

**ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ PhD.03/30.12.2019.Т.78.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**РОСИЛОВ МАНСУР СИРГИЕВИЧ**

**МАҲАЛЛИЙ ХОМАШЁЛАР АСОСИДА РУХ ХЛОРИД  
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

**02.00.13-Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Термиз – 2020**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**  
**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

|   |    |
|---|----|
| Росилов Мансур Сиргиевич<br>Маҳаллий хомашёлар асосида рух хлорид олиш технологиясини<br>яратиш.....          | 3  |
| Росилов Мансур Сиргиевич<br>Разработка технологии получения хлористого цинка на основе<br>местного сырья..... | 21 |
| Rosilov Mansur<br>Development of technology for producing zinc chloride based<br>on local raw materials.....  | 40 |
| Эълон қилинган ишлар рўйхати<br>Список опубликованных работ<br>List of published works.....                   | 43 |

**ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ PhD.03/30.12.2019.Т.78.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**РОСИЛОВ МАНСУР СИРГИЕВИЧ**

**МАҲАЛЛИЙ ХОМАШЁЛАР АСОСИДА РУХ ХЛОРИД  
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

**02.00.13-Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Термиз – 2020**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.4.PhD/T865 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

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

**Илмий раҳбар:**

**Самадий Муроджон Абдусалимзода**  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

**Расмий оппонентлар:**

**Шукуров Жамшид Султонович**  
техника фанлари доктори, етакчи илмий ходим

**Шамаев Баходир Эргашевич**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Етакчи ташкилот:**

Наманган муҳандислик-технология институти

Диссертация ҳимояси Термиз давлат университети ҳузуридаги PhD.03/30.12.2019.T.78.01 рақамли Илмий кенгашининг «\_\_\_»\_\_\_\_\_ 2020 йил соат \_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 190111, Термиз шаҳри, Баркамол авлод кўчаси, 43 уй. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail:termizdu@umail.uz).

Диссертация билан Термиз давлат университетининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№\_\_рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 190111, Термиз шаҳри, Баркамол авлод кўчаси, 43 уй. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail:termizdu@umail.uz

Диссертация автореферати 2020 йил «\_\_\_»\_\_\_\_\_ куни тарқатилди.  
(2020 йил «\_\_\_»\_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси).

**И.А.Умбаров**

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

**Ш.А.Касимов**

Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш котиби, к.ф.ф.д.

**Ф.Б.Эшқурбонов**

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

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Ҳозирги вақтда жаҳонда чиқиндисиз технологияларни жорий этиб, таркибида рух бўлган хомашёлардан тўлиқ фойдаланган ҳолда юқори навли рух ишлаб чиқаришга катта эътибор қаратилмоқда. Дунёда рух ишлаб чиқаришнинг умумий ҳажми йилига 8 млн тоннани ташкил этади. Бу борада рух бирикмалари, жумладан рух хлориди алоҳида ўрин тутди. Рух хлориди антисептик сифатида мато, картонларни шимдиришда, шпал, тиш цементи компоненти, галваник батарейкаларда, пайвандлаш ишларининг сифатини оширишда кенг қўлланилиши билан муҳим амалий аҳамиятга эга.

Жаҳон амалиётида рухнинг 15% га яқин қисми пирометаллургия усули ёрдамида олинади. Ушбу технология одатда таркибида темир, мишяк, сурьма, кремний ва камёб металллар (кадмий, индий, таллий ва бошқалар) бўлган камбағал рух концентратларини қайта ишлашда, шунингдек, рухнинг қуйи навини ишлаб чиқаришда қўлланилади. Бу борада таркибида рух бўлган руда ва концентратларни қайта ишлаш, уларни аралашмалардан тозалаш ҳамда рух хлориди ажратиб олишнинг самарали усуллари ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишларига эътибор қаратилмоқда. Шунинг учун таркибида рух бўлган хомашёлардан рух хлорид олиш технологиясини ишлаб чиқиш долзарб ҳисобланади.

Мамлакатимизда кимё саноатида янги турдаги материаллар ишлаб чиқариш йўналишида маълум натижаларга эришилди, жумладан маҳаллий бозорни импорт ўрнини босувчи кимёвий реагентлар билан таъминлаш соҳасида кенг қўламли тадбирлар амалга оширилди. Таъкидлаш жоизки, Республикаимизда, инновацион технологияларни тадбиқ этиш орқали саноат объектларини юритишнинг илмий асосланган тизими ва атроф-муҳитни муҳофаза қилишнинг чора-тадбирларини амалга оширишга катта эътибор қаратилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида<sup>1</sup> «Маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида, юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни янада жадаллаштириш, сифат жиҳатдан янги маҳсулот ва технология турларини ўзгартиришга» қаратилган муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада республикаимизда таркибида рух бўлган хомашё манбаларини қайта ишлашнинг самарали, тезкор ва иқтисодий жиҳатдан арзон технологияларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устивор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сонли «2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги, 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сонли «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги,

---

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

2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сонли «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибadorлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Қарорлари, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти натижалари муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устивор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Илмий-техник адабиётларда катта ҳажмдаги илмий материаллар ва рух сақловчи манбаларни рух, рух сулфати ва бошқа бирикмаларга қайта ишлаш усуллари баён қилинган. Рух бирикмаларини қайта ишлаш борасида Н.В.Марченко, Е.П.Вершинина, Э. М. Гильдебрандт, М.Е. Позин, Yan Li, Anhui Lu, Song Jin, Е.В. Маргулис, И.В.Родин, В.М.Гудкевич, М.А.Самадий ва бошқалар илмий тадқиқотлар олиб борган.

Улар томонидан кимё саноатида, тиббиётда, биотехнологияда, микробиологияда, озиқ-овқат саноатида, қадоқлашда ва саноатнинг бошқа бир қатор соҳаларида қўлланиладиган рух бирикмалари, турли катализаторлар ва ингибиторлар синтез қилинган.

Шу билан бирга, ажратиш жараёни хавфсиз, юқори самарали, арзон рух бирикмалари синтез қилиш мақсадида ва уларни турли соҳаларда қўллаш борасида, рух бирикмаларини тиббиёт ва нанотехнологияларда қўллаш жараёнида инсон соғлиги ва атроф-муҳитга тасир этиш хоссасини кенгрок ўрганиш бўйича илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот иши режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институти ва Термиз давлат университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг ОТ-Ф7-34 «Комплекс ҳосил қилувчи полифункционал ионитлар синтези ва улар ёрдамида баъзи d-металларни ажратишнинг назарий асослари» (2017-2020 йй.) мавзусидаги фундаментал лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** Хонжиза конининг таркибида рух бўлган рудаларидан рух хлорид олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

Хонжиза кони рух сақловчи хомашёсининг кимёвий ва минералогик таркибини аниқлаш;

рух концентратини хлорид кислотали парчалаш жараёнини тадқиқ этиш;

рух концентратини хлорид кислотали парчалаб олинган қуйқанинг физик-кимёвий хусусиятларини аниқлаш;

олинган эритмаларни темир ва бошқа қўшимчалардан тозалаш жараёнини тадқиқ этиш;

тозаланган эритмаларни қайта ишлаш жараёни ва рух хлориди олишнинг макбул технологик кўрсаткичларини аниқлаш;

норматив техник ҳужжатларни ишлаб чиқиш, рух хлориди олишнинг ишлаб чиқилган технологияси моддий балансини тузиш ва техник-иқтисодий асослаш.

**Тадқиқотнинг объекти** Хонжиза кони рух сақловчи рудалари, хлорид кислотали эритмалар, техник ва кимёвий тозаликдаги рух хлориди ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** таркибида рух бўлган концентратларни хлорид кислотали парчалаш жараёни, рух хлориди олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот усуллари сифатида кимёвий, рентгенофлуоресцент, рентгенографик, атом-абсорбцион, ИҚ спектроскопия, сканерли электрон микроскопия ва хромато-масс-спектрометрик, шунингдек, олинган маълумотларни статистик қайта ишлаш усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

илк бор Хонжиза кони рух сақловчи концентратини юқори босимли автоклавдан фойдаланиб хлорид кислотаси ёрдамида парчалаб рух хлориди олиш технологияси ишлаб чиқилган;

рух концентратини хлорид кислотаси билан парчалаш ва олинган рух хлориди эритмаларини тозалаш жараёнларининг мақбул технологик кўрсаткичлари аниқланган;

илк бор 300-500°C ҳароратда дастлабки куйдириш йўли билан концентратни эритиш жараёнида кўрғошин, кремний бирикмалари ва бошқа моддалар ҳосил бўлишининг камайиши исботланган;

рух концентратини хлорид кислотали парчалаб олинган куйқанин физик-кимёвий хусусиятларини аниқланган;

ишлаб чиқилган технология асосида Хонжиза конининг таркибида рух бўлган концентратидан кимёвий тоза рух хлорид олинган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

Хонжиза кони рух сақловчи концентратини хлорид кислотали парчалаш йўли билан рух хлорид олиш технологияси ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган рух хлорид олиш технологиясида концентратни юқори ҳароратда дастлабки куйдириш орқали эритиш жараёнининг эритмани аралашмалардан тозалаш даражасига таъсири асосланган;

ишлаб чиқилган технология “Олмалик кон-металлургия комбинати” АЖ да синовдан ўтказилган ва рух хлориди асосида сувсизлантирувчи элемент ҳамда катализатор олинган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** тадқиқотнинг хулосалари ва тавсияларнинг асосланганлиги, олинган моддаларни идентификациялашда замонавий, юқори информацион физик-кимёвий усуллари (рентгенофлуоресцент, рентгенографик, атом-абсорбцион, ИҚ спектроскопия, сканерли электрон микроскопия ва хромато-масс-спектрометрик) ва кимёвий тадқиқотлардан фойдаланилганлиги ва ишлаб чиқилган рух хлорид олиш технологияси, унинг қўлланиши тажриба-саноат синовларида апробация қилинган ҳамда ишлаб чиқаришга қўлланилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти Хонжиза конининг таркибида рух бўлган концентратидан юқори ҳароратда дастлабки куйдириш орқали хлорид кислотали парчалаш йўли билан рух хлорид олиш технологияси таклиф қилингани билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, ўтказилган саноат синовлари натижасида Хонжиза конининг таркибида рух бўлган концентратини қайта ишлашнинг ишлаб чиқилган самарали технологиясини қўллаб техник ва кимёвий тоза рух хлориди олиш мумкинлигини кўрсатилган.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Хонжиза кони рух сақловчи концентратини қайта ишлаб рух хлориди олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

таркибида рух бўлган концентратдан рух хлорид олиш усули «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ нинг «2020-2024 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати» га киритилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ нинг 2020 йил 06 февралдаги 63-87-сонли маълумотномаси). Натижада рух концентратини қайта ишлаб, миқдори 97,7% дан кам бўлмаган рух хлориди олиш имконини берган;

Хонжиза конининг таркибида рух бўлган концентратини хлорид кислотали парчалаш йўли билан рух хлорид олиш технологияси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ нинг «2020-2024 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати» га киритилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ нинг 2020 йил 06 февралдаги 63-87-сонли маълумотномаси). Натижада қўшимчалардан тозаланган гигроскопик рух хлориди олиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокама қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 12 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа докторлик (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 6 та, шу жумладан, 2 та республика ва 4 та хорижий журналларда нашр этилган.

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

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот



натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация ишининг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Рух сақловчи хом-ашё ва уларнинг чиқиндиларини қайта ишлаш соҳасининг замонавий ҳолати”** деб номланган биринчи бобда мавжуд адабиётлар шарҳи, рух ресурслари характеристикаси келтирилган, хом-ашё манбаларининг ҳозирги ҳолати ва келажаги ҳақида маълумотлар келтирилган. Рух бирикмалари олишнинг имкониятлари асосланган илмий-техник ва патент адабиётлари, физик-кимёвий системалар тадқиқи амалга оширилган. Рух хлориди олишга бағишланган илмий тўпламлар, патент материаллари таҳлил қилинган.

Чоп қилинган ишларни таҳлил қилиш натижаларига асосланиб тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари белгилаб олинган.

Диссертациянинг **“Дастлабки, ўрта ва охириги маҳсулотлар характеристикаси”** деб номланган иккинчи бобида рух рудаси, рух концентрати ва кимёвий маҳсулотларни тадқиқ қилишда қўлланилган тадқиқот усуллари ва кимёвий таҳлиллар келтирилган.

Диссертациянинг **“Рух сақловчи хом-ашёдан рух хлориди олиш жараёни тадқиқоти”** деб номланган учинчи бобида Хонжиза кони рух сақловчи концентратини хлорид кислота билан парчалашнинг оптимал технологик параметрларини аниқлашга бағишланган. Илмий тадқиқотлар таркибида 4,95-5,15% Zn тутган Хонжиза кони рух сақловчи рудаси ва 39,45-40,50 % Zn тутган концентрат билан олиб борилди.

Олиб борилган кимёвий таҳлиллар Хонжиза кони рудаси мураккаб таркибга эга эканлигини кўрсатди. Кўплаб моддалар сульфидларда изоморф аралашмаси кўринишида шаклланган. Барча кўринишдаги колчедан рудаларида асосан пирит (60 дан 90 % ўзгарувчан таркибларда), сфалерит, галенит ва халкопирит 5-7% нисбатларда мавжуд. Норуда минераллар серицит 55 % гача, кварц 30 % гача, хлоридлар 8 %гача ва карбонатлардан иборат. Бу типдаги рудаларда Pb нинг миқдори камдан кам ҳолларда 1-3% дан ортиқ бўлади, шунингдек, Zn – 3–5 %, Cu – 0,25 %.

Спектрал таҳлил натижаларига кўра рудада асосий моддалар кремний, рух, алюминий темир, мислардан иборат. Натрий, калий ва магнийларнинг миқдори 1% дан 3% атрофида мавжуд бўлади. Қолган моддалар ўндан ва юздан бир улушни ташкил этади.

