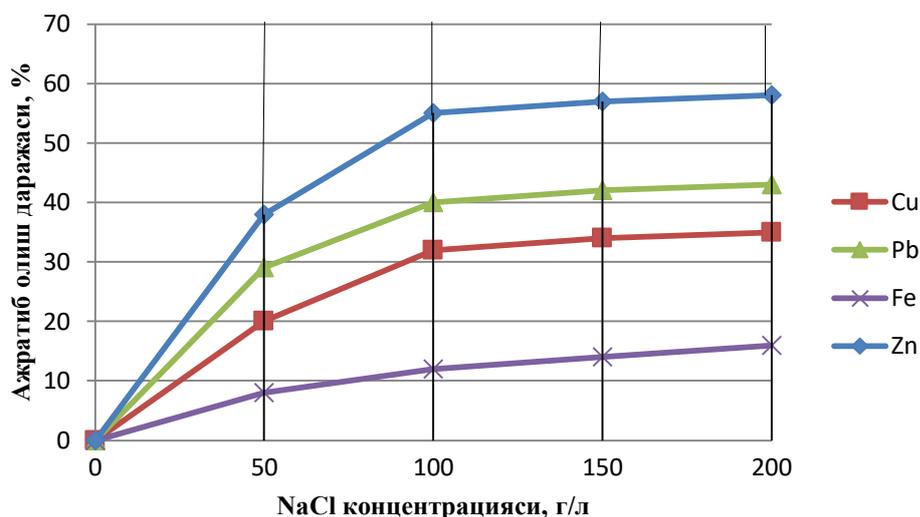


$C_{\text{NaCl}} = 100 \text{ г/л}$ , Қ:С=1:8,  $t = 25^\circ\text{C}$ , токнинг анод зичлиги  $0,02 \text{ А/см}^2$ , қаршилик кўрсаткичи 12В,  $\tau = 30 \text{ мин}$

**4-расм. Металлларни эритмага ўтказишнинг эритма нордонлигига боғлиқлиги**

Тадқиқотлар натижаси бўйича (4 -расм) жараёнга эритма нордонлиги катта таъсир кўрсатади. Электродит нордонлигини ортиши билан клинкер компонентларининг эритмага ўтиши ортади. Энг яхши кўрсаткичларга электродитда хлорид кислотасининг концентрацияси 40-50 г/л бўлганда эришилди.

Металларни эритмага ўтишининг NaCl концентрациясига боғлиқлиги ўрганилди (5-расм).



$pH=7$ ,  $Q:C=1:8$ ,  $t=25^{\circ}C$ , токнинг анод зичлиги  $0,02 \text{ A/cm}^2$ , қаршилик кўрсаткичи  $12B$ ,  $\tau=30$  мин

### 5-расм. Металларни эритмага ўтиш даражасининг NaCl концентрациясига боғлиқлиги

Тадқиқот натижалари асосида (5-расм) қониқарли натижага NaCl концентрацияси 150-200 г/л бўлганда эришилди.

Электр танлаб эритиш билан металларни эритмага ажратиб олишнинг NaCl концентрациясига боғлиқлиги бўйича тадқиқотлар натижаларига кўра, 1,5 соат давомида эритма концентрацияси  $C_{NaCl}=100$  г/л,  $C_{HCl}=40$  г/л бўлган танлаб эритишда эритмага металларнинг ажралиб чиқиши 84,9% Zn, 75,4% Cu, 78,6% Pb ва 58,3% Fe ни ташкил қилади. Жараён давомийлигини ва концентрациянинг кейинги оширилиши сезиларли ўзгаришлар бермайди. Кўпikli маҳсулот таркибига асосан углерод ва оз миқдордаги металлар 88% Zn, 2,12% Cu, 0,23% Pb ва 5,74% Fe ўтади.

Электр танлаб эритиш натижасида олинган эритмалардан металларни гидроксид ҳолда чўктириб олиш учун тажриба ўтказишда эритмалар қиздирилди ва аста-секин натрий гидроксид қўшиб борилди.  $60^{\circ}C$  ҳароратда чўкмалар ажралиши бошланди, аввал  $pH = 2$  да  $Pb(OH)_2$  чўкиндиси ҳосил бўлди, сўнгра эритманинг  $pH$  даражаси 5 - 6 гача кўтарилганда  $Zn(OH)_2$ ,  $Cu(OH)_2$  чўкди ва  $pH = 6,8$  да  $Fe(OH)_2$  чўкиндиси ҳосил бўлди. Тажриба натижалари ушбу усулни эритмаларни қайта ишлашда қўллаш мумкинлигини

кўрсатади. Кейинчалик, агар керак бўлса, чўкинди гидроксидларни қайта ишлаш мумкин.

Ишда металлларни электр танлаб эритиш кўрсаткичларига статистик ишлов бериш амалга оширилган. Вариация коэффицентини клинкерни электр танлаб эритиш вақтига боғлиқлиги ўрганилди. Тадқиқотлар натижасида олинган энг ишончли ва аниқ маълумотлар танлаб эритиш давомийлиги 1-1,5 соат бўлганда олинди. Металлларни ажратиб олиш миқдорини аниқлашдаги ҳатоликлар асосан рух, мис, кўрғошин ва темир таркибини аниқлашда ва таҳлил учун намуналар танлашда йиғилган.

Маълумотларни статистик таҳлили вариация коэффицентлари кўрсаткичлари олинган натижаларнинг етарли даражада аниқ ва ишончилигини исботлади.

Диссертациянинг «**Рух ишлаб чиқаришда клинкерни самарали қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш**» деб номланган тўртинчи бобида тажриба тадқиқотларига асосланиб ўтказилган йириклаштирилган тажриба экспериментлари натижалари келтирилган ва уларнинг асосида тузилган рух ишлаб чиқариш клинкерини самарали қайта ишлаш учун таклиф қилинаётган технологик схема (6-7–расмлар) ифодаланган. Шунингдек, ушбу бўлимда таклиф қилинаётган технологиянинг иқтисодий самарадорлиги аниқланган.

Олинган тажриба тадқиқотлари асосида қимматли металлларни ажратиб олишнинг комбинациялашган технологияси назарда тутилган бўлиб, темир бойитмасини ажратиб олишни кўзда тутувчи магнитли сепарацияни, магнитли бойитиш чиқиндиларини электр танлаб эритиш ва кўпикли маҳсулот (таркиби асосан углероддан ташкил топган), эритма (ажратиб олинаётган металл таркибли) ва кек (қимматбаҳо нодир металллар тўпланган) олишдан иборат.

