

**ВАЗОРАТИ САНОАТ ВА ТЕХНОЛОГИЯҶОИ НАВИ  
ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН  
ДОНИШКАДАИ КЌҲИЮ МЕТАЛЛУРГИИ ТОҶИКИСТОН**

*Ба ҳуқуқи дастнавис*

ТДУ 628.31:628.316.12



**БОҚИЗОДА ДОМУЛЛО ЗАФАРҶОН**

**ТОЗАКУНИИ ОБҶОИ ШОРАНДАИ ИСТЕҶСОЛОТИ МАСОЛЕҶИ  
МАҶКАМКУНИ АЗ МЕТАЛЛҶОИ ВАЗНИН  
(ДАР МИСОЛИ ҶДММ «ТОҶФИЛИЗ»)**

***А В Т О Р Е Ф Е Р А Т И***

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҶои техникӣ  
аз рӯйи ихтисоси

25.00.27 – Гидрологияи хушкӣ, захираҶои обӣ, гидрохимия

Душанбе – 2022

Кор дар озмоишгоҳи таҳлили оби Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон иҷро гардидааст.

**Роҳбарони илмӣ:** **Ҳоҷиев Саидмуқбил Қосимович**  
номзади илмҳои техникӣ, дотсент, мудири кафедраи  
фанҳои табиӣ-илмӣи Донишкадаи кӯҳию металлургии  
Тоҷикистон

**Муқарризи расмӣ:** - Назаров Шамс Бароталиевич, доктори илмҳои  
химия, Сарҳодими илмӣи Озмоишгоҳи коркарди  
комплексии маъданҳо ва партовҳои саноатии  
Институти химияи АМИ Тоҷикистон

- Боқиев Боқӣ Раҳимович, номзади илмҳои техникӣ,  
дотсенти кафедраи системаҳои таъмини об, газугармӣ  
ва ҳавотозакунӣ

**Муассисаи пешбар:** МДТ «Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик  
Б. Ғафуров»

Ҳимояи диссертатсия «12» январи соли 2023, соати 11<sup>00</sup> дар ҷаласаи  
Шӯрои диссертатсионӣи 6D.KOA-059 назди Институти масъалаҳои об,  
гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон  
баргузор мегардад. Суроға: 734042, Тоҷикистон, ш. Душанбе, к. Айни, 14А.

Бо матни пурраи диссертатсия метавонед дар китобхонаи илмӣ ва  
сомонаи интернетии [www.imoge.tj](http://www.imoge.tj) Институти масъалаҳои об,  
гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон шинос  
шавед.

Автореферат санаи « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ соли 2022 тавзеъ шудааст.

**Котиби илмӣ**  
**Шӯрои диссертатсионӣ,**  
**номзади илмҳои техникӣ**



**Кодиров А.С.**

## **МУҚАДДИМА**

**Мубрамияти таҳқиқот.** Аксари коршиносон бар ин назаранд, ки истехсолоти галванӣ пешқадамтарин соҳа буда, ба муҳити зист қариб ҳеч таъсири манфие надорад. Аммо дар натиҷаи ғаъолияти чунин истехсолот обҳои шоранда ба вучуд меоянд, ки таъсири манфии онҳо ба муҳити зист, баръакс, махсусан дар ҳолати омехта шудани ин обҳо бо обҳои зеризаминӣ ва рӯйизаминӣ хеле зиёд аст. Таркиби оби шорандаи истехсолоти галванӣ ҳам туршӣ ва ҳам ишқорӣ буда, миқдори зиёди металлҳои вазнин дорад.