Рух рудасининг рентгенофлуоресцент таҳлил натижалари кремний, рух, темир, мисга нисбатан спектрал таҳлил натижаларини тасдиқлади. Калий, кальций миқдори эса бирмунча юқори ва калий 3 %дан юқорини ва кальций 1 % атрофидалигини кўрсатди.

Рух рудаси рентгенограммасида рух ва темир сульфид ва сульфатлари, кремний оксиди, кўрғошин карбонати ва цианиди, ҳамда цинкастатлар дифференциал максимумлари мавжуд.

1-жадвалда Хонжиза кони рух сақловчи концентрати спектрал таҳлили маълумотлари келтирилган. Олинган натижалар силикатлар, алюминий, темир камлигини ва рух, мисни концентратда юқорилигини кўрсатмоқда. Миснинг миқдори кам ўзгарганлиги, рухнинг кўрсаткичи эса 25-40% лиги кўринмоқда.

Рентгенофлуоресцент таҳлил натижалари силикатларнинг камайишини кўрсатиб, спектрал таҳлил натижаларини тасдиқлайди, шунингдек спектрал таҳлилдан фарқли ўлароқ мис бирикмаларининг пасайишини кўрсатади.

Рух сақловчи концентрат рентгенограммасида рух ва темир сульфати, рух кремний фториди ва кремний оксидига тегишли дифференциал максимумлар мавжуд.

### 1-жадвал

#### Хонжиза кони рух сақловчи концентрати таркибини спектрал элементар таҳлил натижалари

| №<br>нам. | Si,<br>% | Zn,<br>% | Al,<br>% | Ca,<br>% | Na,<br>% | K,<br>% | Fe,<br>% | Mg,<br>% | Mn,<br>% | V,<br>% | Ti,<br>% | Cu,<br>% | Pb,<br>% | Bi,<br>% | Sb,<br>% | Zr,<br>% |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1         | 15       | 25       | 0,1      | 0,01     | 0,3      | 1       | 1        | 0,2      | 0,04     | 0,002   | 0,004    | 3        | 0,5      | 0,005    | 0,006    | -        |
| 2         | 15       | 30       | 1,0      | 0,02     | 0,2      | 3       | 3        | 0,3      | 0,04     | 0,004   | 0,01     | 3        | 1,0      | 0,006    | 0,03     | 0,002    |
| 3         | 15       | 30       | 0,1      | 0,02     | 0,3      | 2       | 2        | 0,2      | 0,04     | 0,003   | 0,003    | 4        | 1,0      | 0,006    | 0,04     | -        |
| 4         | 15       | 40       | 0,2      | 0,02     | 0,3      | 3       | 3        | 0,2      | 0,04     | 0,004   | 0,004    | 6        | 3,0      | 0,006    | 0,04     | -        |

ИК-спектрларда цианид гуруҳларга тегишли  $2092,209\text{ см}^{-1}$  ютилиш қаторлари мавжуд.  $1648,590\text{ см}^{-1}$  ютилиш қаторлари тиосульфатларга таълуқли,  $1390,289$ ;  $1340,544$ ;  $1195,810\text{ см}^{-1}$  ютилиш қаторлари – азот ва нитрит гуруҳларига тегишли.  $1030,926\text{ см}^{-1}$  ютилиш қаторлари силикат гуруҳларига,  $878,510$ ;  $803,727$ ;  $675,485\text{ см}^{-1}$  ютилиш қаторлари эса сульфат ва карбонат гуруҳларига тегишли. Минерал объектда кристалл тузилишларда молекулалараро ўзаро таъсирлашув натижасида қаторлар кенгайган структурага эга.

Рух сақловчи концентрат микрофотографиясида кўпроқ қора нукталар мавжуд: булар рух сульфидини, қисман темир сульфидини англатади. Бу Хонжиза кони рух сақловчи концентратини таркибини тасдиқловчи яна бир омил бўлиб хизмат қилади.

Хонжиза кони рух сақловчи концентратидан рух хлориди олиш жараёнини илмий томондан асослаш учун кинетик характердаги маълумотлар керак. Бунинг учун автоклавда  $\text{Zn}:\text{HCl}=1:1,1$  нисбатда 28 %ли рух хлориди эритмаси билан рухни ажратиш олиш учун ҳарорат ва жараёнинг давомийлиги ўрганилди. Ўзгарувчан параметр сифатида ҳарорат  $70$ ,  $80$  ва  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  ва ажратиш олиш жараёни давомийлиги  $6$ ,  $8$  ва  $10$  соатни ташкил этди (2-жадвал).

2-жадвалдан кўриниб турибдики, хлорид кислотали эритмага рухни ажратиш олиш жараёнига ҳароратнинг кўтарилиши ажратиш даражасига сезиларли таъсир кўрсатмайди. Шундай қилиб,  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  ҳароратда жараён давомийлиги  $6$  соат бўлганда рухни эритмага ажратиш олиш даражаси  $66,23\%$ ни ташкил этади,  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  ҳароратда  $68,20\%$  ни ва  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  ҳароратда  $68,78\%$  ни ташкил этади. Бў ҳароратни  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  дан юқорига кўтариш мақсадга мувофиқ эмаслигини кўрсатади.

**Рух сақловчи концентратдан рухни ажратиб олишда ҳарорат ва жараён давомийлигининг таъсири**

| №  | Вақт, соат | Ажралиш даражаси, % |       |       |
|----|------------|---------------------|-------|-------|
|    |            | 70°C                | 80°C  | 90°C  |
| 1  | 1          | 14,37               | 14,80 | 14,94 |
| 2  | 2          | 27,18               | 28,00 | 28,28 |
| 3  | 3          | 38,45               | 39,60 | 39,99 |
| 4  | 4          | 48,55               | 50,00 | 50,50 |
| 5  | 5          | 57,87               | 59,60 | 60,18 |
| 6  | 6          | 66,23               | 68,20 | 68,78 |
| 7  | 7          | 74,00               | 75,80 | 76,40 |
| 8  | 8          | 80,43               | 82,30 | 82,88 |
| 9  | 9          | 85,00               | 87,50 | 87,80 |
| 10 | 10         | 88,33               | 90,01 | 90,48 |

Рухни хлорид кислота эритмасида ажралишига кўпроқ жараённинг давомийлиги таъсир этади. 70 °C да ажратиб олиш жараёнининг давомийлиги 6 соатдан 8 ва 10 соатга оширилиши, ажратиш даражасини мос равишда 66,23% дан 80,43% ва 88,33% га оширади. 80 °Cда бу кўрсаткичлар 68,20%, 82,30% ва 90,01% га тенг, 90°C да мос равишда 68,72%, 82,88% ва 90,48% га тенг.

Олинган маълумотларга асосланиб рух сақловчи концентратдан хлорид кислотаси билан рухни ажратиб олиш жараёнининг реакция тезлиги ва фаолланиш энергияси ҳисоблаб чиқилган.

Ҳароратнинг кўтарилиши билан рух сақловчи концентратни хлорид кислотаси билан реакция тезлик константаси ҳам ошиб боради. Айниқса бу кинетик доирада сезиларли, 343 ва 353 К да ҳароратда асосий рол ўйнайди, кейинчалик диффузион доира 363 К ва юқори ҳароратда реакция тезлиги константасига амалий таъсир кўрсатмайди.

Концентратдан рухни ажратиб олиш реакцияси константа тезлиги Аррениус тенгламасига бўй сунади ва қуйидаги эмперик тенглама билан кўринади:

$$K = 3,08546e^{-5} \cdot \exp(4134,64/T) \text{ ёки } K = 3,08546e^{\frac{4134,64}{T}}$$

Ҳароратга боғлиқ ҳолда 343-363 К оралиғида кўринувчи фаолланиш энергияси белгиси  $E_a$  рух концентратида 0,48 ва 1,45 ккал/моль ёки 2,01 ва 6,09 кДж/мольни ташкил этади, ўрта кўрсаткич эса мос равишда  $E_{a.ўр.}$  0,97 ккал/моль ёки 4,05 кДж/мольни ташкил этади.

Фаолланиш энергияси кўрсаткичи рух сақловчи концентратни етарлича реакцион қобилиятга эгаллигини кўрсатади. Мазкур маълумотлар рух тузлари саноатидаги кимёвий корхоналарда ҳам-ашёни технологик имкониятини баҳолаш учун хизмат қилиши мумкин.

Жараён давомийлини 10 соат ва хлорид кислотаси 28% бўлганда нисбатларнинг  $Zn:HCl$  1:0,8 дан 1:1,5 гача бўлгандаги таъсири суяқ ва қаттиқ фазаларнинг таркибига таъсири ўрганилган. Олинган маълумотлар 3-жадвалда келтирилган.

Нисбатнинг пасайиши билан  $Zn:HCl$  1:0,8 дан 1:1,5 гача суюқ фазада ҳамма компонентларнинг миқдори камайиб боради. Шундай қилиб, рухнинг миқдори 15,592 %дан 11,348 %гача,  $Ca$  0,314 %дан 0,181 %гача, темир 0,637 %дан 0,3657 %гача ва қолган компонентлар ҳам худди шу йўсинда камаяди.

Шунинг билан бирга хлорнинг миқдори бир мунча ошади 22,21 %дан 23,72 %гача, эркин хлорид кислотаси миқдори 2,19 %дан 9,84 %гача ошади, рухнинг ажралиш даражаси 74,22 %дан 90,10 %гача ошади.

Қаттиқ фаза кремний билан тўйиниб боради. Кремнийнинг миқдори 1:0,8 нисбатда 27,903 %ни ташкил этади, 1:1,5 нисбатда эса 37,607 %гача этади. Қаттиқ фазадаги қолган компонентлар, хлорни ҳам қўшганда, бир йўсинда камаяди.

Хонжиза кони концентратини  $Zn:HCl = 1:1,1$  нисбатда, хлорид кислотаси концентрацияси 28 %, вақт давомийлиги 10 соат бўлган дастлабки куйдириш ҳароратини ажратиш жараёнига таъсири ўрганилган. Куйдириш ҳароратини 300 дан 500 °Сгача кўтарилиши рухни миқдорига кам таъсир қилади 14,831% дан 15,346 %гача ва амалда ажратиб олиш даражасига кам таъсир қилади.

Куйдириш  $Ca$ ,  $Cu$ ,  $Cd$ ,  $Pb$ ,  $K$ ,  $Mo$  миқдорини камайтиради ва темир миқдорини 0,476 % дан 0,687 % гача кўтаради. Кўп миқдорда куйдириш қаттиқ фаза таркибига таъсир қилади. Ҳароратни кўтарилиши калций, темир, мис, кадмий, кўрғошин, калий, молебденларнинг миқдорини кўтарилишига ва кремнийни 37,241 % дан 27,180 % гача, рухни 12,765 дан 9,720 % гача камайишига таъсир кўрсатади. Бунда хлорнинг миқдори 1,752 % дан 1,702 % гача камаяди.

Олинган рух хлориди эритмаси оксидловчилар ёрдамида темирдан тозаланди. Оксидловчилар сифатида газсимон хлор, бертоле тузи ва хлорли оҳак қўлланилди. Эритмадан темир оксидлари кислоталикни нейтраллаш усули билан чўктириб олинди, масалан ( $CaO$ ) қўшиш орқали, оҳакни хлор оҳаки билан бир вақтда берилди.

4-жадвалда 500 °Сда куйдирилиб,  $Zn:HCl = 1:1,1$  нисбатда олинган эритмани темирдан тозалаш даражасига  $Fe:Ca(ClO)_2 / HCl:CaO$  мол нисбатдаги таъсири келтирилган.

Мол нисбатнинг  $Fe:Ca(ClO)_2 / HCl:CaO$  дан 1:0,0 / 1:0,0 гача 1:1,5 / 1:1,05 кўтарилиши эритмада рухнинг 15,346 % дан 14,638 % гача ва 1:1,5 / 1:1,5 нисбатда 14,615 % гача камайишига олиб келади. Шунинг билан бирга калций мос равишда 0,072% дан 3,519 % гача ва 3,724% гача ошади. Эритмада темирнинг миқдори мос равишда 0,687 % дан 0,0115 % гача ва 0,0114 % гача камаяди. Шунинг билан бирга темирнинг чўкиш даражаси 97,429-98,257 % гача ошади. Қолган компонентларнинг миқдори амалда ўзгармайди. 1:1 / 1:1 нисбатда амалда эркин кислота учрамайди.

Суюқ фазани тозалашнинг оптимал шароитини мол нисбатда  $Fe:Ca(ClO)_2 / HCl:CaO=1:1,05 / 1:1,05$  ни ташкил этади. Шунинг билан бирга эритмани темирдар тозалаш миқдори 98,248 %ни ташкил этади, унинг миқдори 0,0115% дан ошмайди.