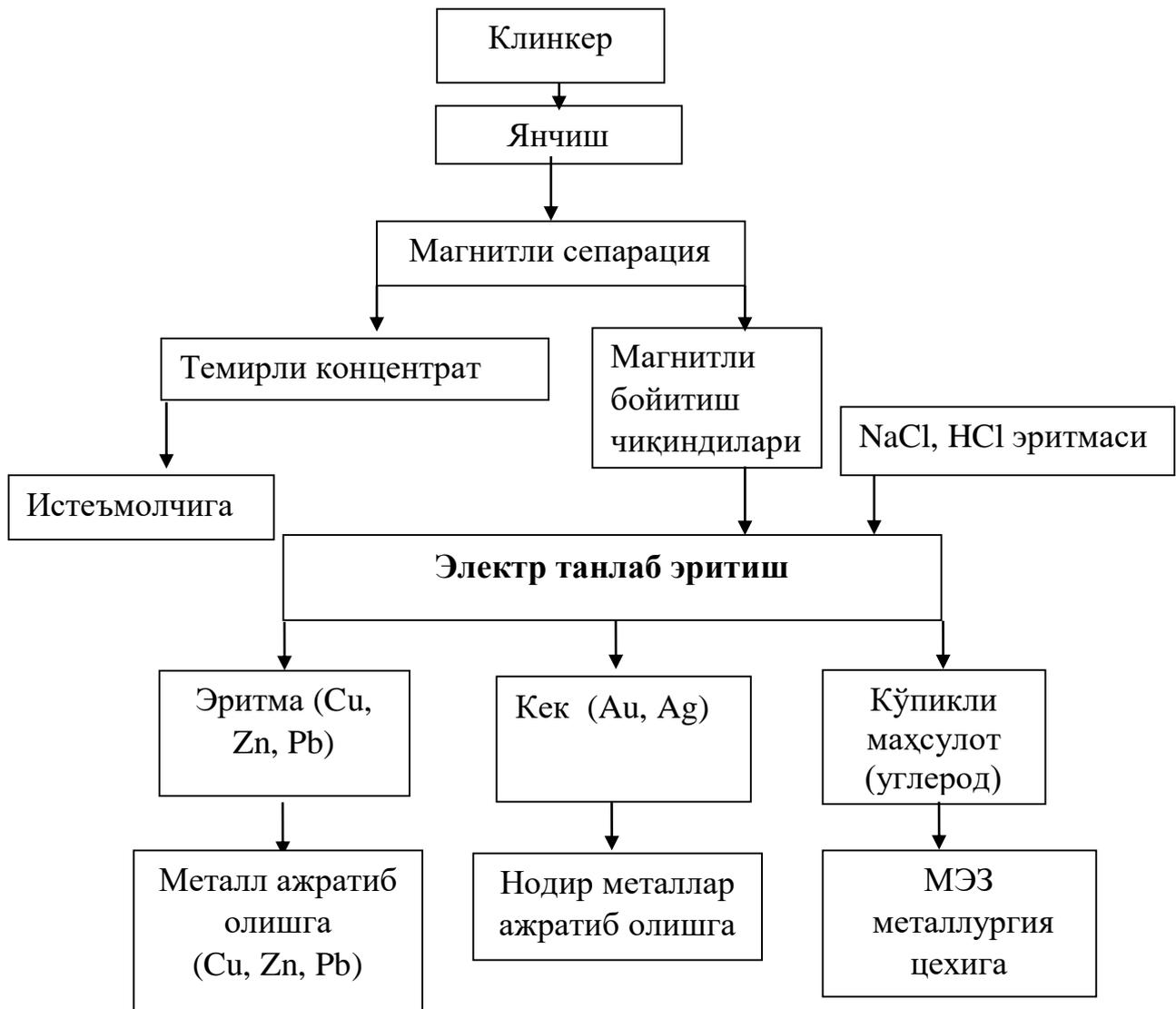
Дастлаб 1 кг вазнли клинкер соққали тегирмонда -1 мм йирикликкача янчилди. Янчилган клинкер магнитли сепарация билан ток кучи 0,5А ва қаршилиқ 295 В да бойитилди. Натижада 236,5 г магнитли фракция (таркибида 76,05% Fe) ва 763,5 г магнитли бойитиш чиқиндиси олинди.

Олинган магнитли фракция ювилди ва 224,9 грамм вазнли магнитли фарқция ва 11,6 грамм углеродли фракция олинди. Кўмирли фракция магнитли бойитиш чиқиндиларига кўшилди ва уларнинг массаси 775,1 граммни ташкил қилди.

Магнитли бойитиш чиқиндилари электр танлаб эритиш тажриба қурилмасида қайта ишланди. Йириклаштирилган тажриба синовлари натижалари тажриба тадқиқотлари натижаларига мослигини тасдиқланди.

Ўтказилган йириклаштирилган синов тадқиқотлари натижалари бўйича биз танлаган технология клинкерни комплекс қайта ишлаши тўрисида хулоса қилишга имкон беради. Электр танлаб эритиш жараёнида мис, рух, кўрғошин ва темир эритмага ўтади, қимматбаҳо нодир металллар эса кекда қолади.

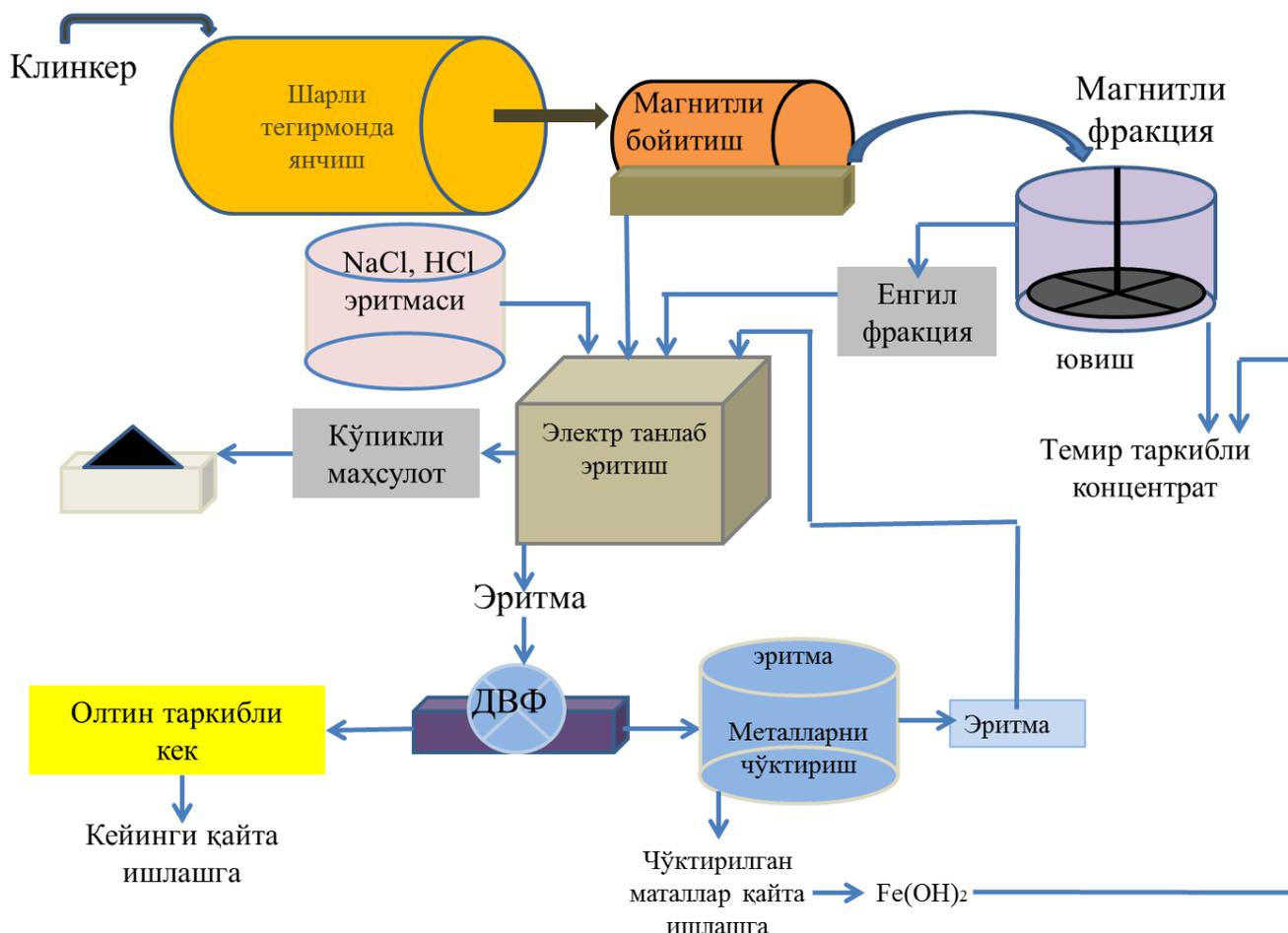
Электр танлаб эритишдан чиққан кеклардан цианлаш йўли билан 98% гача олтин ва 93% кумуш ажратиб олиш мумкин.



**6-расм. Клинкерни қайта ишлашнинг таклиф қилинаётган технологик схемаси**

Электр танлаб эритиш жараёнида олинаётган кекни 6-расм қуритишдан кейин конвертерга флюслар билан бирга қимматбаҳо металллар хом ашёси сифатида ҳам юклаш мумкин, ундан олтин ва кумушни хомаки мисга ажратиб олиш 95 % ташкил қилади.

Рух ишлаб чиқариш клинкерини қайта ишлаш бўйича таклиф қилинаётган схема (7-расм) да клинкер комплекс ва чиқиндисиз қайта ишланади.



**7-расм. Рух ишлаб чиқариш клинкерини самарали қайта ишлаш учун таклиф қилинаётган технологик схема**

Шунингдек, тўртинчи бўлимда таклиф қилинган рух ишлаб чиқариш чиқариш чиқиндиси клинкерни самарали қайта ишлашни технологик схемасини иқтисодий самарадорлиги аниқланган. Тадқиқ қилинаётган технологиянинг эксплуатацион ҳаражатлари ва капитал қўйилмаларнинг қопланиши аниқланган. «Олмалик кон-металлургия комбинати» АЖ га таклиф этилган технологиядан кутилаётган иқтисодий самарадорлик 2019 йил нархларида 34 254 АҚШ долларини ташкил қилади.