Технологияҳои галваникӣ, аз ҷумла рӯйпушкунӣ, барои муҳофизат кардани масолеҳи маҳкамкунӣ аз зангзанӣ истифода мешавад. Бояд қайд намуд, ки ин технологияҳо миқдори зиёди маводи кимиёвӣ ва оби тозаро талаб мекунанд. Илова бар ин, масолеҳҳои маҳкамкунӣ бояд пас аз рӯйпушкунӣ шуста шаванд, ки оби шорандаи иловагӣ эҷод мекунад. Аз ин рӯ гуфтан мумкин аст, ки истехсолоти галванӣ яке аз истеъмолкунандагони асосии об барои эҳтиёҷоти саноатӣ мебошад. Ба ин навъи корхона ҶДММ «Тоҷфилиз» шомил аст, ки беш аз 200 намуди масолеҳи маҳкамкунӣ, аз ҷумла, меҳи педдор ва меҳ истехсол мекунад.

Дар алоқамандӣ бо ин масъалаи муҳими экологӣ тоза кардани маҳлули коркардшудаи истехсолоти масолеҳи мустаҳкамкунии ҶДММ «Тоҷфилиз» ба миён меояд. Барои ҳалли ин масъала усулҳои химиявӣ ва коагулясионӣ ба қор бурда шуданд. Технологияи коркарди обҳои шоранда бо истифода аз чунин усулҳои муосир дар бехатарии экологии ҷумҳуриамон ва дигар кишварҳо нақши муҳим мебозад, ки ин аҳамияти қори моро муайян мекунад.

**Дарачаи омӯхташавии муаммои илмӣ, асосҳои назариявӣ ва методологии таҳқиқот.** Маҳлулҳои коркардшудаи истехсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ бе тозакунии пешакӣ ба қорез партофта мешаванд. Натиҷаҳои таҷрибавии таҳлили таркиби физикию химиявии маҳлули коркардшудаи қорхонаи дар боло зикр гардида нишон медиҳанд, ки он бояд аз моддаҳои муаллақ, руҳ, оҳану мис, инчунин аз дигар ифлоскунандаҳо тоза карда шавад. Технологияи тозакунии маҳлул бо усулҳои химиявӣ ва коагулясионӣ қомилан ба параметрҳои физикию химиявии як манбаи муайян вобаста аст, ки омӯзиши он барои маҳлулҳои истехсолоти масолеҳи маҳкамкунии ҶДММ «Тоҷфилиз» қаблан аз қониби қасе анҷом дода нашудааст. Бо назардошти ин далел, қори рисолае, ки муаллиф анҷом додааст, мубрам ва ба мақсад мувофиқ аст. Гузаронидани ин таҳқиқотҳо бо истифода аз таҷҳизотҳои ҳозиразамони хеле дақиқ имконият дод, ки раванди тоза кардани моддаҳои ифлоскунандаро назорат кунем.

## **ТАВСИФИ УМУМИИ ҚОР**

**Мақсади таҳқиқот:** таҳияи технологияи тоза кардани маҳлули коркардшудаи истехсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ аз ионҳои руҳ, оҳан ва мис бо усулҳои физикию химиявӣ ҳангоми истифодабарии реагентҳои гуногуни химиявӣ ва баланд бардоштани бехатарии экологии муҳити зист.

**Масъалаҳои таҳқиқот:**

- муайян кардани характеристикаҳои муфассали физикию химиявӣ маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ бо усулҳои гуногун;

- таҳқиқи раванди беоҳангардонии маҳлули коркардшуда бо истифода аз пероксида гидроген;

- таҳқиқи тағйирёбии тирагии маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ пеш ва баъд аз тоза кардан;

- таҳқиқи раванди бо усули химиявӣ тоза кардани маҳлули коркардшуда бо мақсади тоза кардани ионҳои металлҳои вазнин (аз ҷумла, рух, оҳан ва мис), бо истифода аз оксиди калсий, гидроксиди натрий ва карбонати натрий ҳамчун тақшонкунанда;

- таҳқиқи раванди аз ионҳои рух, оҳан ва мис тоза кардани маҳлули коркардшуда бо усули коагулятсионӣ, ки дар он ба сифати коагулянт сулфати алюминии севалента истифода бурда мешавад;

- таҳқиқ ва мусоидкунии омилҳои, ки ба раванди тақшиншавии гидроксиди металлҳо таъсир мерасонанд ва коагулятсиякунии маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ;

- тартиб додани нақшаҳои асосии технологияи раванди тоза кардани маҳлули коркардшуда аз ионҳои рух, оҳан ва мис бо усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ.