**3-жадвал**

**Рух хлориди олиш жараёнида HCl концентрацияси 28%, жараён давомийлиги 10 соат бўлганда суюқ ва қаттиқ фаза кимёвий таркибига Zn:HCl нисбатининг тасири**

| № | Zn:HCl | Суюқ фаза кимёвий таркиби, масс. %   |        |       |       |       |       |       |       |                 |                  | Эркин HCl, % | Zn ни эритмага ўтиш даражаси, % |
|---|--------|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|------------------|--------------|---------------------------------|
|   |        | Zn                                   | Ca     | Fe    | Cu    | Cd    | Pb    | K     | Mo    | Cl <sup>-</sup> | H <sub>2</sub> O |              |                                 |
| 1 | 1:0,8  | 15,592                               | 0,314  | 0,637 | 0,437 | 0,224 | 1,654 | 0,521 | 0,018 | 22,21           | 57,48            | 2,19         | 71,22                           |
| 2 | 1:1,0  | 15,009                               | 0,256  | 0,520 | 0,356 | 0,182 | 1,348 | 0,425 | 0,015 | 22,24           | 58,57            | 3,45         | 84,100                          |
| 3 | 1:1,1  | 14,716                               | 0,234  | 0,476 | 0,326 | 0,167 | 1,235 | 0,389 | 0,013 | 22,32           | 59,03            | 4,08         | 90,00                           |
| 4 | 1:1,2  | 13,700                               | 0,218  | 0,443 | 0,303 | 0,156 | 1,149 | 0,362 | 0,013 | 22,48           | 59,93            | 5,55         | 90,04                           |
| 5 | 1:1,3  | 12,818                               | 0,204  | 0,414 | 0,284 | 0,145 | 1,075 | 0,339 | 0,012 | 22,74           | 60,71            | 6,94         | 90,08                           |
| 6 | 1:1,4  | 12,040                               | 0,192  | 0,389 | 0,266 | 0,137 | 1,009 | 0,318 | 0,011 | 23,15           | 61,39            | 8,36         | 90,10                           |
| 7 | 1:1,5  | 11,348                               | 0,181  | 0,367 | 0,251 | 0,129 | 0,951 | 0,300 | 0,010 | 23,72           | 62,00            | 9,84         | 90,10                           |
| № | Zn:HCl | Қаттиқ фаза кимёвий таркиби, масс. % |        |       |       |       |       |       |       |                 |                  |              |                                 |
|   |        | Si                                   | Zn     | Ca    | Fe    | Cu    | Cd    | Pb    | K     | Mo              | Cl <sup>-</sup>  |              |                                 |
| 1 | 1:0,8  | 27,903                               | 25,979 | 0,030 | 0,061 | 0,042 | 0,021 | 0,157 | 0,050 | 0,0017          | 1,91             |              |                                 |
| 2 | 1:1,0  | 33,708                               | 17,780 | 0,024 | 0,050 | 0,034 | 0,017 | 0,129 | 0,041 | 0,0014          | 1,80             |              |                                 |
| 3 | 1:1,1  | 37,241                               | 12,765 | 0,022 | 0,045 | 0,031 | 0,016 | 0,118 | 0,037 | 0,0013          | 1,75             |              |                                 |
| 4 | 1:1,2  | 37,363                               | 12,663 | 0,021 | 0,042 | 0,029 | 0,015 | 0,110 | 0,035 | 0,0012          | 1,63             |              |                                 |
| 5 | 1:1,3  | 37,464                               | 12,558 | 0,020 | 0,040 | 0,027 | 0,014 | 0,103 | 0,032 | 0,0011          | 1,53             |              |                                 |
| 6 | 1:1,4  | 37,545                               | 12,487 | 0,018 | 0,037 | 0,026 | 0,013 | 0,097 | 0,031 | 0,0011          | 1,44             |              |                                 |
| 7 | 1:1,5  | 37,607                               | 12,441 | 0,017 | 0,035 | 0,024 | 0,012 | 0,092 | 0,029 | 0,0010          | 1,36             |              |                                 |

Куюкклаштирилган рух хлоридини олиш учун тозаланган эритмалар юқори ҳароратда буғлатилди. Эритмани ҳарорати концентрацияни ошиши билан кўтарилади. Буғлатиш жараёни 190–280 °C да массани куюкклашиши билан қаттиқ фаза ажралиши орқали боради; ҳароратнинг янада кўтарилиши массани яна суюқланишига олиб келади. Ҳароратни 310–340 °C гача кўтарилиши билан ~1,2 % сув тутган маҳсулот олинган. Вакуумдан фойдаланмасдан туриб ҳамма сувни ажратиб бўлмайди, чунки бунинг учун ҳароратни 400 °C гача кўтариш талаб этилади, бу  $\text{ZnCl}_2$  гидролизланишига олиб келади. Гидролиз бундан ҳам паст ҳароратларда бориши мумкин; бунинг олдини олиш учун буғлатиш жараёнида озроқ хлорид кислота қўшилган.

Сувни тўлиқ чиқариб ташлаш қийинлиги ва сувсизлантириш вақтида ёқилғи харажатларини ошиб кетиши муносабати билан буғлатишни нисбатан паст ҳароратда (220–250 °C) тўхтатдик. Бў вақтда тайёр маҳсулотда 9–12 % сув қолади. Суюқ фазада темирдан тозалашдан кейин кўп миқдорда калций қолганлиги учун, калцийдан тозалаш учун эритмага рух гидроксиди берилди. 5-жадвалда суюқ ва қаттиқ фазалар кимёвий таркибига  $\text{CaO}:\text{Zn}(\text{OH})_2$  нисбатининг тасири келтирилган.

$\text{Zn}(\text{OH})_2:\text{CaO}$  нисбатининг 0,8:1 дан 1,5:1 гача кўтарилиши рухни миқдорини 18,880% дан 19,096% гача кўтарилишига, хлорни 22,671% дан 21,652% гача камайишига олиб келади. Қўшимчаларнинг миқдори амалда ўзгармасдан қолади. Темирни ажратиш даражаси 79,990% дан 99,836% гача ошади.  $\text{Zn}:\text{HCl}=1:1,1$  нисбатда, 80°C ҳароратда ва жараённинг 10 соат давомийлигида рух хлориди олиш жараёнига Қ:С фазанинг тасири ўрганилган. Олинган малумотлар 3-жадвалда келтирилган. С:Қ фазанинг нисбати 0,8:1 дан 2,5:1 гача кўтарилиши рух миқдорини 7,062% дан 10,989% гача, кальцийни 32,82% дан 51,010% гача, хлорни 1,855% дан 2,887% гача оширади. Қаттиқ фазада 1,7:1 нисбатдан бошлаб темир мингдан бир улушда аниқланган, қолган компонентларнинг миқдори эса ундан ҳам кам.

Суюқ фаза таркиби С:Қ нисбатининг 0,8:1 дан 2,5:1 гача кўтарилиши билан сезиларли ўзгаради. Шундай қилиб рухнинг миқдори 12,688% дан 19,742% гача, хлор 14,387% дан 22,385% гача ўзгаради, қолган компонентларнинг миқдори юздан бир улушдан ошиқ эмас. Рух хлориди эритмасини олишнинг оптимал шароити Қ:С=1:2 ҳисобланади. Бунда эритма 19,74% рух ва 22,384% хлорни ўз ичига олади, бу рух хлоридининг 41,30% ли концентрациясига тўғри келади.

Рух концентратини хлорид кислотаси билан парчалаш жараёнини 2 соатдан 14 соатгача ошиши қаттиқ фаза рухни 1,831% дан 10,989% гача ошишига, кальцийни 8,46% дан 51,010% гача, темирни 0,0002% дан 0,0014% гача ошишига олиб келади. Қолган компонентларнинг миқдори мингдан бир улушдан ошмайди. Шунинг билан бирга хлорнинг миқдори 0,481 дан 2,887% гача ошади. Суюқ фаза таркиби қаттиқ фазага ўхшаш равишда ўзгаради ва ҳамма компонентларнинг миқдори ошади. Рухнинг миқдори 3,290% дан 19,742% гача, хлор 3,730% дан 22,385% гача ошади, темирнинг миқдори 0,0112% дан ошмайди, эритмадаги қолган эритмаларнинг миқдори мингдан

бир улушдан кам фоизни ташкил этади. Куйдирилган концентратдан рух хлориди эритмаси олиш жараёнинг оптимал давомийлиги 10 соатни ташкил этади, бунда рухни концентратдан ажратишнинг максимал даражасига кўтарилади. Бунда эритмадаги рухни миқдори 19,741% кўтарилади, бу 41,31% рух хлоридига мос келади. Рух концентратини хлорид кислотаси билан парчалаш ҳароратини 10°C дан 90°C гача кўтарилиши қаттиқ фазада рухни 1,457% дан 11,066%, гаа, кальцийни 6,80% дан 51,41%, темирни 0,0002% дан 0,0014% гача ошишига олиб келади. Қолган компонентларни миқдори фоизда мингдан бир улушдан кам миқдорни ташкил этади. Шунинг билан бирга хлор, 382 дан 2,907% гача ошади.

Суюқ фаза таркиби қаттиқ фаза таркибига ўхшаш ўзгаради ва барча компонентларнинг миқдори ошиб боради. Рухнинг миқдори 2,617% дан 19,882% гача, хлор 2,967% дан 22,544% гача ошиб боради, темирнинг миқдори 0,0113% дан, қолган компонентларнинг миқдори фоизда мингдан бир улушдан ошмайди. Концентратдан рух хлориди олишнинг оптимал ҳарорати 80 °C ҳисобланади. Жараёни мазкур ҳароратда олиб борилганда эритмада рухнинг миқдори 19,741% га етади ва жараёни оптимал Қ:С ва жараён давомийлигида олиб борилганда ҳам худди шундай бўлади.

Пулпаларни қовушқоқ ва зичлигини аниқлашни 20 дан 80 °C гача ҳароратда ва  $Zn:HCl$  1:0,6 дан 1:2,0 гача нисбатда аниқланди. Олинган татқиқотлар натижасида корреляцион коэффцент ( $R^2$ ) эмпирик тенгламаси аниқланди. Мос коэффцентлар 0,9269 дан 1,000 оралиғида жойлашган, бу экспериментал маълумотларни аниқланган катталикларга мос келишини кўрсатди. Хлорид кислота миқдорини ошиши ва ҳароратни кўтарилиши билан эритмаларнинг зичлиги камаяди.  $Zn:HCl=1:0,6$  нисбатда 20 °C пулпанинг зичлиги 1,698 г/см<sup>3</sup> ни,  $Zn:HCl=1:2,0$ —1,476 г/см<sup>3</sup>ни ташкил этади, шунингдек  $Zn:HCl$  нисбатларнинг бир хил кўрсаткичида ҳароратнинг ошиши билан пўлпа зичлиги кўрсаткичини камайишига олиб келади. Масалан, 1:1,1 ва ҳарорат 20 дан 80 °C гача ўзгарганда 1,676 дан 1,651 г/см<sup>3</sup> гача ўзгаради.

Қовушқоқликни ўрганишда ҳам ўхшаш қонуниятлар кузатилади. Пўлпанинг қовушқоқлиги 20 °C да  $Zn:HCl=1:0,6$  нисбатда 8,45 мПа·с гача ,  $Zn:HCl=1:2,0$  7,70 мПа·с гача камаяди. Бундан ташқари,  $Zn:HCl$  нисбати ўзгармас бўлганда ва ҳарорат кўтарилганда қовушқоқлик 8,45 дан 3,58 гача ва 7,70 дан 3,02 мПа·с гача камайишига олиб келади, бу 20 ва 80°C га мос тушади. Барча пўлпалар яхши реологик хусусиятга эга.

Фильтратнинг зичлиги конверсия вақтининг ошиши ва ҳароратни 20 дан 80°C гача кўтарилиши зичликини 1,780 дан 1,762 г/см<sup>3</sup> гача ва 1,780 дан 1,670 г/см<sup>3</sup> гача камайишига олиб келади, бунда вақт 12 соатгача ошиб боради.

Ўхшаш равишда, эритмаларнинг қовушқоқлиги мос ҳолда 8,59 мПа·с дан 3,45 гача ва 8,59 дан 8,27 мПа·с камаяди, бунда ҳарорат 20 дан 80 °C гача кўтарилади ва конверсия вақти ошиб борди. Рух хлориди эритмаси зичлик ва қовушқоқлиги тўйинган эритмани буғлатиш жарёнида ҳам ўрганилган.

**Суюқ фаза кимёвий таркибига  $\text{Fe}:\text{Ca}(\text{ClO})_2 / \text{HCl}:\text{CaO}$  мол нисбатини ва дастлабки куйдириш жараёнининг тасири**

| № | Нисбат<br>$\text{Fe}:\text{Ca}(\text{ClO})_2 /$<br>$\text{HCl}:\text{CaO}$ | Суюқ фазанинг кимёвий таркиби, масс. % |       |        |         |         |         |         |               |                      | Эркин<br>$\text{HCl}$ , % | Эритмадан $\text{Fe}$<br>ажратиш<br>даражаси, % |
|---|--|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------------|----------------------|---------------------------|---|
|   |  | Zn                                     | Ca    | Fe     | Cu      | Cd      | Pb      | K       | $\text{Cl}^-$ | $\text{H}_2\text{O}$ |                           |   |
| 1 | 1:0,0<br>1:0,0   | 15,346                                 | 0,072 | 0,687  | 0,0008  | 0,0004  | 0,0007  | 0,0004  | 23,272        | 61,527               | 5,662                     | 0   |
| 2 | 1:0,8<br>1:0,8   | 14,811                                 | 2,844 | 0,0170 | 0,00077 | 0,00039 | 0,00067 | 0,00039 | 23,133        | 60,253               | 1,092                     | 97,429  |
| 3 | 1:1,0<br>1:1,0   | 14,640                                 | 3,497 | 0,0123 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,032        | 59,822               | 0                         | 98,117  |
| 4 | 1:1,05<br>1:1,05   | 14,638                                 | 3,519 | 0,0115 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,070        | 59,746               | 0                         | 98,248  |
| 5 | 1:1,1<br>1:1,1   | 14,635                                 | 3,542 | 0,0115 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,108        | 59,669               | 0                         | 98,250  |
| 6 | 1:1,2<br>1:1,2   | 14,630                                 | 3,588 | 0,0115 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,183        | 59,516               | 0                         | 98,250  |
| 7 | 1:1,3<br>1:1,3   | 14,625                                 | 3,633 | 0,0114 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,258        | 59,362               | 0                         | 98,255  |
| 8 | 1:1,4<br>1:1,4   | 14,620                                 | 3,679 | 0,0114 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,333        | 59,209               | 0                         | 98,257  |
| 9 | 1:1,5<br>1:1,5   | 14,615                                 | 3,724 | 0,0114 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,408        | 59,056               | 0                         | 98,257  |