## ХУЛОСА

«Рух ишлаб чиқаришда клинкерни самарали қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда, назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Рух кекларини вельцлашдан олинган клинкер қайта ишлаш учун таркиби мураккаб бўлган техноген чиқинди эканлиги, шу сабабли ҳозирда уни гидрометаллургик ва пирометаллургик усуллар билан қайта ишлаш учун аниқ

иқтисодий самарадор технологиялар мавжуд эмаслигини аниқлаш имконини беради.

2. Клинкер таркибидаги минералогик бирикмаларнинг электрхлорлашда кечадиган реакциялар механизмини термодинамик таҳлили асосида электр танлаб эритиш жараёнида уни қайта ишлаб, металлларни эритмага самарали ажралишига ёрдам берувчи технология тасвия қилинган.

3. Электр танлаб эритиш жараёнида қимматли компонентларни ажратиб олишнинг технологик параметрлари, хусусан танлаб эритиш давомийлиги, муҳитнинг нордонлиги, NaCl концентрацияси ва танлаб эритиш, флотация ва электролиз жараёнларини бир вақтнинг ўзида бир аппаратда амалга ошириш имконияти ишлаб чиқаришга тавсия қилинган.

4. Электролиз жараёнида электрохлоринациянинг термодинамик таҳлилидан темир хлорнинг катта қисмини ўзлаштириб олиши, бунинг номақбуллиги аниқланди, бунга йўл қўймаслик учун клинкер таркибидан электр танлаб эритишдан олдин қўшимча темир концентратини олиш имконияти таклиф қилинган.

5. Металл таркибли эритмалардан қимматли компонентларни турли рН ларда металл гидроксидлари шаклида чўктириш усули билан ажратиб олиш ишлаб чиқаришга таклиф қилинди, бу эса ушбу усулни турли металл таркибли эритмаларни қайта ишлаш учун қўллаш имконини беради.

6. Рух ишлаб чиқариш техноген чиқиндиси клинкерни самарали қайта ишлаш технологияси, унда магнитли сепарация, электр танлаб эритиш жараёнидаги электрхлорлаш, қимматбаҳо нодир металлларни ажратиб олиш мақсадида танлаб эритиш кекларни цианлашни ўз ичига олган, атроф муҳит муҳофазасини ҳисобга олган ҳолда қимматли компонентлар ажратиб олишни таъминловчи, Олмалик кон-металлургия комбинати АЖ га ўзининг хом ашё базасини сезиларли капитал сарф-ҳаражатларсиз кенгайтириш имконини берувчи технология таклиф қилинган.

7. Рух ишлаб чиқариш техноген чиқиндиси клинкерни қайта ишлаш, қимматли компонентларни комплекс ажратиб олиш учун тавсия этилган самарали технологиядан кутилаётган иқтисодий самарадорлиги йилига 34254 АҚШ долларини ташкил этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.17/30.12.2019.Т.06.01  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ  
НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ**  

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

**ТОШКОДИРОВА РАНО ЭРКИНЖОНОВНА**

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ  
КЛИНКЕРА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦИНКА**

**04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых**

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

**Навои – 2020**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2019.4.PhD/Т727.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете им. Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице 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>Абдурахмонов Сойиб Абдурахмонович</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Эргашев Улугбек Абдурасулович</b> доктор технических наук
	<b>Хужакулов Нурмурод Ботирович</b> доктор философии по техническим наукам (PhD)
<b>Ведущая организация:</b>	<b>ГП «Институт минеральных ресурсов»</b>

Защита диссертации состоится 24 августа 2020 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.17/30.12.2019.T.06.01 (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 127. Зал заседаний Навоийского государственного горного института. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz), [nsmi@gmail.com](mailto:nsmi@gmail.com)).

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горного института (зарегистрирован за №6). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 127. Здание ректората НГТИ, 1-й этаж. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан 12 августа 2020 г.

(реестр протокола рассылки №17 от 12 августа 2020 г.).



*[Signature]*

**К.С.Санакулов**

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

*[Signature]*

**Ш.Ш.Заиров**

Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

*[Signature]*

**И.Т.Мислибаев**

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире ежегодно извлекается около 10 млрд. т полезных ископаемых для удовлетворения потребностей в производстве черных и цветных металлов. Однако, истощение богатых и легко вскрываемых рудных месторождений указывают на необходимость особого внимания для повышения комплексности использования рудно-минерального сырья и вторичного сырья в виде лома и техногенных отходов горно-металлургической отрасли. К таким техногенным отходам в цинковом производстве относится клинкер от вельцевания цинковых кеков.

В мире в настоящее время научные исследования при производстве черных и цветных металлов направлены на вовлечение различных техногенных отходов металлургической отрасли путем использования их в основном технологическом процессе производства в качестве дополнительного сырья. В связи с этим в металлургии производство металлов связано с образованием большого количества техногенных отходов, хранящихся в хвостохранилищах предприятий, усугубляя экологию региона в виде шлаков, кеков и клинкера, объем которых намного превышает объем самого производимого чистого металла.

В связи с этим В Республике Узбекистан исследования по совершенствованию технологии производства цветных металлов получили новое развитие при использовании техногенных отходов производства в виде сырья, цветных и благородных металлов. В стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены задачи по «повышению промышленности на качественно новый уровень, глубокой переработки местных источников сырья, ускорению производства готовой продукции и освоению технологий»<sup>1</sup>. Одной из таких задач является использование клинкера техногенного отхода цинкового производства в виде сырья цветных и благородных металлов, которого накопилось в хвостохранилище АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» более 474 тыс. т и в его составе в значительных количествах содержатся золото, серебро, медь, цинк, железо, углерод и другие ценные компоненты. Его переработка позволит комбинату ощутимо расширить сырьевую базу без значительных капитальных затрат.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», УП-4124 от 17 января 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», в Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 гг.»

дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** Значительный вклад в развитие науки и практики по проблеме переработки цинковых кеков и клинкера внесли зарубежные и отечественные ученые С.И.Митрофанов, П.Ф.Еремин, Н.Р.Романов, С.И.Биндер, С.М.Анисимов, А.И.Окунев, Л.С.Щуголь, Ф.И.Нагирняк, Э.С.Гагарин, С.Э.Фридман, И.А.Рискин, И.А.Строителев, Б.А.Шпильберг, Н.Б.Николаева, Ю.В.Андреев, С.А.Тирковский, К.М.Смирнов, С.Т.Такеджанов, А.А.Юсупходжаев, М.М.Холматов, М.М.Якубов, С.А.Абдурахмонов, К.С.Санакулов, А.С. Хасанов, А.М.Паньшин, В.Lucheva, P. Iiev, K.Draganova, V.Stefanova, E.H.Козырев, Р.Д.Аллабергенов, Р.К. Ахмедов и другие, которые вели исследования по разработке и созданию различных методов переработки клинкера.

Исходя из анализа существующих работ, следует отметить, что для извлечения металлов из клинкера цинкового производства проведены комплексные исследования (процессы гравитационного, электромагнитного, флотационного обогащения, гидро- и пирометаллургические процессы) и разработаны различные методы. Вместе с этим проводились исследования по процессам выщелачивания клинкера в различных растворителях, но они ещё не применялись в производственных масштабах. Очевидно, что вопросы усовершенствования технологии комплексного извлечения металлов из состава клинкера и их переработка ещё не решены. Это обусловлено, главным образом, трудностью извлечения ценных компонентов из состава клинкера. Данная диссертационная работа посвящена разработке эффективной технологии переработки клинкера.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационная работа выполнена в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института, Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета и АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» на темы: №02-2091юр – «Разработка комбинированной технологии извлечения ценных металлов из цинковых кеков» (2012 г.); А13-ФК-020123, А13-050 – «Разработка технологии извлечения цветных и благородных металлов из клинкера – отхода цинкового производства» (2012-2014 гг.); ПЗ-20170929785 – «Разработка технологии переработки цинкового кека и клинкера» (2018-2020 гг.).

**Целью исследования** является разработка научных основ эффективной технологии переработки клинкера цинкового производства.

**Задачи исследования:**

исследование химического, вещественного и минералогического состава текущего и лежалого клинкера;

исследование и разработка альтернативной технологии комбинированной переработки клинкера;

выбор оптимальных технологических параметров выщелачивания клинкера;

изучение и разработка технологии извлечения металлов из растворов.