**Объекти таҳқиқот:** маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунии ЧДММ «Точфилиз».

**Предмети таҳқиқот:** раванди тоза кардани маҳлули коркардшуда аз ионҳои рух, оҳан, мис ва моддаҳои муаллақ бо усулҳои физикию химиявӣ дар вақти истифодабарии реагентҳои химиявӣ.

#### **Навгони илмӣ таҳқиқот дар бандҳои зерин зохир мегарданд:**

- таҳқиқи таркиби физикию химиявӣ маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ;

- таҳқиқи раванди беоҳангардонии маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ;

- таҳқиқи вобастагии дараҷаи тозакунии маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис хангоми параметрҳои гуногун;

- таҳқиқи тағйирёбии электроноқилияти хос, дараҷаи шӯрӣ ва TDS-и маҳлул дар вақти истифодабарии усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ;

- таҳқиқи таъсири pH-и муҳит ба раванди тоза кардани маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис бо усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ;

- таҳқиқи таъсири ҳарорат ба раванди аз рух, оҳан ва мис тоза кардани маҳлули коркардшуда бо усули коагулятсионӣ;

- таҳқиқи вобастагии тирагии маҳлул аз омилҳои раванди тозакунии маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис дар вақти истифодабарии усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ;

- тартиб додани нақшаҳои нави асосии технологияи раванди тоза кардани маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис дар вақти истифодабарии усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ.

**Арзиши назариявии таҳқиқот.** Дар қор ҷанбаҳои назариявии раванди тақшиншавии металлҳои вазнин бо усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ бо истифода аз коагулянтҳо ва флокулянтҳои гуногун пешниҳод карда шудааст. Ҳамчунин нақши омилҳои, ки ба интенсификатсия онҳо таъсир мерасонанд, низ тавсиф дода шудаанд.

**Арзиши амалии таҳқиқот.** Дар айни замон захираи об манбаи асосии тараққиёти ҳар як қорхона мебошад. Аз ин нуқтаи назар, ҳифзи чунин сарчашмаҳо дар мадди аввал меистад. Аз ин рӯ, барои ифлос нашудани манбаҳои оби тоза, бояд маҳлули коркардшударо пеш аз ба объектҳои обӣ ё қорез партофтани ба андозаи зарурӣ тоза кардан лозим аст. Бо ин роҳ, бехатарии муҳити зист таъмин карда мешавад. Дар баробари ин, натиҷаҳои таҷрибавии ба даст овардашуда, ки дар қори диссертатсионӣ оварда шудаанд, назаррас ва аз ҷиҳати иқтисодӣ имконпазир буда (бо ҳисобҳои арзиши гузаронидани қорҳои тозакунии тасдиқ карда шудаанд), ба таъмини саломатии аҳоли ва бехтар намудани бехатарии экологии минтақа нигаронида шудаанд.

Қорҳои асосии таҳқиқотӣ дар озмоишгоҳи таҳлили оби Донишқадаи ҷумҳурии металлургии Тоҷикистон гузаронида шуданд. Натиҷаҳои таҳқиқотии ба дастмадаро дар тайёр кардани бакалаврон ва магистрҳо барои ихтисосҳои 330101-05 «Ҳимояи муҳандисии муҳити атроф» ва 570101-03 «Мониторинги ҳолати муҳити атроф» дар кафедраҳои экология, обтаъминкунӣ ва обпартоии МОТ-и гуногун истифода бурдан мумкин аст.