**5-жадвал**

**Суюқ ва қаттиқ фазалар кимёвий таркибига концентратни куйдириш ва  $\text{CaO}:\text{Zn}(\text{OH})_2$  нисбитининг тасири**

| № | CaO:Zn(OH) <sub>2</sub><br>нисбат | Суюқ фазанинг кимёвий таркиби, масс. % |       |        |         |         |         |         |                 |                  | Эритмадан Fe<br>ажратиш даражаси,<br>% |
|---|-----------------------------------|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------------|------------------|--|
|   |                                   | Zn                                     | Ca    | Fe     | Cu      | Cd      | Pb      | K       | Cl <sup>-</sup> | H <sub>2</sub> O |  |
| 0 | 00:00,0                           | 14,638                                 | 3,519 | 0,0115 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,070          | 59,746           | 0                                      |
| 1 | 1:0,8                             | 18,880                                 | 0,692 | 0,0113 | 0,00075 | 0,00037 | 0,00066 | 0,00037 | 22,671          | 58,713           | 79,990                                 |
| 2 | 1:1                               | 19,909                                 | 0,006 | 0,0113 | 0,00074 | 0,00037 | 0,00066 | 0,00037 | 22,574          | 58,462           | 99,823                                 |
| 3 | 1:1,1                             | 19,741                                 | 0,006 | 0,0112 | 0,00074 | 0,00037 | 0,00065 | 0,00037 | 22,384          | 57,968           | 99,833                                 |
| 4 | 1:1,2                             | 19,576                                 | 0,006 | 0,0111 | 0,00073 | 0,00037 | 0,00064 | 0,00037 | 22,196          | 57,483           | 99,834                                 |
| 5 | 1:1,3                             | 19,413                                 | 0,006 | 0,0110 | 0,00073 | 0,00036 | 0,00064 | 0,00036 | 22,012          | 57,005           | 99,835                                 |
| 6 | 1:1,4                             | 19,253                                 | 0,005 | 0,0109 | 0,00072 | 0,00036 | 0,00063 | 0,00036 | 21,830          | 56,535           | 99,836                                 |
| 7 | 1:1,5                             | 19,096                                 | 0,005 | 0,0108 | 0,00071 | 0,00036 | 0,00063 | 0,00036 | 21,652          | 56,073           | 99,836                                 |

| № | CaO:Zn(OH) <sub>2</sub><br>нисбат | Қаттиқ фазанинг кимёвий таркиби, масс. % |        |        |        |          |          |          |                 |
|---|-----------------------------------|--|--------|--------|--------|----------|----------|----------|-----------------|
|   |                                   | Zn                                       | Ca     | Fe     | Cu     | Cd       | Pb       | K        | Cl <sup>-</sup> |
| 0 | 00:00,0                           | —  | —      | —      | —      | —        | —        | —        | —               |
| 1 | 1:0,8                             | 2,437                                    | 51,262 | 0,0015 | 0,0001 | 0,000048 | 0,000085 | 0,000048 | 2,926717        |
| 2 | 1:1                               | 2,716                                    | 51,036 | 0,0015 | 0,0001 | 0,000048 | 0,000085 | 0,000048 | 2,913309        |
| 3 | 1:1,1                             | 10,988                                   | 51,010 | 0,0014 | 0,0001 | 0,000048 | 0,000084 | 0,000048 | 2,886843        |
| 4 | 1:1,2                             | 19,256                                   | 50,979 | 0,0014 | 0,0001 | 0,000047 | 0,000083 | 0,000047 | 2,860860        |
| 5 | 1:1,3                             | 27,516                                   | 50,948 | 0,0014 | 0,0001 | 0,000047 | 0,000082 | 0,000047 | 2,835340        |
| 6 | 1:1,4                             | 35,765                                   | 50,918 | 0,0014 | 0,0001 | 0,000046 | 0,000082 | 0,000046 | 2,810271        |
| 7 | 1:1,5                             | 44,007                                   | 50,888 | 0,0014 | 0,0001 | 0,000046 | 0,000081 | 0,000046 | 2,785643        |

Доимий ҳароратда буғлатилган сувнинг миқдорини ошиши билан барча ўрганилган ҳароротларда зичлик кўрсаткичи ошиши кузатилди. Масалан, 20 дан 80°C гача зичлик 1,350 дан 1,466 г/см<sup>3</sup> гача ва 1,327 дан 1,403 г/см<sup>3</sup> гача ошиб боради. Мос равишда, эритмалар қовушқоқлиги ҳароратни 20 дан 80 °C кўтарилиши ва буғлатилган сув миқдорини ошиши мос равишда 3,82 дан 1,42 мПа·с гача камайтиради ва 4.75 мПа·с гача ошириб боради.

Диссертациянинг тўртинчи «**Рух концентратини рух хлоридига қайта ишлаш жараёнининг технологик кўрсаткичлари тадқиқоти**» бобида рух концентратини рух хлоридига қайта ишлаш тадқиқоти натижалари келтирилган.

Рух хлориди олишда конверсия жараёнининг асосий босқичларидан бири фазаларни ажратиш ҳисобланади. Шунинг учун чўктириш ва филтрланиш тезлигини аниқлаш борасида тадқиқотлар олиб борилди.

Олинган маълумотлар рух хлориди олишда суспензияни ажратиш жараёни яхши боришини кўрсатди. Кўриниб турибдики, суспензияни 200 минут давомидида ушлаб турилишида чўкмаларни жадал чўкиши кузатилди, лекин вақт давомийлиги оширилганда пўлпани тиниш даражаси камайиши кузатилди. Шундай қилиб, рух концентратидан хлорид кислотаси асосида олинган суспензияни тиниш даражаси 30 минутда 9,7% етди, максимал тиниш даражаси 47,47%. Рух хлориди олиш босқичида суспензияни тиниш тезлиги секин боради. Лекин олиб борилган эксперимент натижалари олинган махсулотларни бир хил таркиблилиги, бошқа қўшимча моддалар йўқлиги ва жуда яхши қўйилишини кўрсатди.

Филтрланиш тезлиги бўйича олинган маълумотлар вакуум даражаси ва ҳароратни қанча бўлишидан қатъий назар суспензия яхши филтрланишини кўрсатди. Суспензиянинг филтрланиш тезлиги 300 мм см. ус.да 143,04–176,15 кг/м<sup>2</sup>·с ни ташкил этади. Филтрланиш жараёнида вакуум ва ҳароратни оширилиши пўлпа, филтрат ва қаттиқ фаза бўйича филтрланиш тезлигини ошишига олиб келади. Филтлда чўкма баландлиги 15 см гача бўлганда пўлпа бўйича филтрланиш тезлигини 98,47 – 116,99 кг/м<sup>2</sup>·с гача камайишига олиб келади. Тайёр махсулот физик-кимёвий хоссаларини аниқлаш учун Хонжиза концентратидан олинган рух хлоридини кимёвий таркиби ўрганилди.

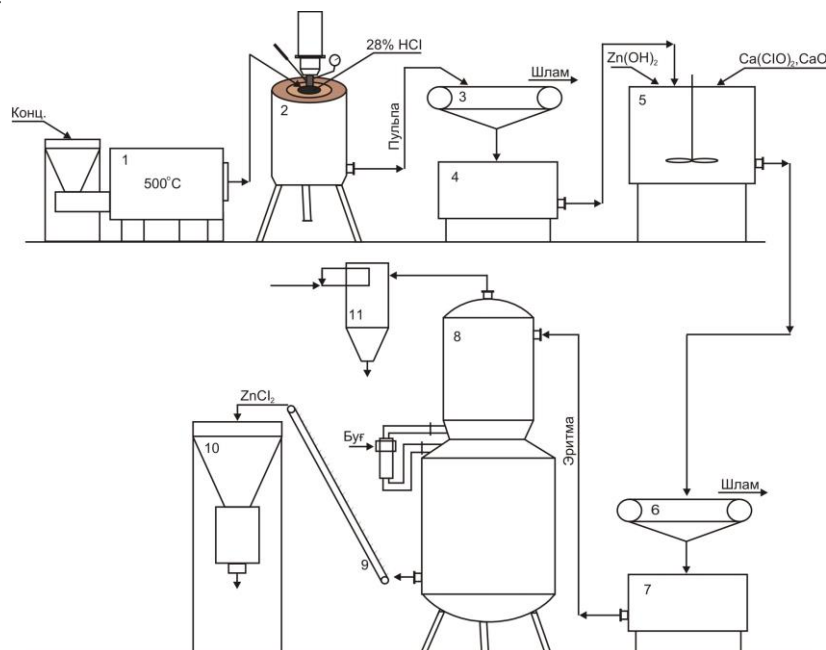
Рух хлориди ренгинограммасида сувсиз ва моносувли рух хлоридига таллуқли дифференциал максимумлар мавжуд.

ИК - спектрларида  $ZnCl_2 \cdot L_2$  гуруҳ комплексларига таллуқли 2160,27; 186,96; 624,94 см<sup>-1</sup> ютиш чизиқлари мавжуд. Чизиқлар минерал объектнинг кристалл структурасида молекулалараро таъсирлашув натижасида кенгайган структурага эга. Хонжиза концентратидан олинган рух хлориди плазма атомэмиссион таҳлил натижалари рух хлоридини юқори даражада мавжудлиги ва силикат, алюминий, темир, мис ва бошқа қўшимчаларни кам миқдорда мавжудлигини кўрсатди.

Рух хлоридини плазма атом эмиссион таҳлил натижалари рентген ва ИҚ – спектр таҳлил натижаларини тасдиқлади.

Лаборатория шароитида олинган маълумотлар, шунингдек моддий

оқимлар ҳисоби ва моддий балансни тузилиши Хонжиза кони рух сақловчи концентратидан рух хлориди олиш технологик схемасини ишлаб чиқиш учун асос бўлиб хизмат қилди. Расмда рух хлориди олиш технологик схемаси келтирилган.



**Расм. Рух концентратини техник рух хлоридига қайта ишлаш тажрибавий қурилма технологик схемаси**

1 – куйдириш печи, 2 – автоклав реактор, 3, 6 – филтрлар, 4, 7 – идиш, 5 – аралаштирувчи идиш, 8 – кристаллизаторли вакуум буғлатиш қурилмаси, 9 – транспортер, 10 қадокловчи қурилма, 11 – дистиллятор.

Технологиянинг асоси рух сақловчи концентратни хлорид кислота эритмаси билан кислотали парчалаш, қаттиқ фазани ажратиш, рух хлориди эритмасини олиш эритмани қўшимчалардан тозалаш ва суюқ фазани буғлатиб рух хлориди тузли чўкмасини олишдан иборат.

Рух концентратини рух хлоридига қайта ишлаш жараёни қуйидаги босқичлардан иборат:

- рух концентрати 500 °C да куйдириш;
- Хонжиза кони рухли концентратини юқори босимли автоклавда  $t = 80^{\circ}\text{C}$  да хлорид кислотали парчалаш;
- Рух хлориди эритмасини ажратиш ва қўшимчалардан тозалаш;
- тозаланган рух хлориди эритмасини буғлатиб техник рух хлориди олиш;
- қадоклаш ва тайёр маҳсулотни сақлаш.

Автоклавга рух сақловчи концентрат юкланди ва хлорид кислотаси эритмаси қўшилди. Реакция зич ёпилган автоклав реакторида олиб боради, рух концентратини хлорид кислотаси билан парчалаш жараёнида ҳосил бўлучи газ реактор ичида юқори босим ҳосил қилади ва бир вақтнинг ўзида реактор ичида ҳароратни кўтарди. Реакция 10 соат давомида олиб борилди, реакция тугагандан кейин пульпани автоклавдан филтрлаш қурилмасига йўналтирилди. Филтрлашдан кейин суюқ фазани седиментация усули билан қўшимчалардан тозаланди, кейинчалик буғлатиш йўли билан рух хлориди

ажратиб олинди. Олинган махсулот кўйидаги сифат кўрсаткичлари билан характерланади, масс. %:  $\text{ZnCl}_2$  – 98,27%;  $\text{Ca}$  – 0,0143%;  $\text{Fe}$  – 0,027%;  $\text{Cu}$  – 0,0018%;  $\text{Cd}$  – 0,0009%;  $\text{Pb}$  – 0,0015%;  $\text{K}$  – 0,00088%;  $\text{H}_2\text{O}$  – 1,623%. Намуналар «Автотракторрадиатор» АЖ га саноатда қўллаш учун юборилди.

Синов вақтида 1000 кг рух хлориди олинди. Рух концентратини рух хлоридига қайта ишлаш технологиясини синов натижалари технология технологик жиҳатдан осон, махсус қурилмаларни талаб қилмаслиги энергия, ресурс ва материал тежамкорлигини кўрсатди. Олиб борилган ҳисоб китоблар Хонжиза кони рух сақловчи концентратини рух хлоридга қайта ишлаш самарадорлигини кўрсатди. 50 минг тонна техник рух хлориди ишлаб чиқарилиши ташкиллаштирилганда иқтисодий самарадорлик 266,5 млрд. сўмни ташкил этади.

## ХУЛОСА

1. Рух сақловчи концентратни хлорид кислотаси билан парчалаш жараёни ўрганилди, жараённинг мақбул технологик кўрсаткичлари аниқланди: хлорид кислота концентрацияси 28%, стехиометрик нисбат 1:1,1, ҳарорат 80°C, босим 17 атм ва жараён давомийлиги 10 соат бўлиб, бунда конверсия даражаси 90% дан юқори бўлиши кўрсатиб берилди.

2. Концентратни куйдириш йўли билан қўшимчалардан тозалаш тадқиқоти хомашёда мавжуд кўрғошин,  $\text{SiO}_2$  ва бошқа бирикмалар рух кислотали парчалашда чўкма ҳосил қилиши, рух тутган чўкмада кичик заррачалар кўринишида аралашмалар ҳосил бўлиши кўрсатиб берилди. Бунда майдаланган рух концентратларини 300-500°C да дастлабки куйдириш йўли билан аралашмалардан тозалаш усули таклиф қилинди.

3. Рух концентратини хлорид кислотаси билан парчалашдан кейинги суюқ фазани тозалаш жараёни ўрганилди. Олинган рух хлорид эритмасини ифлослантирмайдиган оксидловчилар ёрдамида темирдан тозалаш жараёни кўрсатилди. Оксидловчилар сифатида газсимон хлор, бертоле тузи ва арзон реагент – кальций гипохлорид ишлатилди. Эритмани темирдан тозалаш учун кислоталикни нейтраллаш орқали чўктириб олиш, эритмада чўкма ва хомашё билан берилган кумнинг эримайдиган қисмини чўктириш, декантация қилиш ва филтрлаш жараёнлари таклиф этилди.