**Объектом исследования** является клинкер – техногенный отход цинкового производства АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат».

**Предметом исследования** является разработка эффективной технологии комплексной переработки клинкера техногенного отхода цинкового производства.

**Методы исследований.** При выполнении диссертационной работы применены современные комплексные методы исследований, включающие анализ научно-технической информации по переработке клинкера цинкового производства, теоретические исследования с применением аналитического метода, экспериментальные исследования проводились с применением комплекса химических и физико-химических методов: гравиметрического, полярографического, спектрофотометрического методов анализа, а также магнитного, флотационного способов обогащения, гидрометаллургических методов, а также методом статистической обработки результатов лабораторных исследований.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

установлены, на основании термодинамического анализа электрохлоринации соединений минералогического состава клинкера, механизмы протекания реакций в процессе электровыщелачивания, способствующие дополнительному извлечению металлов в раствор;

выявлено из термодинамического анализа электрохлоринации в процессе электролиза, что железо осваивает значительную часть хлора, что не целесообразно и для исключения этого, установлена возможность получения дополнительного железного концентрата из состава клинкера до электровыщелачивания;

определены кинетические параметры извлечения ценных компонентов в процессе электровыщелачивания в зависимости от продолжительности, кислотности среды, концентрации NaCl, а также установлена, возможность осуществления процессов выщелачивания, флотации и электролиза в одном аппарате одновременно;

разработаны принципы выбора технологических параметров переработки клинкера техногенного отхода цинкового производства, электрохлоринацией, в процессе электровыщелачивания с учетом охраны

окружающей среды, обеспечивающие комплексное извлечение ценных компонентов.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:  
разработана эффективная технология переработки клинкера с применением обогатительных (магнитная сепарация, флотация) методов и металлургических (электрохлоринация) процессов;

разработана эффективная технология, позволяющая комплексно извлекать ценные компоненты, имеющиеся в составе клинкера, отделять железный концентрат, углерод, цветные и благородные металлы.

#### **Научно-практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость исследований состоит в изучении вещественного состава клинкера цинкового производства и научном обосновании эффективной технологии извлечения ценных компонентов из состава клинкера.

Практическая значимость результатов исследований представляет собой обеспечение эффективного извлечения ценных компонентов из клинкера техногенного отхода цинкового производства.

**Внедрение результатов исследования.** На основе проведенных исследований по разработке эффективной технологии переработки клинкера цинкового производства:

технология магнитного обогащения клинкера цинкового производства внедрена в АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №АИ-00147 от 8 января 2020 г.). В результате получена возможность эффективного извлечения при измельчении клинкера до 1 мм;

технология электровыщелачивания металлов из хвостов магнитного обогащения внедрена в АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №АИ-00147 от 8 января 2020 г.). В результате получена возможность извлечения 84,9% Zn, 75,3% Cu и 78,6% Pb из клинкера в раствор;

извлечение металлов из растворов внедрено в цинковом заводе АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №АИ-00147 от 8 января 2020 г.). В результате повышено извлечение металлов из клинкера;

технологическая схема переработки клинкера цинкового производства внедрена в АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №АИ-00147 от 8 января 2020 г.). В результате получена возможность дополнительно получить 450 т металлического железа и 44,4 т золотосодержащего кека.

**Апробация результатов исследования.** Апробация результатов данного исследования проведена на 3 республиканских и 4 международных научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы всего 12 научных работ, из них: 1 монография, в научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, изданы 3 статьи, в том числе 2 из которых в республиканских и 1 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 107 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

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

Первая глава диссертации **«Анализ современного состояния переработки клинкера цинкового производства»** посвящена изучению исследовательских работ существующих технологий переработки цинкового клинкера.

Изучены и проанализированы исследовательские работы проведенные зарубежными и отечественными учеными в области технологии извлечения ценных компонентов из клинкера цинкового производства методами гравитационного, электромагнитного, флотационного обогащения, а также проведены исследования пирометаллургических и гидрометаллургических методов переработки клинкера.

Доказано, что переработка клинкера – техногенного отхода цинкового производства и разработка эффективной технологии переработки клинкера является важной и решению данной проблемы посвящено исследование данной диссертационной работы.

Во второй главе **«Выбор объекта исследований – клинкера, образующегося в цинковом производстве и методики исследования»** в качестве объекта исследований изучен химический (таблица 1), фазовый, минералогический и гранулометрический состав клинкера цинкового производства.

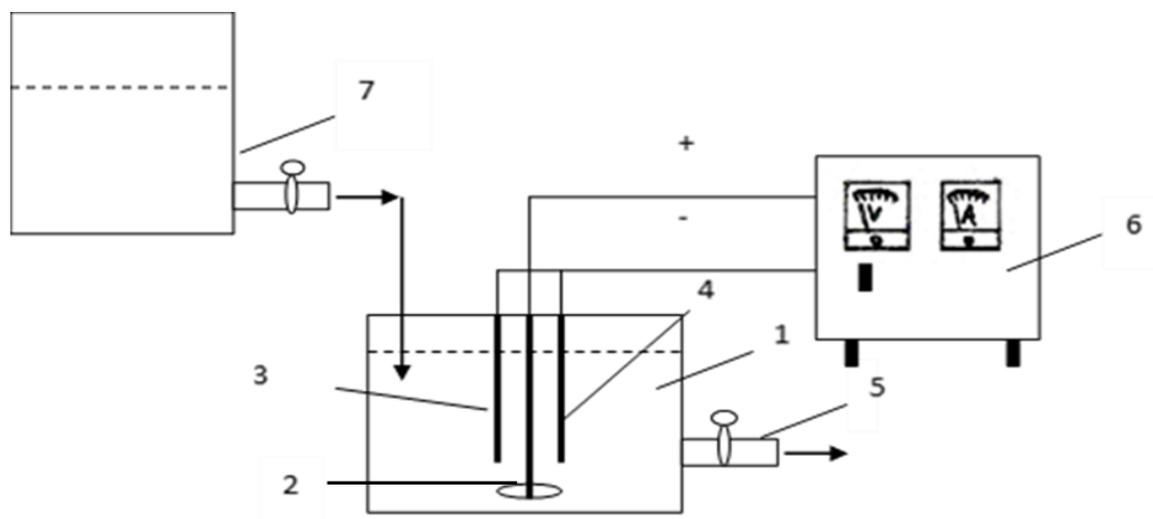
В результате проведенных исследований установлено, что согласно химическому анализу в состав клинкера цинкового производства входят такие ценные компоненты как Cu (2,2 %), Zn (2,1 %), Pb (0,51 %), Ag (260,27 г/т), Au (3,2 г/т) и коксик (29,55 %).

Химический состав клинкера, %

Наименование элемента, соединения	Cu	Pb	Zn	Fe <sub>общ</sub>	S <sub>общ</sub>	C	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
Содержание	2,2	0,51	2,1	19,53	8,39	29,55	6,06	4,08	16,42
Наименование элемента, соединения	MgO	Cd	As	TiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ba	Au	Ag
Содержание	2,72	<0,01	0,155	0,21	0,6	0,47	2,3	3,2 г/т	260,27 г/т

Минеральный состав клинкера в основном представлен стекло-фаялитом (35,5 %), углем (29,55 %) и металлическим железом (16,6 %). В основном углерод и железо в составе клинкера содержатся в довольно больших количествах и препятствуют извлечению ценных компонентов. Гранулометрический состав показал, что крупные фракции составляют 20 – 23 %, средний класс 11,3 - 17,7 %, мелкий класс 2,5 - 14,3 %, это показывает, что перед переработкой клинкер необходимо измельчить.

Для проведения научно-исследовательской работы разработана установка, изображенная на рис. 1. Проведены исследования для определения факторов, влияющих на извлечение компонентов клинкера в раствор. Процесс электровыщелачивания проводился на электролизной установке.



1 – электролизер; 2 – мешалка; 3 – анод графитовый; 4 – катод титановый; 5 – сливной патрубок; 6 – выпрямитель; 7 – приемник раствора

**Рис. 1. Схема электролизной установки для электровыщелачивания клинкера**

Определена методика подготовки проб к исследованию, методика проведения ситового анализа. Также выбраны методы для обработки экспериментальных исследований.