**Усулҳои таҳқиқот:** назорати раванди тақшинкунии ва коагулятсияи ионҳои металлҳо бо усули титриметрия, спектрометрияи атомӣ-абсорбсионӣ ва турбидиметрия (пеш ва баъд аз тоза кардан) ҳангоми ба амал омадани реаксияи химиявӣ дар маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ.

**Соҳаи таҳқиқот:** гидрологияи хушкӣ, захираҳои обӣ ва гидрохимияи Тоҷикистони Шимолӣ.

**Марҳилаҳои таҳқиқот:** таҳқиқи тағйироти параметрҳои физикии химиявӣ маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ вобаста ба омилҳои таъсиррасон. Дар асоси натиҷаҳои ба даст овардашуда гузаронидани интиҳоби технологияи аз ионҳои рух, оҳан ва мис тоза кардани маҳлули коркардшуда.

**Саҳеҳияти натиҷаҳои диссертатсия.** Барои таъмини эътимоднокии маълумоти таҷрибавӣ ҳангоми таҳқиқот асбобҳои замонавӣ истифода шуданд, ки барои ҳар як элементи муайяншуда бо истифодаи маҳлулҳои сертификатдор калибровка карда ва санҷида шуданд. Инчунин барои гузаронидани таҷрибаҳои оид ба тоза кардани маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис танҳо реагентҳои химиявӣ расман тасдиқшуда, аз ҷумла оксиди калсий, гидроксиди натрий, карбонати натрий ва сульфати алюминий

истифода шуданд. Натиҷаҳои кори диссертатсионӣ дар санади татбиқ, ки онро директори генералии ҶДММ «Точфилиз» тасдиқ кардааст, инъикос ёфтаанд.

**Замини асосии иттилоотӣ ва таҷрибавӣ:**

- мултиметри Waterproof Handheld PCD 650 ва YSI 556 MPS (Multi-Probe System);
- тарозуи аналитикии Selon FA224;
- турбидиметри навъи Hanna Instruments (HI 98703);
- спектрометри атомӣ-абсорбсионии навъи AAnalyst 800 бо атомизатсиякунаки шуълавар (Perkin Elmer);
- флокулятори навъи Flocculator 2000 (Kemira, Helsingborg).

**Муқаррароте, ки ба ҳимоя пешниҳод карда мешаванд:**

- асоснок кардани самараи тоза кардани маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис бо усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ бо ёрии реактивҳои гуногун;

- натиҷаҳои таҳқиқоти таъсири вояи сульфати алюминий, вояи полиакриламид, рН-и муҳит, вақти омехтакунии микдори тиракунанда ва ҳарорати раванди коагулятсияи маҳлули коркардшуда ба самаранокии тоза кардани рух, оҳан ва мис;

- натиҷаҳои таҳқиқот оид ба таъсири вояи сульфати алюминий, рН-и муҳит, вақти омехтакунии ва микдори тиракунанда ба пастшавии қиматҳои параметрҳои физикию химиявӣ, аз ҷумла, электронокилияти хос, дараҷаи шӯрӣ, TDS ва тирагии маҳлули тозашуда;

- тавсияҳо оид ба тоза кардани маҳлули коркардшуда бо мақсади истифодаи минбаъдаи он барои тайёр кардани маҳлули ибтидоии электролит, инчунин таъмини беҳатарии экологии объектҳои обӣ.

**Мувофиқати диссертатсия бо паспорти илмӣ ихтисос.** Кори диссертатсионӣ бо паспорти илмӣ ихтисоси 25.00.27 – гидрологияи хушкӣ, захираҳои обӣ ва гидрохимия мувофиқат менамояд (бо бандҳои зерин ва бо забони русӣ оварда мешаванд).

1. Теоретические и методологические основы гидрологии, гидрографии, речного стока, лимнологии, русловых и устьевых процессов, гидрохимии, гидроэкологии.

5. Проблемы взаимодействия поверхностных и подземных вод, научные основы совместного использования подземных и поверхностных вод, особенности влияния подземных вод на гидрохимические характеристики рек.