4. Рух концентратини парчаланиш даражасига юқори босимнинг таъсири ўрганилди. Автоклав реактори ичида босим кўтарилиши билан конверцияланиш даражаси ошиши ва 17 Атм да 90% га кўтарилиши кўрсатиб берилди.

5. Хонжиза кони рух сақловчи руда ва концентратини физик-кимёвий хоссалари аниқланди ҳамда рух концентратини қайта ишлаб рух хлорид олиш технологияси ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган рух хлорид олиш технологияси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ да саноат миқёсида техник ва кимёвий тоза рух хлорид ишлаб чиқариш ҳамда “Шўртан нефть ва газ қазиб чиқариш бошқармаси” АЖ да нефть ва нефть махсулотларини тозалаш, шунингдек сувсизлантирувчи элемент ҳамда катализатор сифатида қўллаш учун тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.12.2019.Т.78.01 ПО  
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТЕРМЕЗСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**РОСИЛОВ МАНСУР СИРГИЕВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРИСТОГО  
ЦИНКА НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

**02.00.13–Технология неорганических веществ и материалы на их основе**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Термез– 2020**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан номером B2018.4.PhD/T865.**

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте

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

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Научный руководитель:</b>  | <b>Самадий Муроджон Абдусалимзода</b><br>доктор философии по техническим наукам (PhD)  |
| <b>Официальные оппоненты:</b> | <b>Шукуров Жамшид Султонович</b><br>доктор технических наук, ведущий научный сотрудник<br><br><b>Шамаев Баходир Эргашевич</b><br>кандидат технических наук, доцент |
| <b>Ведущая организация:</b>   | Наманганский инженерно-технологический институт  |

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г. в «\_\_\_» часов на заседании Ученого совета PhD.03/30.12.2019.T.78.01 при Термезском государственном университете по адресу: 190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail:termizdu@umail.uz

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре в Термезском государственном университете под №\_\_\_\_\_, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail:termizdu@umail.uz).

Аннотация диссертации разослана «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года.  
(протокол рассылки № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.).

**И.А.Умбаров**  
Председатель научного совета  
по присуждению ученых степеней, д.т.н.

**Ш.А.Касимов**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.ф.х.н.

**Ф.Б.Эшкурбонов**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.х.н.

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время в мире большое внимание уделяется получению цинка высших марок с полным использованием цинксодержащего сырья внедрением безотходных технологий. Общий объем производства цинка в мире составляет 8 млн тонн в год. В этом отношении соединения цинка, в частности, хлористый цинк приобретает особое значение. Хлористый цинк имеет важное практическое значение с применением в качестве антисептика для подпитки тканей, картона, шпал, компонентов зубных цемента, в гальванических батареях, для повышения качества паяльных работ.

В мировой практике по пирометаллургическому способу получают не более 15% цинка. Эта технология обычно применяется для переработки бедных цинковых концентратов с примесей железа, мышьяка, сурьмы, кремнезема и редких металлов (кадмия, индия, таллия и других), а также при производстве в цинка низших марок. В этом аспекте уделяется внимание исследовательским работам, направленным на переработку цинксодержащих руд и концентратов, их очистки сопутствующих примесей и разработке эффективного метода извлечения хлористого цинка из цинксодержащих руд и концентратов. Поэтому, разработка технологии получения хлористого цинка из цинксодержащего сырья являются актуальной.

В нашей стране в химической промышленности были достигнуты определенные результаты, в частности, проведены широкомасштабные практические мероприятия по обеспечению местного рынка импорт замещаемыми химическими реагентами. Следует отметить, что в Республике уделяется большое внимание мероприятиям по системе научно обоснованного ведения промышленных объектов и охраны окружающей среды через внедрение инновационных технологий. В Стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан<sup>1</sup> намечены задачи по «Совершенствованию промышленности на качественно новый уровень, дальнейшей интенсификации производства готовой продукции на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, освоению выпуска принципиально новых видов продукции и технологий». В связи с этим имеет особое значение разработка эффективных, экспрессных и экономически дешёвых технологий переработки цинксодержащих сырьевых источников.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», Постановлений Президента Республики Узбекистан № ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы», № ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по усиленному развитию химической промышленности в Республике Узбекистан», № ПП-

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан за № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике VII - «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** В научно-технической литературе имеется большой объем научных материалов и способов переработки цинксодержащих сырьевых источников на цинк, сульфат цинка и другие соединения. По переработке соединений цинка Н. В. Марченко, Е. П. Вершинина, Э. М. Гильдебрандт, М.Е. Позин, Yan Li, Anhuai Lu, Song Jin, Е.В. Маргулис, И.В. Родин, В.М. Гудкевич, М.А. Самадий и др. были проведены научные исследования.

Ими были синтезированы ингибиторы, различные катализаторы и соединения цинка используемые в нескольких направлениях, таких как химическая промышленность, медицина, биотехнология, микробиология, пищевая промышленность, в упаковочных и других промышленности.

В том числе, проводятся научно-исследовательские работы по направлениям синтеза дешевых соединений цинка, безопасности процесса извлечения, высокой эффективности по применению их в различных направлениях, влияние соединений цинка на здоровье человека и окружающую среду при использовании в медицине и нано технологии.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с тематическими планами научно-исследовательских работ в рамках фундаментальным проектом Ташкентского химико-технологического института и Термезского государственного университета ОТ-Ф7-34 – «Теоритические основы синтеза полифункциональных комплексообразующих ионитов и извлечение с их помощью некоторых d-металлов» на 2017-2020 гг.

**Целью исследования** является разработка технологии получения хлористого цинка из цинксодержащих руд месторождения Хандиза.

**Задачи исследования:**

определение химического и минералогического состава цинксодержащих руд месторождения Хандиза;

исследование процесса солянокислотного разложения цинкового концентрата;

исследование физико-химических свойств пульпы, полученной солянокислотным разложением цинкового концентрата;

исследование процесса очистки полученных растворов от железа и др. примесей;



определение процессов переработки очищенных растворов и установление оптимальных технологических параметров получения хлористого цинка;

разработка нормативно-технических документов, составление материального баланса и технико-экономического обоснование разработанной технологии получения хлорида цинка.

**Объектом исследования** являются цинксодержащие руды месторождения Хандиза, солянокислотные растворы, технически и химически чистый хлористый цинк.

**Предметом исследования** являются процесс солянокислотного разложения цинксодержащих концентратов, разработка технологии производства хлористого цинка.

**Методы исследования.** В качестве методов исследований использованы химический, рентгенофлуоресцентный, рентгенографический, атомно-абсорбционный, ИК-спектроскопический, сканирующий электронный микроскопический и хромато-масс-спектрометрический методы, а также статистические методы обработки полученных данных.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в следующем:

впервые была разработана технология солянокислотной переработки цинксодержащего концентрата месторождения Хандиза на хлористый цинк с использованием автоклава высокого давления;

установлены оптимальные технологические параметры процесса солянокислотного разложения цинкового концентрата и очистки полученных растворов хлористого цинка;

впервые показана возможность снижения влияния образующихся соединений свинца, кремния и других примесей на процесс растворения концентрата путем предварительного окислительного обжига при температуре 300-500°C;

определены физико-химические свойства пульпы полученной солянокислотным разложением цинкового концентрата;

по разработанной технологии из цинксодержащего концентрата месторождения Хандиза получен химически чистый хлористый цинк.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана технология получения хлористого цинка солянокислотным разложением цинкового концентрата месторождения Хандиза;

в разработанной технологии получения хлористого цинка обосновано воздействие предварительной высокотемпературной прокалики концентрата на степень очистки от примесей в процессе растворения;

разработанная технология апробирована на АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» и на основе хлористого цинка был получен элемент обезвоживания, также катализатор.

**Достоверность результатов исследования** доказана обоснованием выводами и предложениями, с использованием при идентификации веществ современными, высоко информационными физико-химическими методами

(рентгенофлуоресцентный, рентгенографический, атомно-абсорбционный, ИК-спектроскопический, сканирующий электронно-микроскопический и хромато-масс-спектроскопический) использованием химических методов и разработанной технологией хлористого цинка, его апробацией в опытно-промышленных условиях а также внедрением в производство.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований заключается в том, что предложена технология получения хлористого цинка с солянокислотным разложением с предварительной прокалкой цинкового концентрата месторождения.

Практическая значимость результатов исследований заключается в предоставлении возможности получения хлористого цинка технической и химической чистоты с использованием эффективной технологии переработки цинкового концентрата месторождения Хандиза.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по разработке технологии переработки цинкового концентрата месторождения Хандиза на хлористый цинк:

способ переработки цинкового концентрата в хлористый цинк входит в перечень перспективных, внедряемых разработок АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» за №63-87 от 06 февраля 2020 г.). В результате появляется возможность переработки цинкового концентрата на хлористый цинк с содержанием не менее 97,7% основного вещества;

технология получения хлористого цинка путём солянокислотного разложения цинкового концентрата месторождения Хандиза входит в перечень перспективных, внедряемых разработок АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» за №63-87 от 06 февраля 2020 г.). В результате достигнута возможность получения очищенного от примесей гигроскопического хлористого цинка.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований были доложены и обсуждены на 2 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 12 научных работ. Из них 6 научных статей, в том числе 2 в республиканских и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

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

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность проблемы, сформулирована цель и задачи, научная новизна и практическая значимость проводимых

исследований, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации **«Современное состояние в области переработки цинксоодержащего сырья и их отходов»**, являющейся литературным обзором, дана характеристика сырьевым ресурсам цинка, изложено современное состояние и перспективы использования сырьевой базы. Проведен анализ научно – технической и патентной литературы в области изучения физико – химических систем, обосновывающих возможность получения соединений цинка. Рассмотрены научные труды и патентные материалы, посвященные вопросам получения хлористого цинка.

На основе анализа опубликованных работ сформулирована цель и задачи настоящей работы.

Вторая глава **«Характеристика исходных, промежуточных и конечных продуктов»** посвящена используемым в работе цинковой руды, цинкового концентрата и химических продуктов, методом проведения исследований и методикам химических анализов.

Третья глава диссертации **«Исследование процессов получения хлористого цинка из цинксоодержащего сырья»** посвящена установлению оптимальных технологических параметров разложения цинкового концентрата месторождения Хандиза соляной кислотой. Исследования проводили с цинксоодержащей рудой месторождения Хандиза, содержащей 4,95-5,15% Zn и цинковым концентратом, содержащим 39,45-40,50 % Zn.

Анализ химического состава показал, что руды месторождения Хандиза имеют сложный состав. Большинство элементов находится в виде изоморфной смеси в сульфидах. Во всех разновидностях колчеданных руд преобладает пирит (при вариациях содержаний от 60 до 90 %), сфалерит, галенит и халькопирит 5–7 %. Нерудные минералы представлены серицитом до 55 %, кварцем до 30 %, хлоридом до 8 % и карбонатами. Содержание Pb в рудах этого типа редко превышает 1–3 %, Zn – 3–5 %, Cu – 0,25 %.

Основными элементами руды, согласно спектрального анализа являются кремний, цинк, алюминий, железо, медь. Содержания натрия, калия и магния находятся в пределах от 1% до 3%. Остальные элементы составляют десятые и сотые доли процента.

Данные рентгенофлуоресцентного анализа цинковой руды подтвердили данные спектрального анализа по содержанию кремния, цинка, железа, меди. Данные по содержанию калия, кальция несколько выше и составляют для калия более 3% и кальция около 1%.

На рентгенограмме цинковой руды имеются дифференциальные максимумы, относящиеся к сульфидам и сульфатам цинка и железа, к оксидам кремния, карбонату и цианиду свинца, а также цинкастату.

В таблице 1 приведены данные спектрального анализа цинкового концентрата месторождения Хандиза. Полученные результаты указывают на снижение содержания силикатов, алюминия, железа и повышение в концентрате цинка, меди. При незначительном повышении содержания меди, содержание цинка повышается до 25-40%.

Данные рентгенофлуоресцентного анализа концентрата подтверждают

данные спектрального анализа о снижении силикатов, а также указывают на снижение соединений меди в отличие от спектрального анализа.

**Таблица 1**

**Результаты спектрального элементного анализа состава цинкового концентрата месторождения Хандиза**

| № проб | Si, % | Zn, % | Al, % | Ca, % | Na, % | K, % | Fe, % | Mg, % | Mn, % | V, %  | Ti, % | Cu, % | Pb, % | Bi, % | Sb, % | Zr, % |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | 15    | 25    | 0,1   | 0,01  | 0,3   | 1    | 1     | 0,2   | 0,04  | 0,002 | 0,004 | 3     | 0,5   | 0,005 | 0,006 | -     |
| 2      | 15    | 30    | 1,0   | 0,02  | 0,2   | 3    | 3     | 0,3   | 0,04  | 0,004 | 0,01  | 3     | 1,0   | 0,006 | 0,03  | 0,002 |
| 3      | 15    | 30    | 0,1   | 0,02  | 0,3   | 2    | 2     | 0,2   | 0,04  | 0,003 | 0,003 | 4     | 1,0   | 0,006 | 0,04  | -     |
| 4      | 15    | 40    | 0,2   | 0,02  | 0,3   | 3    | 3     | 0,2   | 0,04  | 0,004 | 0,004 | 6     | 3,0   | 0,006 | 0,04  | -     |

На рентгенограмме цинкового концентрата имеются дифференциальные максимумы, относящиеся к сульфидам цинка и железа, к кремнефториду цинка и оксиду кремния.