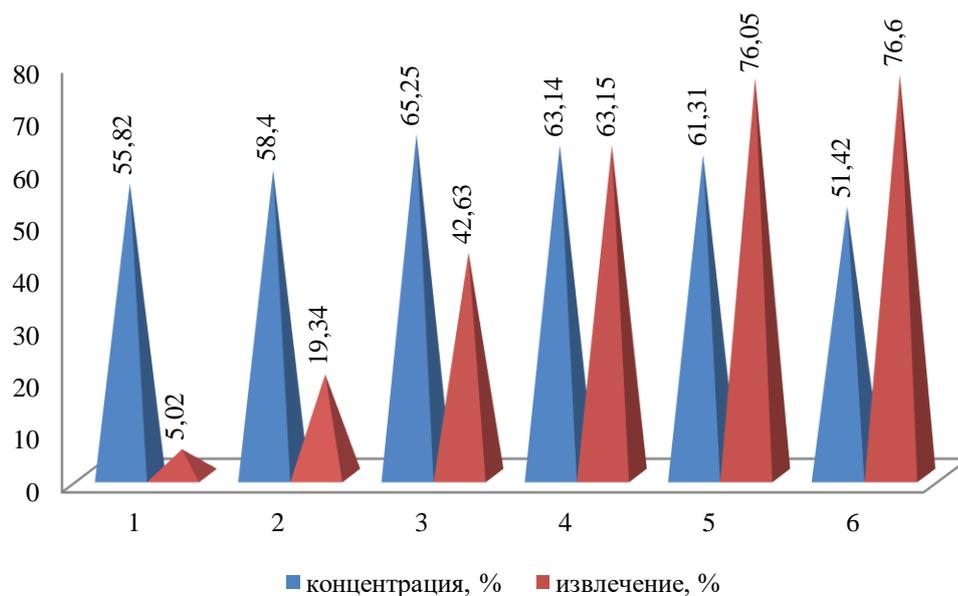
Третья глава «Исследование процессов извлечения ценных компонентов из клинкера» посвящена изучению поведения компонентов клинкера в различных средах, исследованиям по обогащению клинкера с извлечением железа в концентрат, исследованиям по извлечению ценных компонентов из хвостов магнитного обогащения и факторам, влияющим на извлечение компонентов клинкера в раствор при электровыщелачивании, исследованию извлечения ценных компонентов из растворов, а также статистической обработке показателей результатов экспериментов.

Термодинамическим анализом определено, что компоненты клинкера плохо растворяются в растворах серной кислоты, сульфиды и ферриты металлов не растворяются в слабокислых растворах. Это приводит к уменьшению извлечения металлов в раствор. Увеличение концентрации серной кислоты и температуры процесса выщелачивания приводит к образованию кремневой кислоты ( $\text{H}_2\text{SiO}_4$ ) и других побочных реакций, что затрудняет дальнейшее разделение фаз.

По результатам анализа поведения компонентов клинкера в хлоридных растворах можно сделать следующие выводы: составляющие клинкера ценные компоненты цинк, медь, свинец, железо, золото и серебро все взаимодействуют с хлором и его соединениями, с образованием воднорастворимых соединений.

Содержание железа в клинкере больше остальных компонентов, а также железо более электроотрицательный элемент, вследствие этого оно осваивает значительную часть хлора. Это считается нецелесообразным, так как другие элементы менее электроотрицательные. Для исключения этого, железо до электровыщелачивания необходимо удалить в качестве железного концентрата из состава клинкера. Концентрация золота и серебра в клинкере меньше остальных и они более электроположительные элементы, вследствие этого реагировать с хлором будут в последнюю очередь, в связи с этим возможно останутся в кеке. Углерод при электровыщелачивании не реагирует с хлором и при добавлении керосина всплывает на поверхность ванны в виде легкой фракции и составляет отдельный продукт.

Проводились исследования по обогащению клинкера с извлечением железа в концентрат. Для отделения железа из состава клинкера проводили сухую магнитную сепарацию (рис. 2). Результаты экспериментов показывают возможность извлечения железа из клинкера методом магнитного обогащения и получением концентрата с содержанием железа около 60%. Отмыванием магнитной фракции в составе железного концентрата соответственно увеличивается количество железа до 66%. Полученный очищенный железный концентрат вполне пригоден для дальнейшей переработки и может быть направлен к потребителю.



**Рис. 2. Зависимость извлечения железа из состава клинкера методом магнитного обогащения**

Проводились исследования факторов, влияющих на извлечение в раствор компонентов клинкера табл. 2 и рис. 3-5.

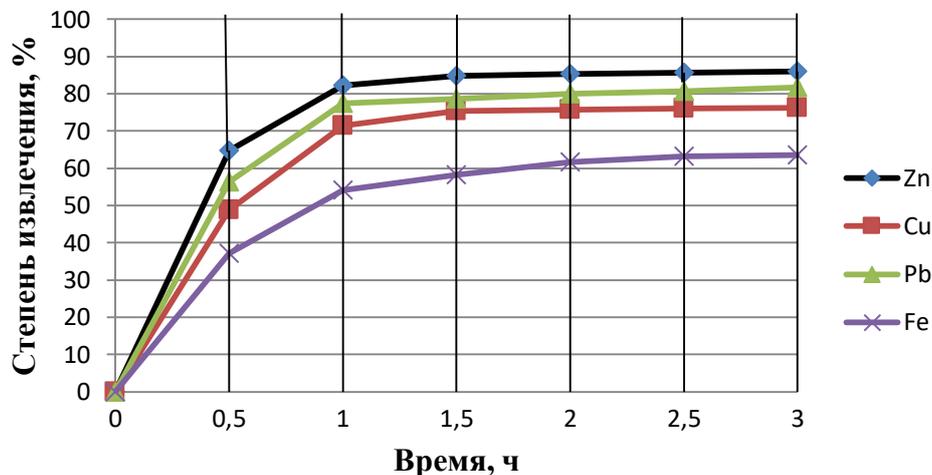
Таблица 2

Зависимость извлечения компонентов клинкера в раствор от времени электровыщелачивания ( $C_{NaCl}=100$  г/л,  $C_{HCl}=40$  г/л,  $U=12$ В,  $T:Ж=1:8$ ; состав исходного клинкера 1,05 % Zn, 1,1 % Cu, 0,25 % Pb, 9,76 % Fe)

Время, час	Выход кека, %	Содержание в кеке, %				Выход пенного продукта, %	Содержание в пенном продукте, %				Содержание в растворе, г/л				Извлечение в раствор, %				
		Zn	Cu	Pb	Fe		Zn	Cu	Pb	Fe	Zn	Cu	Pb	Fe	Zn	Cu	Pb	Fe	
–	100	1,05	1,1	0,255	9,76														
0,5	64	0,73	1,87	0,33	16,2	27	1,74	2,2	0,44	7,52	0,68	0,54	0,14	3,63	64,7	48,8	56,3	37,2	
1	62	0,36	0,64	0,16	11,2	28	0,89	2,14	0,25	7,54	0,86	0,78	0,2	5,28	82,2	71,4	77,4	54,1	
1,5	60	0,21	0,35	0,15	10,8	31	0,88	2,12	0,23	5,74	0,89	0,83	0,2	5,69	84,9	75,4	78,6	58,3	
2	59	0,23	0,325	0,14	10,4	32	0,76	2,06	0,22	4,57	0,89	0,83	0,2	6,01	85,3	75,8	80,1	61,6	
2,5	58	0,24	0,295	0,13	10,2	33	0,74	2,03	0,19	3,46	0,89	0,84	0,21	6,17	85,6	76,1	80,7	63,2	
3	56	0,25	0,287	0,15	10,1	34	0,72	1,98	0,17	3,14	0,90	0,84	0,21	6,21	86,1	76,3	81,7	63,6	

В ванну заливали необходимое количество электролита (раствор NaCl+HCl) и загружали хвосты магнитного обогащения. Перемешивали стеклянной мешалкой. В электролит добавляли 200 г/т керосина.