9. Разработка теории и методологии гидроэкологии, изучения водных экосистем, теории взаимодействия абиотических и биотических компонентов этих систем, методов оценки экологически значимых гидрологических и гидрохимических характеристик.

10. Разработка научных основ обеспечения гидроэкологической безопасности территорий и хозяйственных объектов, экономически

эффeктивнoгo и эколoгичeски бeзoпaснoгo вoдoпoльзoвaния и вoдoпoтрeблeния, плaнирoвaния хoязйствeннoй дeятeльнoсти в oблaстx пoвышeннoгo рискa oпaснoх гидрoлoгичeских прoцeссoв, зaщиты вoднoх oбъeктoв oт истoщeния, зaгрязнeния, дeгрaдaции, oптимaльнoх услoвий сущeствoвaния вoднoх и нaзeмнoх экoсистeм.

**Саҳми шахси муаллиф** дар таҳлили адабиёти илмӣ, гузоштани масъала барои кори рисолаи илмӣ, дарёфти усулҳои ҳалли онҳо, гузаронидани корҳои таҷрибавӣ, таҳлил, коркард ва ҷамъбасти натиҷаҳои бадастомада, таҳияи хулоса ва муқаррароти рисола иборат аст.

**Интишороти диссертатсия ва иттилоъ нисбати истифодабарии натиҷаҳо.** Натиҷаҳои ин кор дар конференсияҳои байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ мавриди баррасӣ қарор гирифтанд: дар конференсияи ҷумҳуриявии илмию амалӣ - «Қадамҳои устувор дар роҳи рушди саноати миллӣ», бахшида ба 15-солагии Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон, 24 апрели соли 2021; дар конфронси илмӣ-амалӣ - «Саҳми АМ ҶТ дар самтҳои стратегии рушди Тоҷикистон», Душанбе, 15 октябри 2021; дар конфронси ҷумҳуриявии илмию амалӣ - хонишҳои XVI-Нумонов «Комебиҳои илми кимиё дар 30 соли Истиклолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон», бахшида ба 75-солагии Институти химияи ба номи В.И. Никитинаи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон ва 40-солагии озмоишгоҳи «Материалҳои ба занганӣ тобовар», 27 октябри соли 2021; дар конфронси ҷумҳуриявии илмию амалӣ - «Саноати кӯҳӣ ва металлургӣ яке аз асосҳои индустрикунонии босуръати кишвар аст», бахшида ба 30 солагии Истиклолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон, Бӯстон, 30 октябри соли 2021; дар Конфронси X-уми байналмиллалӣ илмӣ-амалии интернетии довталабон барои таҳсилоти оӣ ва олимони ҷавон – «Химия ва технологияҳои муосир», Днепр, Украина, 23-24 ноябри соли 2021.

**Интишороти натиҷаҳои диссертатсия.** Дар самти натиҷаҳои диссертатсия 7 мақолаи илмӣ дар маҷаллаҳои аз ҷониби КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия дода шуда ва 6 мақолаи илмӣ дар маҷмӯи маводҳои конференсияҳо ба таъб расидаанд. Ба ихтироъ нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта шудааст.

**Ҳаҷм ва сохтори диссертатсия.** Кори диссертатсионӣ аз муқаддима, шарҳи адабиёт, қисмҳои методӣ ва таҷрибавӣ, муҳокимаи натиҷаҳо, хулосаҳо, рӯйхати адабиёти истифодашуда ва замима иборат аст. Рисола дар 118 саҳифаи матни компютерӣ пешниҳод шуда, аз 11 ҷадвал ва 34 расм иборат аст. Рӯйхати адабиёти истифодашуда 107 номгӯро ташкил медиҳад.

## МАЗМУНИ АСОСИИ КОР

**Муқаддима** аҳамияти мавзӯро асоснок мекунад, ҳадаф ва вазифаҳои кори рисоларо ифода намуда, аҳамияти илмӣ ва амалии онро инъикос мекунад.