На ИК-спектрах имеются полосы поглощения  $2092,209\text{ см}^{-1}$ , относящиеся к цианидным группам. Полосы поглощения  $1648,590\text{ см}^{-1}$  относятся к тиосульфатам, полосы поглощения  $1390,289$ ;  $1340,544$ ;  $1195,810\text{ см}^{-1}$  – относятся к азотным и нитратным группам. Полосы поглощения  $1030,926\text{ см}^{-1}$ , относятся к силикатным группам, а полосы поглощения  $878,510$ ;  $803,727$ ;  $675,485\text{ см}^{-1}$  относятся к сульфатным и карбонатным группам. Полосы имеют уширенную структуру, вследствие межмолекулярных взаимодействий в кристаллической структуре минерального объекта.

Микрофотографии цинкового концентрата имеют больше темных пятен, которые обусловлены сульфидом цинка, частично сульфидами железа. Это является еще одним подтверждением состава цинкового концентрата месторождения Хандиза.

Для научного обоснования процесса получения хлористого цинка из цинкового концентрата месторождения Хандиза необходимы данные кинетического характера. Для этого изучено влияние температуры и продолжительности процесса автоклавного извлечения цинка в 28% раствор соляной кислоты при соотношении  $\text{Zn:HCl}=1:1,1$ . Переменными параметрами были температура 70, 80 и  $90^{\circ}\text{C}$  и продолжительность процесса выщелачивания 6, 8 и 10 часов (табл. 2).

Из таблицы 2 видно, что повышение температуры процесса извлечения цинка в солянокислый раствор не оказывает существенного влияния на степень извлечения. Так, при продолжительности процесса 6 часов при температуре  $70^{\circ}\text{C}$  степень извлечения цинка в раствор составляет 66,23%, при температуре  $80^{\circ}\text{C}$  68,20% и при температуре  $90^{\circ}\text{C}$  68,78%. Это указывает на то, что повышение температуры выше  $80^{\circ}\text{C}$  не желательно.

Таблица 2

**Влияние температуры и продолжительности процесса выщелачивания  
цинка из цинкового концентрата**

| №  | Время, час | Степень извлечения, % |       |       |
|----|------------|-----------------------|-------|-------|
|    |            | 70°С                  | 80°С  | 90°С  |
| 1  | 1          | 14,37                 | 14,80 | 14,94 |
| 2  | 2          | 27,18                 | 28,00 | 28,28 |
| 3  | 3          | 38,45                 | 39,60 | 39,99 |
| 4  | 4          | 48,55                 | 50,00 | 50,50 |
| 5  | 5          | 57,87                 | 59,60 | 60,18 |
| 6  | 6          | 66,23                 | 68,20 | 68,78 |
| 7  | 7          | 74,00                 | 75,80 | 76,40 |
| 8  | 8          | 80,43                 | 82,30 | 82,88 |
| 9  | 9          | 85,00                 | 87,5  | 87,80 |
| 10 | 10         | 88,33                 | 90,01 | 90,48 |

Более существенно на степень извлечения цинка в солянокислый раствор оказывает продолжительность процесса. Увеличение продолжительности процесса выщелачивания с 6 часов до 8 и 10 часов при температуре 70°С степень извлечения повышается с 66,23% до 80,43% и до 88,33%, соответственно. При температуре 80°С эти показатели равны 68,20%, 82,30% и 90,01%, при температуре 90°С, соответственно, 68,72%, 82,88% и 90,48%.

На основе полученных данных рассчитаны скорости реакции и энергии активации процесса извлечения цинка из цинкового концентрата соляной кислотой.

С повышением температуры увеличивается и константа скорости реакции взаимодействия цинкового концентрата с соляной кислотой. Особенно это наглядно ощутимо в кинетической области, где температура 343 и 353 К играют доминирующую роль, а далее в диффузионной области с 363 К и более температура практически не влияет на константу скорости реакции.

Константа скорости реакции извлечения цинка из концентрата подчиняется уравнению Аррениуса и выражается следующим эмпирическим уравнением:

$$K = 3,08546e^{-5} \cdot \exp(4134,64 / T) \text{ или } K = 3,08546e^{-\frac{4134,64}{T}}$$

В зависимости от температуры в пределах 343-363 К значение кажущейся энергии активации  $E_a$  цинкового концентрата составляет 0,48 и 1,45 ккал/моль или 2,01 и 6,09 кДж/моль, а среднее значение  $E_{a, \text{ср.}}$  составляет 0,97 ккал/моль или 4,05 кДж/моль, соответственно.

Показатели энергии активации свидетельствуют о достаточной реакционной способности цинкового концентрата. Данные значения могут послужить для оценки технологичности сырья на химических предприятиях по производству цинковых солей.

Изучено влияние отношения  $Zn:HCl$  от 1:0,8 до 1:1,5 на химический состав жидкой и твердой фаз при использовании 28% соляной кислоты и продолжительности процесса 10 часов. Полученные данные приведены в таблице 3.

Со снижением соотношения  $Zn:HCl$  с 1:0,8 до 1:1,5 содержание всех компонентов в жидкой фазе снижается. Так, содержание цинка с 15,592% снижается до 11,348%, Ca с 0,314% до 0,181%, железа с 0,637 до 0,3657% и так для остальных компонентов. При этом содержание хлора незначительно повышается с 22,21% до 23,72%, содержание свободной соляной кислоты с 2,19 до 9,84%, степень извлечения цинка с 74,22% повышается до 90,10%.

Твердая фаза обогащается кремнием. При соотношении 1:0,8 содержание Si составляет 27,903% при 1:1,5 достигает 37,607%. Остальные компоненты в составе твердой фазы монотонно снижаются, включая хлор.

Изучено влияния температуры предварительной прокалки концентрата Хандиза при соотношении  $Zn:HCl = 1:1,1$ , концентрации соляной кислоты 28% и продолжительности процесса извлечения 10 часов. Повышение температуры прокалки с 300 до 500°C повышает незначительно содержание цинка с 14,831% до 15,346% и практически не влияет на степень извлечения. Прокалка снижает содержание Ca, Cu, Cd, Pb, K, Mo и повышает содержания железа с 0,476% до 0,687%.

Более существенно прокалка сказывается на изменении состава твердой фазы. Повышение температуры способствует увеличению содержания кальция, железа, меди кадмия, свинца, калия, молебдена и снижению содержания кремния с 37,241% до 27,180% цинка с 12,765 до 9,720%. Содержание хлора снижается при этом с 1,752% до 1,702%.

Полученные растворы хлорида цинка подвергали очистке от железа, которую производят с помощью окислителей. В качестве окислителей применяли газообразный хлор, бертолетову соль и хлорную известь. Окисное железо осаждали из раствора путем нейтрализации кислотности, например добавкой извести ( $CaO$ ). Известь вводили одновременно с хлорной известью.

В таблице 4 приведены данные влияния мольного соотношения  $Fe:Ca(ClO)_2 / HCl:CaO$  на степень очистки растворов от железа, полученных при соотношении  $Zn:HCl = 1:1,1$  и прокаленных при 500°C.

Повышение мольного соотношения  $Fe:Ca(ClO)_2 / HCl:CaO$  с 1:0,0 / 1:0,0 до 1:1,5 / 1:1,05 способствует снижению цинка в растворе с 15,346% до 14,638% и до 14,615% при соотношении 1:1,5 / 1:1,5. При этом содержание кальция повышается с 0,072% до 3,519% и до 3,724%, соответственно. Содержание железа снижается в растворе с 0,687% до 0,0115% и до 0,0114%, соответственно. При этом степень осаждения железа повышается до 97,429-98,257%. Содержания остальных компонентов практически не изменяется. Содержание свободной кислоты практически отсутствует при соотношении 1:1 / 1:1.

Таблица 3

**Влияние соотношения Zn:HCl на химический состав жидкой и твердой фаз процесса получения хлористого цинка при концентрации HCl 28%, продолжительности процесса 10 часов**

| № | Zn:HCl | Химический состав жидкой фазы, масс. %  |       |        |       |       |       |       |       |                 |                  | Свободный HCl, % | Zn ни эритмага ўтиш даражаси, % |
|---|--------|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|------------------|------------------|---------------------------------|
|   |        | Zn                                      | Ca    | Fe     | Cu    | Cd    | Pb    | K     | Mo    | Cl <sup>-</sup> | H <sub>2</sub> O |                  |                                 |
| 1 | 1:0,8  | 15,592                                  | 0,314 | 0,637  | 0,437 | 0,224 | 1,654 | 0,521 | 0,018 | 22,21           | 57,48            | 2,19             | 71,22                           |
| 2 | 1:1,0  | 15,009                                  | 0,256 | 0,520  | 0,356 | 0,182 | 1,348 | 0,425 | 0,015 | 22,24           | 58,57            | 3,45             | 84,100                          |
| 3 | 1:1,1  | 14,716                                  | 0,234 | 0,476  | 0,326 | 0,167 | 1,235 | 0,389 | 0,013 | 22,32           | 59,03            | 4,08             | 90,00                           |
| 4 | 1:1,2  | 13,700                                  | 0,218 | 0,443  | 0,303 | 0,156 | 1,149 | 0,362 | 0,013 | 22,48           | 59,93            | 5,55             | 90,04                           |
| 5 | 1:1,3  | 12,818                                  | 0,204 | 0,414  | 0,284 | 0,145 | 1,075 | 0,339 | 0,012 | 22,74           | 60,71            | 6,94             | 90,08                           |
| 6 | 1:1,4  | 12,040                                  | 0,192 | 0,389  | 0,266 | 0,137 | 1,009 | 0,318 | 0,011 | 23,15           | 61,39            | 8,36             | 90,10                           |
| 7 | 1:1,5  | 11,348                                  | 0,181 | 0,367  | 0,251 | 0,129 | 0,951 | 0,300 | 0,010 | 23,72           | 62,00            | 9,84             | 90,10                           |
| № | Zn:HCl | Химический состав твердой фазы, масс. % |       |        |       |       |       |       |       |                 |                  |                  |                                 |
|   |        | Si                                      |       | Zn     | Ca    | Fe    | Cu    | Cd    | Pb    | K               | Mo               | Cl <sup>-</sup>  |                                 |
| 1 | 1:0,8  | 27,903                                  |       | 25,979 | 0,030 | 0,061 | 0,042 | 0,021 | 0,157 | 0,050           | 0,0017           | 1,91             |                                 |
| 2 | 1:1,0  | 33,708                                  |       | 17,780 | 0,024 | 0,050 | 0,034 | 0,017 | 0,129 | 0,041           | 0,0014           | 1,80             |                                 |
| 3 | 1:1,1  | 37,241                                  |       | 12,765 | 0,022 | 0,045 | 0,031 | 0,016 | 0,118 | 0,037           | 0,0013           | 1,75             |                                 |
| 4 | 1:1,2  | 37,363                                  |       | 12,663 | 0,021 | 0,042 | 0,029 | 0,015 | 0,110 | 0,035           | 0,0012           | 1,63             |                                 |
| 5 | 1:1,3  | 37,464                                  |       | 12,558 | 0,020 | 0,040 | 0,027 | 0,014 | 0,103 | 0,032           | 0,0011           | 1,53             |                                 |
| 6 | 1:1,4  | 37,545                                  |       | 12,487 | 0,018 | 0,037 | 0,026 | 0,013 | 0,097 | 0,031           | 0,0011           | 1,44             |                                 |
| 7 | 1:1,5  | 37,607                                  |       | 12,441 | 0,017 | 0,035 | 0,024 | 0,012 | 0,092 | 0,029           | 0,0010           | 1,36             |                                 |

Оптимальными условиями процесса очистки жидкой фазы является стехиометрическое соотношение  $\text{Fe}:\text{Ca}(\text{ClO})_2 / \text{HCl}:\text{CaO}=1:1,05 / 1:1,05$ . При этом степень очистки раствора от железа составляет 98,248%, а его содержание не превышает 0,0115%.

Для получения плавленого хлорида цинка очищенные растворы выпаривали в при высоких температурах. Температура раствора, по мере повышения концентрации, поднимается. Процесс упарки сопровождается загустеванием массы при 190–280°C вследствие выделения твердой фазы; при дальнейшем подъеме температуры масса вновь становится жидкой. При подъеме температуры до 310–340°C получен продукт, содержащий ~1,2% воды. Без применения вакуума удалить всю воду невозможно, так как для этого необходимо поднять температуру выше 400°C, что сопровождается значительным гидролизом  $\text{ZnCl}_2$ . Гидролиз имеет место и при менее высоких температурах; для его уменьшения в процессе выпаривания в раствор добавляли немного соляной кислоты.

В связи с трудностью полного удаления воды и увеличением расхода топлива на последней стадии обезвоживания выпарку заканчивали при сравнительно низкой температуре (220–250°C). При этом в готовом плаве остается 9–12% воды. Ввиду того, что жидкая фаза после очистки от железа содержит повышенное содержание кальция, очистку от кальция проводили введением в растворы гидроксид цинка. В таблице 5 приведены результаты влияния соотношения  $\text{CaO}:\text{Zn}(\text{OH})_2$  на химический состав жидкой и твердой фаз. Повышение соотношения  $\text{Zn}(\text{OH})_2:\text{CaO}$  с 0,8:1 до 1,5:1 повышает содержание цинка с 18,880% до 19,096%, снижению содержания хлора с 22,671% до 21,652%. Содержание примесей сохраняется практически на одном уровне. Степень удаления железа повышается с 79,990% до 99,836%.

Изучено влияние Т:Ж на процесс получения хлористого цинка при соотношении  $\text{Zn}:\text{HCl}=1:1,1$ , температуре 80°C и продолжительности процесса 10 часов. В таблице 3.10 приведены полученные данные.

С повышением Ж:Т с 0,8:1 до 2,5:1 содержание цинка увеличивается с 7,062% до 10,989%, кальция с 32,82% до 51,010%, хлора с 1,855% до 2,887%. Начиная с соотношения 1,7:1 в составе твердой фазы обнаружены тысячные доли процента железа, а остальных компонентов содержание еще меньше.