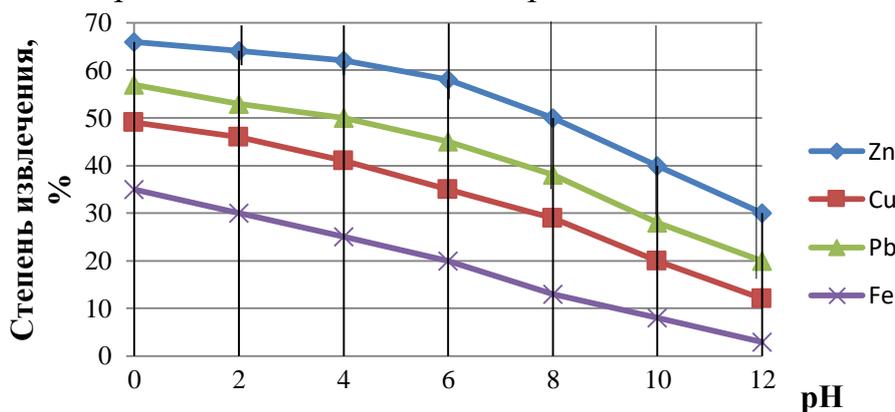
Были исследованы зависимости извлечения компонентов клинкера в раствор в зависимости от времени электровыщелачивания, от концентрации NaCl и HCl, от кислотности среды, результаты которых приведены на рис. 3-5.



**Рис. 3. Зависимость извлечения металлов в раствор от времени электровыщелачивания**

Результаты экспериментов по определению зависимости извлечения компонентов клинкера от времени процесса электровыщелачивания (табл. 2, рис. 3) показали, что наилучшие показатели получены при длительности процесса электровыщелачивания 1,5 часа, дальнейшее увеличение времени процесса электровыщелачивания на извлечение металлов в раствор влияет незначительно, то есть увеличение времени не эффективно.

Проводились исследования рис. 4 по изучению влияния кислотности раствора на электровыщелачивание клинкера.

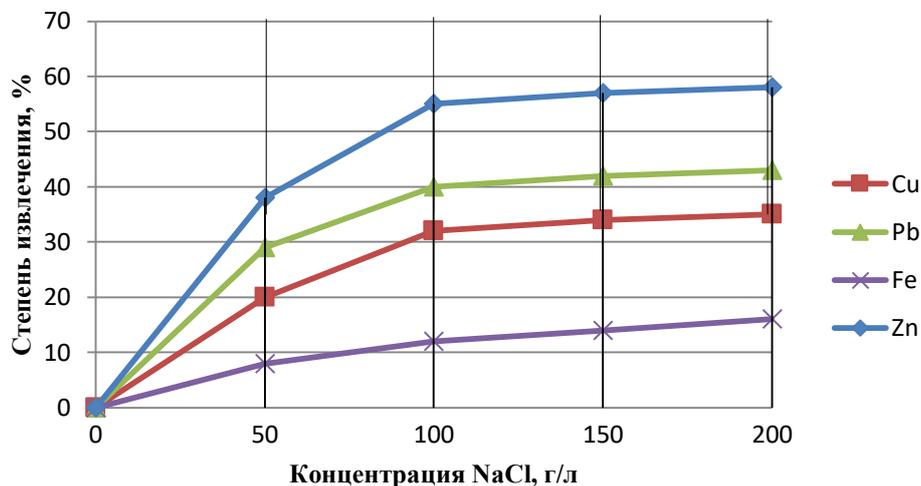


$C_{NaCl}=100$  г/л, Т:Ж=1:8,  $t=25^{\circ}C$ , анодная плотность тока  $0,02$  А/см<sup>2</sup>, величина напряжения – 12 В,  $\tau=30$  мин.

**Рис. 4. Зависимость степени извлечения металлов в раствор от кислотности раствора**

Результаты экспериментов показали (рис. 4), что большое влияние на процесс оказывает кислотность раствора. С повышением кислотности электролита соответственно увеличивается переход компонентов клинкера в раствор. Наилучшие показатели достигнуты при концентрации соляной кислоты в электролите 40-50 г/л.

Изучена зависимость извлечения металлов в раствор от концентрации NaCl (рис. 5).



pH=7, Т:Ж=1:8, t=25<sup>0</sup>С, при анодной плотности тока 0,02 А/см<sup>2</sup>, величина напряжения – 12 В, τ=30 мин.

**Рис. 5. Зависимость степени извлечения металлов в раствор от концентрации NaCl**

По результатам исследований (рис. 5) удовлетворительный результат получен при концентрации NaCl 150-200 г/л.

Результаты исследований зависимости извлечения металлов в раствор от концентрации NaCl при электровыщелачивании показывают, что при продолжительности 1,5 часа, концентрации  $C_{NaCl}=100$  г/л,  $C_{HCl}=40$  г/л извлечение металлов в раствор составляет 84,9% Zn, 75,4% Cu, 78,6% Pb и 58,3% Fe. Дальнейшее увеличение продолжительности и концентрации заметных изменений не дает. В состав пенного продукта переходит в основном углерод и незначительное количество металлов 0,88% Zn, 2,12% Cu, 0,23% Pb и 5,74% Fe.

При проведении опытов по выделению металлов из растворов для лучшего выделения гидроксидов растворы нагревались и постепенно вводился едкий натр. При температуре 60<sup>0</sup>С началось выделение осадков, вначале при pH=2 образовался осадок Pb(OH)<sub>2</sub>, далее с увеличением pH раствора до 5-6 образовался осадок в составе которого были Zn(OH)<sub>2</sub>, Cu(OH)<sub>2</sub> и при pH=6,8 образовался осадок Fe(OH)<sub>2</sub>. Результаты опытов свидетельствуют о возможности применения этого метода для переработки растворов. В дальнейшем осажденные гидроксиды при необходимости можно переработать.

В работе была проведена статистическая обработка показателей электровыщелачивания металлов из клинкера. Изучена зависимость изменения коэффициента вариации от продолжительности электровыщелачивания клинкера. В результате наиболее надежные и достоверные данные получены при продолжительности выщелачивания 1 - 1,5 часа. Погрешности в определении величины извлечения металлов складываются в основном из погрешностей в определении содержания цинка, меди, свинца и железа в растворе и при отборе проб для анализа.

Статистическая обработка данных свидетельствует, что значения коэффициентов вариации подтверждают воспроизводимость полученных показателей с достаточной степенью достоверности и надежности.

В четвертой главе **«Разработка эффективной технологии переработки клинкера в производстве цинка»** приведены результаты укрупненно-лабораторных исследований, проведенных на основании результатов исследовательских лабораторных испытаний, и технологическая схема предлагаемой технологии эффективной переработки клинкера цинкового производства (рис. 6-7). Также в этой главе определена экономическая эффективность предлагаемой технологии.

На основании проведенных лабораторных исследований рекомендована комбинированная технология извлечения ценных металлов, которая включает магнитную сепарацию с отделением железного концентрата, электровыщелачивание хвостов магнитной сепарации с получением пенного продукта (преимущественно состоящего из углерода), раствора (содержащего извлекаемые металлы) и кека (содержащего благородные металлы).