**Дар боби якуми** рисола таҳлили маълумоти адабиёт оид ба асосҳои технологияи тоза кардани обҳои шоранда аз металлҳои вазнин оварда шудааст. Хангоми интихоби технологияи тоза кардани оби шоранда аз металлҳои вазнин таркиби оби ибтидоӣ аҳамияти калон дорад. Боб бо баёни вазифаҳо ба охир мерасад.

**Дар боби дуюм** ҷойгиршавӣ ва хусусиятҳои объекти таҳқиқшаванда ва натиҷаҳои таҳқиқи параметрҳои физикию химиявӣ, атомӣ-абсорбсионӣ, титриметрӣ ва турбидиметрии обҳои шорандаи (маҳлули коркардшудаи) истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунии ҚДММ «Тоҷфилиз» пешниҳод ва муҳокима карда шудаанд. Инчунин, натиҷаҳои таҳқиқи таркиби химиявии тиракунандаи истифодашуда нишон дода шудаанд.

**Дар боби сеюм** натиҷаҳои таҳқиқоти раванди беохангардонии маҳлул, бо усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ тоза кардани он аз руҳ, оҳан ва мис муҳокима карда мешаванд. Омилҳои, ки ба дараҷаи тоза шудани маҳлули коркардшуда аз руҳ, оҳан, мис ва дигар параметрҳои физикию химиявӣ таъсир мерасонанд, нишон дода шудаанд. Инчунин нақшаҳои технологияи тозакунии маҳлули коркардшуда оварда шудаанд ва усули беҳтарини тозакунии он нишон дода шудааст, ки аз рӯйи натиҷаҳои таҳқиқот бояд усули коагулятсионӣ эътироф карда шавад.

**Санҷиш ва методҳои гузаронидани таҳлили обҳои шорандаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунии**

*Ҷойгиршавӣ ва хусусиятҳои объекти таҳқиқшаванда.* Дар кори диссертатсионӣ объекти таҳқиқот оби шорандаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунии ҚДММ «Тоҷфилиз» гирифта шудааст. Ин корхона моҳи августи соли 2019 ба истифода дода шуд. Коргоҳи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунии зиёда аз 200 намуди меҳу меҳҳои печдори гуногун истеҳсол мекунад.

Айни замон коргоҳи мазкур имкониятҳои калон дорад ва дар як моҳ то 600 тонна металлро коркард мекунад. То ифтитоҳи ҚДММ «Тоҷфилиз» ин навъи маҳсулот асосан аз Русия ва Чин ворид мешуд, ҳоло мизони воридоти ин гуна маводҳо ба таври кифоягӣ коҳиш ёфтааст. Маводи сохтмони ин корхона хушсифат буда, то имрӯз дар бозори Тоҷикистон рақиб надорад. Илова бар ин, ҚДММ «Тоҷфилиз» ба шарофати сифати баланди маҳсулоташ имкон дорад, ки содироти молҳои худро ба ҳориҷи кишвар ташкил намояд.

ҚДММ «Тоҷфилиз» дар ихтиёри худ технология ва таҷҳизотҳои замонавӣ дорад, ки маҳсулоти онҳо ба талабот ва стандартҳои байналмилалӣ ҷавобгӯ мебошанд.

Ашёи хоми истеҳсоли асосан аз Русия ва Чин оварда мешавад, маҳсулоти истеҳсолшуда ба ГОСТ 9.305-84 мувофиқат мекунад.

Барои аз зангзанӣ муҳофизат намудани баъзе навъҳои меҳи печдор ва меҳҳо дар ҚДММ «Тоҷфилиз» онҳоро бо руҳ рӯйпуш мегардонанд. Ин корро ба воситаи галванотехника ба ҷо меоранд, ки барои он дар навбати аввал маҳлули электролит бо таркиби хлориди руҳ 150-300 г/л, хлориди калий 450-575 г/л ва кислотаи бор 30 г/л тайёр карда мешавад. Дар ин маврид барои

тайёр кардани маҳлул оби нушокӣ аз хатти обтаъминкунии шаҳр истифода мешавад.