Состав жидкой фазы с повышением соотношения Ж:Т с 0,8:1 до 2,5:1 изменяется более существенно. Так содержание цинка увеличивается с 12,688% до 19,742%, хлора с 14,387% до 22,385%, содержание остальных компонентов не превышает сотых долей процента. Оптимальными условиями получения раствора хлористого цинка является соотношение Т:Ж=1:2. При этом раствор содержит 19,74% цинка и 22,384% хлора, что соответствует концентрации хлористого цинка 41,30%. С увеличением продолжительности разложения цинкового концентрата соляной кислотой с 2 часов до 14 часов способствует повышению содержания в твердой фазе цинка с 1,831% до 10,989%, кальция с 8,46% до 51,010%, железа с 0,0002% до 0,0014%. Содержание остальных компонентов не превышает тысячные доли процента. При этом содержание хлора повышается с 0,481 до 2,887%.



Таблица 4

**Влияние соотношения  $\text{Fe}:\text{Ca}(\text{ClO})_2 / \text{HCl}:\text{CaO}$  и предварительной прокалки концентрата на химический состав жидкой фазы**

| № | Соотношение<br>$\text{Fe}:\text{Ca}(\text{ClO})_2 /$<br>$\text{HCl}:\text{CaO}$ | Химический состав жидкой фазы, масс. % |       |        |         |         |         |         |               |                      | Свободный<br>$\text{HCl}$ , % | Степень<br>удаления $\text{Fe}$ из<br>раствора, % |
|---|---|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------------|----------------------|-------------------------------|---|
|   |   | Zn                                     | Ca    | Fe     | Cu      | Cd      | Pb      | K       | $\text{Cl}^-$ | $\text{H}_2\text{O}$ |                               |   |
| 1 | 1:0,0<br>1:0,0  | 15,346                                 | 0,072 | 0,687  | 0,0008  | 0,0004  | 0,0007  | 0,0004  | 23,272        | 61,527               | 5,662                         | 0   |
| 2 | 1:0,8<br>1:0,8  | 14,811                                 | 2,844 | 0,0170 | 0,00077 | 0,00039 | 0,00067 | 0,00039 | 23,133        | 60,253               | 1,092                         | 97,429  |
| 3 | 1:1,0<br>1:1,0  | 14,640                                 | 3,497 | 0,0123 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,032        | 59,822               | 0                             | 98,117  |
| 4 | 1:1,05<br>1:1,05  | 14,638                                 | 3,519 | 0,0115 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,070        | 59,746               | 0                             | 98,248  |
| 5 | 1:1,1<br>1:1,1  | 14,635                                 | 3,542 | 0,0115 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,108        | 59,669               | 0                             | 98,250  |
| 6 | 1:1,2<br>1:1,2  | 14,630                                 | 3,588 | 0,0115 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,183        | 59,516               | 0                             | 98,250  |
| 7 | 1:1,3<br>1:1,3  | 14,625                                 | 3,633 | 0,0114 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,258        | 59,362               | 0                             | 98,255  |
| 8 | 1:1,4<br>1:1,4  | 14,620                                 | 3,679 | 0,0114 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,333        | 59,209               | 0                             | 98,257  |
| 9 | 1:1,5<br>1:1,5  | 14,615                                 | 3,724 | 0,0114 | 0,00076 | 0,00038 | 0,00067 | 0,00038 | 23,408        | 59,056               | 0                             | 98,257  |

Таблица 5

Влияние прокали концентрата и соотношения  $\text{CaO}:\text{Zn}(\text{OH})_2$  на химический состав жидкой и твердой фаз

| № | Соотношение<br>CaO:Zn(OH) <sub>2</sub> | Химический состав жидкой фазы, масс. %  |        |        |         |          |          |          |                 |                  | Степень удаления<br>Fe из раствора, % |
|---|--|---|--------|--------|---------|----------|----------|----------|-----------------|------------------|---------------------------------------|
|   |  | Zn                                      | Ca     | Fe     | Cu      | Cd       | Pb       | K        | Cl <sup>-</sup> | H <sub>2</sub> O |                                       |
| 0 | 00:00,0                                | 14,638                                  | 3,519  | 0,0115 | 0,00076 | 0,00038  | 0,00067  | 0,00038  | 23,070          | 59,746           | 0                                     |
| 1 | 1:0,8                                  | 18,880                                  | 0,692  | 0,0113 | 0,00075 | 0,00037  | 0,00066  | 0,00037  | 22,671          | 58,713           | 79,990                                |
| 2 | 1:1                                    | 19,909                                  | 0,006  | 0,0113 | 0,00074 | 0,00037  | 0,00066  | 0,00037  | 22,574          | 58,462           | 99,823                                |
| 3 | 1:1,1                                  | 19,741                                  | 0,006  | 0,0112 | 0,00074 | 0,00037  | 0,00065  | 0,00037  | 22,384          | 57,968           | 99,833                                |
| 4 | 1:1,2                                  | 19,576                                  | 0,006  | 0,0111 | 0,00073 | 0,00037  | 0,00064  | 0,00037  | 22,196          | 57,483           | 99,834                                |
| 5 | 1:1,3                                  | 19,413                                  | 0,006  | 0,0110 | 0,00073 | 0,00036  | 0,00064  | 0,00036  | 22,012          | 57,005           | 99,835                                |
| 6 | 1:1,4                                  | 19,253                                  | 0,005  | 0,0109 | 0,00072 | 0,00036  | 0,00063  | 0,00036  | 21,830          | 56,535           | 99,836                                |
| 7 | 1:1,5                                  | 19,096                                  | 0,005  | 0,0108 | 0,00071 | 0,00036  | 0,00063  | 0,00036  | 21,652          | 56,073           | 99,836                                |
| № | Соотношение<br>CaO:Zn(OH) <sub>2</sub> | Химический состав твердой фазы, масс. % |        |        |         |          |          |          |                 |                  |                                       |
|   |  | Zn                                      | Ca     | Fe     | Cu      | Cd       | Pb       | K        | Cl <sup>-</sup> |                  |                                       |
| 1 | 1:0,8                                  | 2,437                                   | 51,262 | 0,0015 | 0,0001  | 0,000048 | 0,000085 | 0,000048 | 2,926717        |                  |                                       |
| 2 | 1:1                                    | 2,716                                   | 51,036 | 0,0015 | 0,0001  | 0,000048 | 0,000085 | 0,000048 | 2,913309        |                  |                                       |
| 3 | 1:1,1                                  | 10,988                                  | 51,010 | 0,0014 | 0,0001  | 0,000048 | 0,000084 | 0,000048 | 2,886843        |                  |                                       |
| 4 | 1:1,2                                  | 19,256                                  | 50,979 | 0,0014 | 0,0001  | 0,000047 | 0,000083 | 0,000047 | 2,860860        |                  |                                       |
| 5 | 1:1,3                                  | 27,516                                  | 50,948 | 0,0014 | 0,0001  | 0,000047 | 0,000082 | 0,000047 | 2,835340        |                  |                                       |
| 6 | 1:1,4                                  | 35,765                                  | 50,918 | 0,0014 | 0,0001  | 0,000046 | 0,000082 | 0,000046 | 2,810271        |                  |                                       |
| 7 | 1:1,5                                  | 44,007                                  | 50,888 | 0,0014 | 0,0001  | 0,000046 | 0,000081 | 0,000046 | 2,785643        |                  |                                       |

Состав жидкой фазы изменяется аналогично составу твердой фазы и содержания всех компонентов повышается. Содержания цинка увеличивается с 3,290% до 19,742%, хлора с 3,730% до 22,385%, содержание железа не превышает 0,0112%, остальных компонентов в растворе менее тысячных долей процента.

Оптимальной продолжительностью процесса получения раствора хлористого цинка из прокаленного концентрата является время 10 часов, при котором достигает максимальное извлечение цинка из концентрата. При этом содержание цинка достигает в растворе 19,741%, что соответствует содержанию 41,31% хлористого цинка. С увеличением температуры разложения цинкового концентрата соляной кислотой с 10°C до 90°C способствует повышению содержания в твердой фазе цинка с 1,457% до 11,066%, кальция с 6,80% до 51,41%, железа с 0,0002% до 0,0014%. Содержание остальных компонентов не превышает тысячные доли процента. При этом содержание хлора повышается с 0,382 до 2,907%.

Состав жидкой фазы изменяется аналогично составу твердой фазы и содержания всех компонентов повышается. Содержания цинка увеличивается с 2,617% до 19,882%, хлора с 2,967% до 22,544%, содержание железа не превышает 0,0113%, остальных компонентов в растворе менее тысячных долей процента. Оптимальной температурой получения хлористого цинка из концентрата является 80°C. При проведении процесса при этой температуре содержание цинка в растворе достигает 19,741% как и в случае процессов при оптимальных Т:Ж и продолжительности процесса.

Определение вязкости и плотности пульп проводили при температурах от 20 до 80°C и соотношениях Zn:HCl от 1:0,6 до 1:2,0. Согласно полученными результатами исследований выведены эмпирические уравнения с корреляционным коэффициентом ( $R^2$ ). Соответствующие коэффициенты находятся в пределах 0,9269 и 1,000, указывают, что экспериментальные данные хорошо согласуются с установленными значениями.

С увеличением количества соляной кислоты и повышением температуры плотности растворов снижаются. Так, при 20°C плотность пульпы при соотношении Zn:HCl=1:0,6 составляет 1,698 г/см<sup>3</sup>, а при Zn:HCl=1:2,0 – 1,476 г/см<sup>3</sup>, тогда как, при одном и том же соотношении Zn:HCl повышение температуры приводит к снижению значений плотности пульп. Например, при соотношении 1:1,1 и температуре от 20 до 80°C значения плотности изменяются от 1,676 до 1,651 г/см<sup>3</sup>.

Аналогичная картина наблюдается при изучении вязкости. Вязкость пульпы при 20°C снижается с 8,45 мПа·с при соотношении Zn:HCl=1:0,6 до 7,70 мПа·с при соотношении Zn:HCl=1:2,0. Кроме того, при постоянном соотношении Zn:HCl и повышении температуры способствует снижению вязкости от 8,45 до 3,58 и от 7,70 до 3,02 мПа·с, соответственно при 20 и 80°C. Все пульпы обладают хорошими реологическими свойствами.

Плотности фильтрата с увеличением времени конверсии и повышением температуры с 20 до 80°C снижаются с 1,780 до 1,762 г/см<sup>3</sup> и с 1,780 до 1,670 г/см<sup>3</sup>, при увеличении времени взаимодействия до 12 часов.

Аналогично, вязкости растворов снижаются с 8,59 мПа·с до 3,45 и с 8,59 до 8,27 мПа·с, соответственно, с повышением температуры с 20 до 80°C и увеличением времени конверсии.

Изучены плотности и вязкости растворов хлорида цинка в процессе выпарки насыщенных растворов.

Увеличение количества упаренной воды при постоянной температуре, наоборот, повышает значения плотности при всех изученных температурах. Например, при температурах от 20 до 80°C, плотность увеличивается с 1,350 до 1,466 г/см<sup>3</sup> и с 1,327 до 1,403 г/см<sup>3</sup>.

Аналогично, вязкости растворов снижаются с 3,82 до 1,42 мПа·с и увеличиваются до 4,75 мПа·с, соответственно, с повышением температуры с 20 до 80°C и количества упаренной воды.

В четвертой главе диссертации **«Исследование технологических показателей процесса переработки цинкового концентрата на хлористый цинк»** приведены результаты исследований по переработке цинкового концентрата на хлористый цинк.

Одной из лимитирующих стадий процесса конверсии при получении хлористого цинка является разделение фаз. В связи с этим были проведены исследования по определению скорости их отстаивания и фильтрации.

Полученные данные указывают на хорошее разделение суспензий, образующихся в процессе получения хлористого цинка. Как видно, при выдержке суспензию в течение 200 мин наблюдается интенсивное выпадение осадков, но при дальнейшем хранении степень осветления пульпы слегка продолжает увеличиваться. Так, степень осветления суспензии на основе цинкового концентрата и соляной кислоты через 30 минут достигает 9,7 %, при максимальной степени осветления 47,47 %.

Скорость осветления суспензии на стадии получения хлористого цинка происходит медленно. Но проделанные эксперименты показывают, что полученные продукты однородные, не содержат посторонних примесей и очень хорошо сгущаются.

Данные по скорости фильтрации показали, что суспензия независимо от степени разряжения и температуры фильтруются хорошо. Скорость фильтрации для суспензии составляет 143,04–176,15 кг/м<sup>2</sup>·ч при разряжении 300 мм рт. ст.

Увеличение разряжения и температуры процесса фильтрации приводит к повышению скорости фильтрации по пульпе, фильтрату и твердой фазе.

Увеличение высоты осадка на фильтре до 15 мм приводит к снижению скорости фильтрации до 98,47 – 116,99 кг/м<sup>2</sup>·ч по пульпе.

С целью установления физико-химических свойств готового продукта проведены исследования химического состава хлористого цинка полученного из концентрата Хандиза.