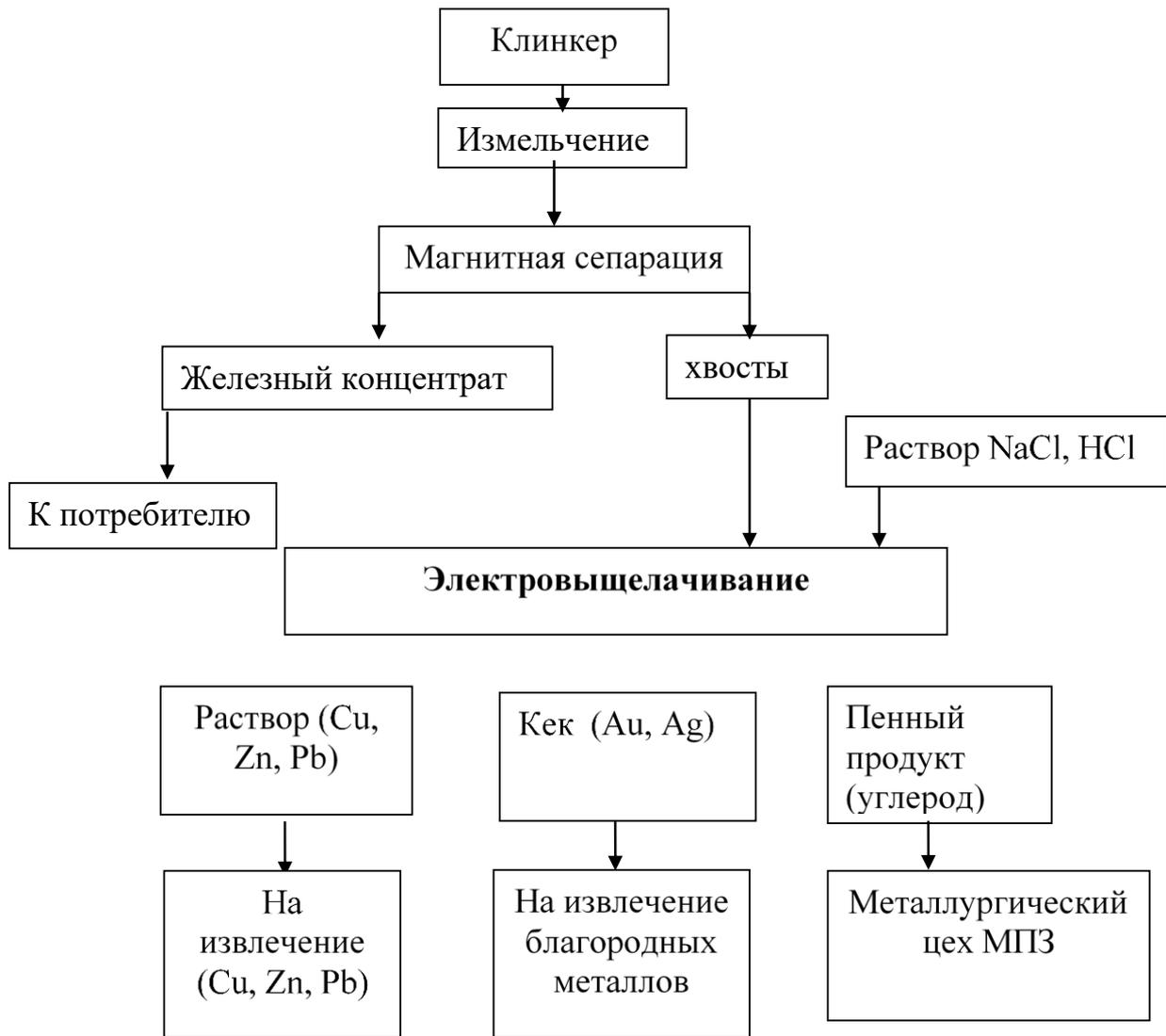
Клинкер массой 1 кг предварительно измельчен в шаровой мельнице до крупности -1 мм. Измельченный клинкер обогащали магнитной сепарацией при силе тока 0,5А и напряжении 295 В. Были получены магнитная фракция массой 236,5 г (содержанием 76,05% Fe) и хвосты магнитного обогащения массой 763,5 г.

Полученная магнитная фракция промывалась и получены магнитная фракция массой 224,9 г и угольная фракция массой 11,6 г. Угольная фракция была добавлена к хвостам магнитного обогащения и их масса составила 775,1 г.

Хвосты магнитного обогащения перерабатывали на лабораторной установке по электровыщелачиванию. Установлено, что результаты укрупненно-лабораторных экспериментов соответствуют данным лабораторных исследований.

Результаты проведенных укрупненно-лабораторных испытаний позволяют сделать выводы, что выбранная технология наиболее комплексно перерабатывает клинкер. В процессе электровыщелачивания медь, цинк, свинец и железо извлекаются в раствор, а благородные металлы остаются в кеке.

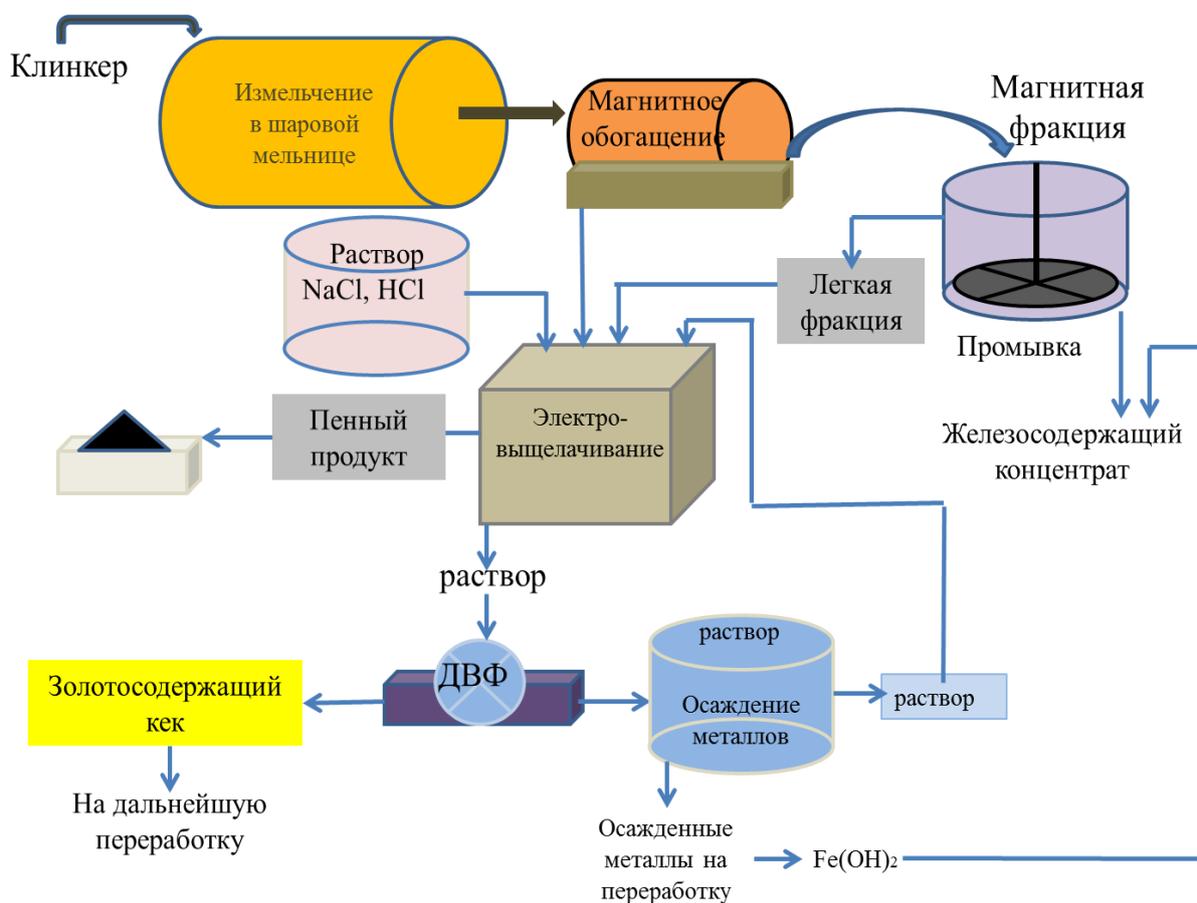
Из кеков электровыщелачивания цианированием можно извлечь 98% золота и 93% серебра.



**Рис. 6. Рекомендуемая технологическая схема переработки клинкера**

Также кек, получаемый в процессе электровыщелачивания (рис. 6), после сушки можно загружать в конвертер вместе с флюсами как сырье благородных металлов, где извлечение из него золота и серебра в черновую медь составляет 95%.

Предложенная схема преработки клинкера цинкового производства (рис. 7) является безотходной и наиболее комплексно перерабатывает клинкер.



**Рис. 7. Технологическая схема предлагаемой технологии эффективной переработки клинкера цинкового производства**

Определены экономическая эффективность рекомендуемой технологической схемы эффективной переработки клинкера отхода цинкового производства, эксплуатационные расходы и окупаемость капитальных вложений. Ожидаемая экономическая эффективность от внедрения данной технологии в АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» составила 34 254 долл. США (в ценах 2019 г.).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) на тему «Разработка эффективной технологии переработки клинкера в производстве цинка» сделаны следующие выводы, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Определено, что клинкер, полученный от вельцевания цинковых кеков, является сложным по составу для переработки техногенным отходом. В связи с этим в настоящее время нет конкретных экономически выгодных технологий гидрометаллургического и пирометаллургического методов его переработки.

2. На основе термодинамического анализа электрохлоринации механизмов протекания реакций соединений минералогического состава клинкера рекомендована технология его переработки в процессе

электровыщелачивания, способствующая эффективному извлечению металлов в раствор.

3. Рекомендованы к производству технологические параметры извлечения ценных компонентов в процессе электровыщелачивания, а именно продолжительность выщелачивания, кислотность среды, концентрации NaCl и возможность осуществления процессов выщелачивания, флотации и электролиза в одном аппарате одновременно.

4. Из термодинамического анализа электрохлоринации в процессе электролиза выявлено, что железо осваивает значительную часть хлора, что не целесообразно. Для исключения этого предложена возможность получения дополнительного железного концентрата из состава клинкера до электровыщелачивания.