Маҳлули корӣ то он даме истифода мешавад, ки раванди рӯйпушкунӣ бо рух дар шароити мусоид фароҳам оварда шуда бошад. Пас аз ин, маҳлули коркардшуда дар зарфҳои калон муддате нигоҳ дошта мешавад, то ки дар он тақсон шудани моддаҳои муаллақ ба амал ояд ва пас аз он онҳо ҷудо карда мешаванд. Оби тозашуда боз барои тайёр кардани маҳлули аслии электролит истифода мешавад. Албатта, беохир давом додани чунин такроран истифодабарии маҳлул номумкин аст, зеро аз сабаби материали масолеҳи маҳкамкунакҳо ҳал шудан зиёд шудани концентратсияи оҳан дар ҳар давра ба амал меояд ва дар натиҷа маҳлулро тоза кардан аз оҳан лозим меояд.

Ба корез равона кардани маҳлулҳои коркардшударо қонунгузории Ҷумҳурии Тоҷикистон манъ мекунад: мутобиқи меъёру қоидаҳои санитарӣ пеш аз ба корези истифодаи умум равона кардан обро аввал бояд ба дараҷаи зарурӣ тоза кардан лозим аст.

Дар раванди технологияи ҚДММ «Тоҷфилиз» (аз ҳисоби шустани масолеҳи сохтмонӣ пеш аз фиристодан ба тафдон барои хушк кардан) ба ғайр аз маҳлулҳои шоранда, дигар обҳои шоранда ба вучуд меоянд. Оби шусташуда ба ҳавзи нигоҳдории оби шоранда партофта мешавад.

Дар обҳои шорандаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ металлҳои вазнин (рух, оҳан, мис ва ғайра), инчунин моддаҳои органикӣ мавҷуданд. Вақте ки обҳои шоранда дорои чунин таркиб ба корез ё ба объектҳои оби партофта мешаванд, ифлосшавии калон ба амал меояд. Ғайр аз ин, дар ваннаҳои галванӣ аз ҳисоби ашёи хоме, ки аз онҳо мех ва мехҳои печдор сохта мешаванд, моддаҳои органикӣ ва ғайриорганикӣ ҳам мешаванд. Яқбора партофти зиёди оби шоранда аз ваннаҳо (маҳлулҳои коркардшуда) боиси вайрон шудани сикли филтр мегардад, ки дар натиҷа самаранокии коркарди обҳои шоранда паст шуда, оби тозанашуда ба системаи корез партофта мешавад.

Бо дарназардошти омилҳои дар боло зикршуда ва мушкилоти экологии дар натиҷаи онҳо ба вучуд омада, ба мо лозим омад, ки таркиби обҳои шорандаи ҚДММ «Тоҷфилиз»-ро таҳқиқ намуда, технологияи тозакуниро, ки объекти таҳқиқот мебошад, таҳия намуд.

**Таҳқиқи нишондодҳои физикӣ ва химиявии обҳои коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ сохтмонӣ.** Барои муайян кардани параметрҳои физикию химиявии маҳлулҳои коркардшуда мултимери YSI 556 MPS (System Multi-Probe) истифода шудааст. Пеш аз оғози кор, таҷҳизот бо истифода аз маводҳои истинодии расман тасдиқшуда дар ҳудудди ченшаванда калибровка карда шуд, сипас барои чен кардани таркиби маҳлули коркардшудаи технологияи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ истифода шуд.

Маълумоти муфассал дар бораи тағйирёбии параметрҳои физикию химиявӣ дар чадвали 1 оварда шудааст.