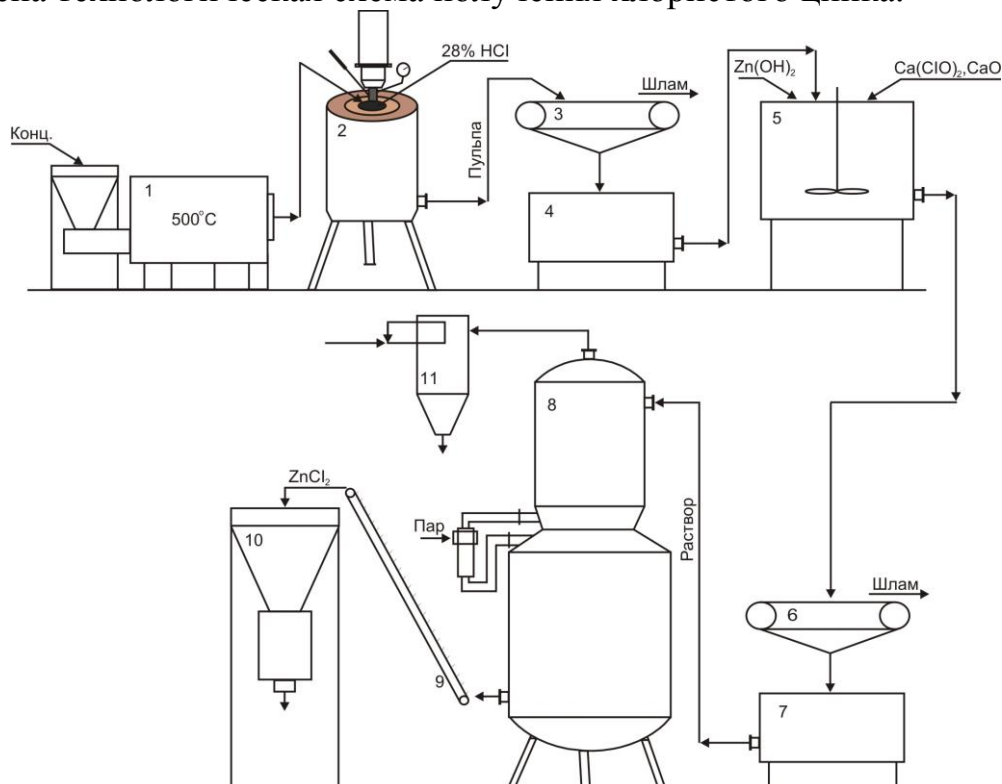
На рентгенограмме хлористого цинка имеются дифференциальные максимумы, относящиеся к безводному и одноводному хлористому цинку.

На ИК-спектрах имеются полосы поглощения 2160,27; 186,96; 624,94 см<sup>-1</sup>, относящиеся к комплексам групп  $ZnCl_2 \cdot L_2$ . Полосы имеют уширенную структуру, вследствие межмолекулярных взаимодействий в кристаллической структуре минерального объекта.

Данные плазмаатомэмиссионного анализа хлористого цинка, полученного из цинкового концентрата месторождения Хандиза указывают на высокое содержание хлористого цинка и низкое содержание примесей силикатов, алюминия, железа, меди и т.д.

Данные плазмаатомэмиссионного анализа хлористого цинка подтверждают данные рентгеновского и ИК-спектрального анализа.

Полученные в лабораторных условиях результаты послужили основой для разработки технологической схемы получения хлористого цинка из цинксоодержащего концентрата месторождения Хандиза, а также расчета материальных потоков и составления материального баланса. На рисунке приведена технологическая схема получения хлористого цинка.



**Рис. Технологическая схема опытной установки по переработке цинковых концентратов на технический хлористый цинк**

1 – печь прокаливания, 2 – автоклавный реактор, 3, 6 – фильтры, 4, 7 – емкости, 5 – емкость смеситель, 8 – вакуум-выпарной аппарат с кристаллизатором, 9 – транспортер, 10 – упаковочная установка, 11 – дистиллятор.

Сущность технологии заключается в кислотном разложении цинксоодержащих концентратов раствором соляной кислоты, с последующим отделением твердой фазы, получении раствора хлористого цинка, очистки

раствора от примесей, и дальнейшим выпариванием жидкой фазы с получением солевого осадка хлористого цинка.

Процесс переработки цинкового концентрата на хлористый цинк состоит из следующих стадий:

- прокалка цинкового концентрата при 500 °С;
- солянокислотное разложение цинкового концентрата Хандизинского месторождения в автоклаве высокого давления при  $t = 80^{\circ}\text{C}$ ;
- разделение раствора хлористого цинка и очистка от сопутствующих примесей;
- выпарка очищенного раствора хлористого цинка с получением технического хлористого цинка;
- упаковка и хранение готового продукта.

Цинксодержащий концентрат подавали в автоклав, далее добавляли раствор хлорной кислоты. Реакция проходит в плотно закрытом автоклавном реакторе, выделяемый газ при разложении цинкового концентрата с хлорной кислотой создает высокое давление внутри реактора и одновременно повышает температуру внутри реактора. Реакцию проводили в течении 10 часов, после окончания реакцию пульпу из автоклава направляли в фильтровальную установку. После фильтрации, жидкую фазу подвергали очистке от сопутствующих примесей путем седиментации, далее путем выпарки отделяли хлористый цинк.

Полученный продукт характеризуется следующими показателями качества, масс. %:  $\text{ZnCl}_2$  – 98,27%; Ca – 0,0143%; Fe – 0,027%; Cu – 0,0018%; Cd – 0,0009%; Pb – 0,0015%; K – 0,00088%;  $\text{H}_2\text{O}$  – 1,623%. Образцы были переданы на АО «Автотракторрадиатор» для использования в производстве.

В период испытания получено 1000 кг хлористого цинка.

Как показали результаты испытаний технология переработки цинковых концентратов на хлористый цинк технология проста в технологическом отношении, не требует специального оборудования, энерго-, ресурс- и материалосберегающая.

Проведенные расчеты показали эффективность переработки цинксодержащего концентрата месторождения Хандиза на хлористый цинк. При организации производства 50 тыс. т технического хлористого цинка экономический эффект от реализации составит 266,5 млрд. сум.

## ВЫВОДЫ

1. Изучены процессы разложения цинксодержащего концентрата соляной кислотой, установлены оптимальные технологические параметры процесса: концентрация соляной кислоты 28%, стехиометрическая норма 1:1,1, температура 80°C, давление 17 Атм, продолжительность процесса 10 часов, здесь показано что, степень конверсии составляет более 90%.

2. Показаны, исследования по отделению примесей путём прокаливания концентрата показали, что находящиеся в сырье примеси соединений свинца,  $\text{SiO}_2$  и другие при растворении в соляной кислоте образовали осадки,

откладывающиеся на зернах растворяющегося материала, содержащего цинк, в виде непроницаемой корки. Предложен способ очистки от примесей с помощью предварительного обжига измельченных цинковых концентратов при 300–500°C.

3. Изучен процесс очистки жидкой фазы после разложения цинкового концентрата соляной кислотой. Показано, что полученные растворы, хлорида цинка подвергали очистке от железа, которую производят с помощью окислителей, не загрязняющих раствор значительным количеством продуктов окисления. В качестве окислителей применяли газообразный хлор, бертолетову соль и чаще всего наиболее дешевый реагент – кальций гипохлорид. Предложен процесс очистки железа из раствора с нейтрализацией кислотности, отстаивание нерастворимой мути песка и других примесей, декантация и фильтрация.

4. Изучено влияние высокого давления на степень разложения цинкового концентрата. Показано что, с повышением давления внутри автоклавного реактора степень конверсии повышается и достигает при 17 Атм. 90%.

5. Определены физико-химические свойства цинковой руды и концентрата месторождения Хандиза, а также разработана технология получения хлористого цинка переработкой цинкового концентрата. Разработанная технология получения хлористого цинка предложена для производства технического и химически чистого хлористого цинка на АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат», а также для очистки нефти и нефтепродуктов, а также применяется в практике как элемент обезвоживания и катализатор на АО «Шуртанское нефтгазодобывающее управление».

**ROSILOV MANTSUR SIRGIYEVICH**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING ZINC  
CHLORIDE BASED ON LOCAL RAW MATERIAL**

**02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials based on them**

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

**Termez – 2020**



**The title of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2018.4.PhD/T865.**

The dissertation has been prepared at the Tashkent Chemical Technological Institute.

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

**Research supervisors:** **Samadiy Murodjon Abdusalimzoda**  
Doctor of Philosophy on Technical Sciences (PhD)

**Official opponents:** **Shukurov Jamshid Sultonovich**  
Doctor of Technical Science, Leading Scientific employee  
**Shamaev Bakhodir Ergashevich**  
Candidate of Technical Science, Associate Professor

**Leading organization:** Namangan engineering technological institute

The defense of the dissertation will take place on «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 in \_\_\_\_\_ at the meeting of Scientific council PhD.03/30.12.2019.T.78.01 at the Termez State University: (Address: 190111, 43 Barkamol Avlod Street, Termez, Surkhandarya region. Phone: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz)).

The dissertation has been registered at the Informational Resource Centre of Termez State University at: under № \_\_\_\_\_ (Address: 190111, 43 Barkamol Avlod Street, Termez, Surkhandarya region. Phone: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz)).

The abstract of the dissertation has been distributed on «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 year  
Protocol at the register № \_\_\_\_\_ dated «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 year

**I.A.Umbarov**  
Chairman of the Scientific Council for  
awarding of the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences

**Sh.A.Kasimov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Philosophy on Chemical Sciences

**F.B.Eshqurbonov**  
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Chemical Sciences

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

**The aim of the research** is the development of technology for producing zinc chloride from zinc-containing ores of the Khandiza deposit.

**The objects of study** are zinc-containing ores of Khandiza deposit, hydrochloric acid solutions, technical and chemically pure zinc chloride.

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

for the first time, a technology was developed for the hydrochloric acid processing of the zinc-containing concentrate of the Khandiza deposit into zinc chloride using a high pressure autoclave;

the optimal technological parameters of the process of hydrochloric acid decomposition of zinc concentrate and purification of the resulting zinc chloride solutions were established;

for the first time, the possibility of reducing the effect of the resulting compounds of lead, silicon, and other impurities on the dissolution of the concentrate by preliminary oxidative roasting at a temperature of 300-500 °C was shown;

the physicochemical properties of the pulp obtained by hydrochloric acid decomposition of zinc concentrate are determined;

according to the developed technology, chemically pure zinc chloride was obtained from the zinc-containing concentrate of the Khandiza deposit.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results obtained on the development of technology for processing zinc concentrate from the Khandiza deposit into zinc chloride:

the method of processing zinc concentrate into zinc chloride is included in the list of promising, implemented developments of Almalyk Mining and Metallurgical Plant JSC (certificate of Almalyk Mining and Metallurgical Plant JSC No. 63-87 dated February 6, 2020). As a result, it becomes possible to process zinc concentrate into zinc chloride with a content of not less than 97.7% of the main substance;

the technology for producing zinc chloride by hydrochloric acid decomposition of zinc concentrate of the Khandiza deposit is included in the list of promising, ongoing developments of JSC Almalyk Mining and Metallurgical Combine (certificate of Almalyk Mining and Metallurgical Plant JSC No. 63-87 dated February 6, 2020). As a result, the possibility of obtaining hygroscopic zinc chloride purified from impurities was achieved.

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of introduction, four chapters, conclusion, list of used literature, applications. The thesis consists of 107 pages.

**Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати**  
**Список опубликованных работ**  
**List of publication**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Росилов М.С., Хидирова Ю.Х., Самадий М.А. Методы получения хлористого цинка // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. - 2018.-№2 (47).URL:<http://7universum.com/ru/tech/archive/item/5480>. (02.00.00, №1);
2. Rosilov M.S., Temirov G.B., Samadiy M.A. Physical and chemical characteristics of the zinc contents raw material of the Khandiza deposit // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – Austria, Vienna, March-April -2018. – № 3-4. -P. 57-62. (02.00.00, №2);
3. Росилов М.С., Махмаёров Ж.Б., Самадий М.А. Изучения степени осветления и фильтруемости суспензии при получении хлористого цинка // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. -2019. -№ 12(69). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/8459>. (02.00.00, №1);
4. Samadiy M.A., Rosilov M.S. Rheological properties of pulps and solutions of zinc chloride conversion process. The European Science Review. – Austria, Vienna, November-December -2019. – № 11-12. -P. 82-87.
5. Rosilov M.S., Tianlong Deng, Usmanov I.I., Samadiy M.A. Research of kinetic characteristics of the process of decomposition of zinc concentrate with hydrochloric acid // Chemistry and chemical engineering. – Tashkent, -2020. – № 1. – С. 48-51. (02.00.00, №3);
6. Росилов М.С., Усманов И.И., Самадий М.А. Исследование кинетических характеристик процесса разложения цинкового концентрата соляной кислотой // Научно-технический журнал Наманганского инженерно-технологического института, – Наманган, -2020. – № 1. – С. 148-154.

**II бўлим(II часть; II part)**

7. Росилов М.С., Бегимкулова Ш.А., Шералиева О.А., Самадий М.А. “Получение хлористого цинка из цинксодержащих сырьевых ресурсов”. «Кимё саноатида инновацион технологиялар ва уларни ривожлантириш истиқболлари»: Республика илмий-амалий анжумани. 1 жилд. 20-21 апрель 2017 йил. –Урганч, -2017. 220-221 б.
8. Росилов М.С., Рахимжанова Ш.С., Хонназарова М.Х., Самадий М.А. “Получение хлористого цинка в производственных условиях”. «Кимё саноатида инновацион технологиялар ва уларни ривожлантириш истиқболлари»: Республика илмий-амалий анжумани. 1 жилд. 20-21 апрель 2017 йил. –Урганч, -2017. 222-223 б.
9. Росилов М.С., Самадий М.А. “Способы получения хлористого цинка и его применения”. XI-Международная научно-техническая конференция.

Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса: Навои 14-16 июнь, -2017 г. 453 с.

10. Росилов М.С., Самадий М.А. Исследование вальцевания цинковых кеков, обеспечивающей повышение извлечения цинка в возгоны. XI-Международная научно-техническая конференция. Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса: - Навои 14-16 июнь, -2017 г. 421 с.

11. Росилов М.С., Махмаёров Ж.Б., Шакаров Т.И., Самадий М.А. “Физико-химические характеристики цинксодержащего концентрата месторождения Хандиза”. European multi scientific journal. – Венгрия, -2018. - № 14. – С. 40-43.

12. Росилов М.С., Махмаёров Ж.Б., Самадий М.А. “Физико-химические характеристики цинксодержащей руды месторождения Хандиза”. Science Time. Материалы международных научно-практических мероприятий общества Науки и Творчества за апрель 2018 года. Казан. Science Time. - 2018. - № 4(52) -С. 100-104.



Автореферат Ўзбекистон кимё журнали тахририятида  
тахрирдан ўтказилди

Босишга рухсат этилди: 03.07.2020  
Бичими 60x84 1/16. Times New Roman  
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табоғи 2,95. Адади: 100. Буюртма: № 74

EZOZA-PRINT босмахонасида чоп этилди.  
Термиз ш., И.Каримов кўчаси, 64.