5. Рекомендовано к производству извлечение ценных компонентов из металлосодержащих растворов методом осаждения в форме гидроксидов металлов при различных pH, что дает возможность применения данного метода для переработки различных металлосодержащих растворов.

6. Рекомендована эффективная технология переработки клинкера техногенного отхода цинкового производства, включающая магнитную сепарацию, электрохлоринацию в процессе электровыщелачивания, цианирование кеков от выщелачивания с целью извлечения благородных металлов с учетом охраны окружающей среды, обеспечивающая комплексное извлечение ценных компонентов и позволяющая расширить сырьевую базу без ощутимых капитальных затрат.

7. Ожидаемый экономический эффект от рекомендованной эффективной технологии комплексного извлечения ценных компонентов при переработке клинкера техногенного отхода цинкового производства составляет 34254 долл. США в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES OF  
DSc.17/30.12.2019.T.06.01 AT THE NAVOI STATE MINING INSTITUTE**

---

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

**TOSHKODIROVA RANO ERKINJONOVNA**

**DEVELOPMENT OF EFFICIENT TECHNOLOGY OF CLINKER  
PROCESSING IN ZINC PRODUCTION**

**04.00.14 – Mineral processing**

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

**Navoi – 2020**

**The theme of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) is registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under the number B2019.4.PhD/T727.**

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

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

**Scientific Consultant:** **Abdurahmonov Soib Abdurakhmonovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Official opponents:** **Ergashev Ulugbek Abdurasulovich**  
Doctor of Technical Sciences

**Khuzhakulov Nurmurod Botirovich**  
Doctor of Philosophy (PhD)

**Leading organization:** **State enterprise «Institute of Mineral Resources»**

The defence of the dissertation will be held on August 24, 2020 at 14<sup>00</sup> at the meeting of the Scientific Council DSc.17/30.12.2019.T.06.01 at the Navoi State Mining Institute. Address: 210100, Navoi, Galaba Shokh Street, 127. Conference Hall of the Navoi State Mining Institute. Phone: 0 (436) 223-23-32; fax: 0 (436) 223-49-66; e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz), [nsmi@gmail.com](mailto:nsmi@gmail.com).

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Center of the Navoi State Mining Institute under No. 6. Address: 210100, Navoi, 127 Galaba Shokh St. Phone: 0 (436) 223-56-90; fax: 0 (436) 223-00-55.

The abstract of the dissertation is distributed on August 12, 2020.

(Protocol at the registry No17 dated August 12, 2020).



*K.S. Sanakulov*

**K.S. Sanakulov**  
Chairman of the scientific council for  
awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

*Sh.Sh. Zairov*

**Sh.Sh. Zairov**  
Scientific secretary of the scientific council for  
awarding the scientific degrees, Doctor of  
Technical Sciences, Professor

*I.T. Mislibaev*

**I.T. Mislibaev**  
Chairman of the scientific seminar under scientific  
council for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the study** is to develop the scientific foundations of an effective technology for processing zinc clinker.

**The object of the study** is clinker - anthropogenic waste from zinc production of «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» JSC.

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

established, on the basis of a thermodynamic analysis of the electrochlorination of compounds of the mineralogical composition of clinker, the mechanisms of reactions in the process of electroleaching, which contribute to the additional extraction of metals into solution;

it was revealed from the thermodynamic analysis of electrochlorination during electrolysis that iron absorbs a significant part of chlorine, which is not advisable, to exclude this, it has been established that it is possible to obtain additional iron concentrate from clinker before electrolytic leaching;

the kinetic parameters of the extraction of valuable components in the process of electrically leaching are determined depending on the duration, acidity of the medium, the concentration of NaCl, and it is also established that the process of leaching, flotation and electrolysis in one apparatus can be carried out simultaneously;

developed the principles of the selection of technological parameters for the clinker processing of technogenic waste from zinc production, electrochlorination, in the process of electroleaching, taking into account environmental protection, providing a comprehensive extraction of valuable component.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific results on the development of an effective technology for processing zinc clinker, the following has been achieved:

Magnetic enrichment technology for zinc clinker was introduced at «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» JSC (certificate of «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» JSC, No. AI-00147 dated January 8, 2020). The introduction made it possible to effectively extract when grinding clinker up to 1 mm;

The technology of electric leaching of metals from tailings of magnetic enrichment was introduced at «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» JSC (certificate of «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» JSC, No. AI-00147 dated January 8, 2020). As a result, it was possible to extract 84.9% Zn, 75.3% Cu and 78.6% Pb from clinker into the solution;

the extraction of metals from solutions was introduced at the zinc plant of «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» JSC (certificate «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» JSC, No. AI-00147 dated January 8, 2020). The introduction has increased the extraction of metals from clinker;

The technological scheme for the processing of zinc clinker was introduced at «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» JSC (certificate of «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» JSC, No. AI-00147 dated January 8, 2020). The result

made it possible to additionally obtain 450 tons of metallic iron and 44.4 tons of gold-containing cake.

**The structure and scope of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of references and applications. The volume of the dissertation is 107 pages.

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

**I бўлим (I часть, part I)**

1. Абдурахмонов С., Тошқодирова Р.Э. Технология переработки клинкера цинкового производства // Монография. – Навои: изд. А.Навои, 2020. – 96 с.

2. Абдурахмонов С.А., Ахмаджонов У.М., Қурбонов Ш.К., Тошқодирова Р.Э. Извлечение ценных компонентов из отходов цинкового производства // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2010. – №2. – С. 83-86 (05.00.00; №7).

3. Абдурахмонов С.А., Ахтамов Ф.Э., Тошқодирова Р.Э. Электро-выщелачивание клинкера цинкового производства // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2014. – №2. – С. 82-84 (05.00.00; №7).

4. Abdurahmonov S., Toshkodiroya R., Kholiqulov D. Thermodynamic analysis of reactions proceeding during electrical leading zinc production clinker // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – National Institute of Science Communication and Information Resources. – India, 2019. – Vol. 6. – Issue 4. pp. 8617-8623 (05.00.00; №8).

**II бўлим (II часть; part II)**

5. Абдурахмонов С., Тошқодирова Р.Э. Исследования по переработке клинкера – отхода цинкового производства // Вестник науки и образования. №10. – Ч. 1. – Май, 2020 г. – С. 22-26.

6. Тошқодирова Р.Э. Извлечение железа из клинкера // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Перспективы развития техники и технологии и достижения горно-металлургической отрасли за годы независимости Республики Узбекистан». – Навои, 12-14 мая 2011 г. – С. 97.

7. Абдурахмонов С.А., Тошқодирова Р.Э. К вопросу переработки клинкера цинкового завода Алмалыкского горно-металлургического комбината // Материалы научно-практической конференции на тему: «Инновационные технологии горно-металлургической отрасли». – Навои, 21 октября 2011 г. – С. 202-203.

8. Абдурахмонов С.А., Тошқодирова Р.Э. Поведение компонентов клинкера в сернокислых растворах // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». – Навои, 15-16 ноября 2016 г. – С. 126-127.

9. Тошқодирова Р.Э. Поведение компонентов клинкера в хлоридных растворах // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и

перспективы инновационного развития» – Навои, 5-6 июня 2017 г. – С. 126-127.

10. Тошқодирова Р.Э., Асқарова Н.Э. Охрана окружающей среды на предприятиях цветной металлургии // «Хотин–қизларнинг фан, таълим маданият ва бизнес соҳасидаги ютуқлари» мавзусидаги Ҳалқаро илмий-амалий конференция. – Жиззах, 2017. – 139-142 б.

11. Абдурахмонов С.А., Тошқодирова Р.Э. Электрохлоринация – один из методов металлургической переработки // «Ер ости бойликларидан оқилона ва беҳатар фойдаланишнинг замонавий муаммолари ва ривожланиш истиқболлари» мавзусидаги Ҳалқаро илмий-техник анжуман тўплами. – Тошкент, 10-12 май 2018 йил. – 273-275 б.

12. Абдурахмонов С., Тошқодирова Р.Э. Возможность применения хлора при переработке клинкера – отхода цинкового производства // «Ўзбекистонда илмий-амалий тадқиқотлар» мавзусидаги республика 15-кўп тармоқли илмий масофавий онлайн конференция материаллари. – Тошкент, 30 апрел, 2020 й. – 13-қисм. – 56-58 б.



Автореферат «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журналидан  
тахрирдан ўтказилди.