Параметрҳои физикию химиявӣ маҳлули коркардшудаи таҳқиқшаванда

№ б/т	Параметри муайяншаванда	Худуди қиматҳо
1	pH	5,55-5,61
2	pHmV, мВ	50,18-51,68
3	ПОБ, мВ	143,61-179,95
4	Электронотиқият, мСм	211,1-261,07
5	Электронотиқияти ҳос, мСм/см	214,23-235,22
6	Муқовимат, Ом	3,83-6
7	Оксигени ҳалшуда, %	81,13-83,88
8	Концентрацияи оксигени ҳалшуда, мг/л	1,89-3,61
9	Дараҷаи шӯрӣ, г/л	199,55-219,59
10	TDS, г/л	139,25-152,89
11	Ҳарорат, °С	24,24-30,75

Дар асоси маълумоти дар чадвал овардашуда (чадвали 1), аз рӯйи консентратсияи TDS (маҷмӯи моддаҳои сахти ҳалшуда) ва дараҷаи шӯрӣ, маҳлулҳои коркардшуда бояд ифлосшуда ҳисобида шаванд.

Аз ин рӯ, дар асоси натиҷаҳои бадастомада метавон ба хулосае омад, ки маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ бояд пеш аз ба корези умумӣ партофтан аз моддаҳои муаллақ, металлҳои вазнин ва захрнок, инчунин аз дигар моддаҳои ифлоскунанда тоза карда шаванд.

***Усули атомӣ-абсорбсионӣ барои муайян кардани консентратсияи руҳ ва мис дар маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ.***

Азбаски таҳлили атомӣ-абсорбсионӣ яке аз усулҳои дақиқтарини муайян кардани миқдори микроэлементҳои вазнин дар маҳлулҳо мебошад, ин усул барои муайян кардани консентратсияи металлҳои вазнин барои ҳалли масъала истифода шуд. Принсипи кори спектрометри атомӣ-абсорбсионӣ (САА) ба падидае асос ёфтааст, ки атомҳои элементҳои гуногун нури дорои дарозии мавҷҳои хосро қабул мекунанд. Таҳлили намуна барои як унсурӣ мушаххас маънои истифодаи нур бо дарозии мавҷ барои ин элементро дорад. Масалан, дар ҳолати лампа барои муайянкардани руҳ, ки дорои руҳ аст, нур атомҳои руҳро ба ангишиш меорад ва омезиши дурусти дарозии мавҷҳои аз ҷониби ҳамаи атомҳои руҳ аз намуна ҷаббидашударо ба вучуд меорад. Дар САА, намуна ба атомҳои озоди ҳолати асосӣ ба ҳолати буғ табдил дода мешавад (пошида мешавад), пас аз он дастаи нуре, ки атомҳои руҳро ба ангишиш меорад, тавассути намунае, ки бо ин роҳ бухор карда шудааст, интиқол дода мешавад. Мавҷи электромагнитӣ ба шумораи атомҳои руҳ дар намуна мутаносиб буда, аз ҷониби ин атомҳо ҷаббида мешавад, аз ин рӯ, дар буғ ҳар қадар атомҳои моддаи дилхоҳ зиёдтар бошанд, мавҷ ҳамон қадар зиёдтар

чаббида мешавад. Графики калибровкаи тавассути ичро кардани якчанд (ҳадди ақал се намуна) намунаи концентратсияи маълуми руҳ сохта мешавад.

Дар асоси гуфтаҳои боло, спектрометри атомӣ-абсорбсионӣ барои кор се чузъро талаб мекунад: ячйкаи намуна барои тавлиди атомҳои газӣ; манбаи нур; воситаҳо барои чен кардани нури мушаххаси фурубурдашуда. Дар спектрометри AAnalyst 800, ки мо истифода бурдем, лампаҳои катоддори ҳолӣ ҳамчун манбаи рӯшноӣ истифода бурда мешаванд. Чунин лампаҳо аз аноди вольфрамай ва катод дар дохили силиндри холии аз элементи муайяншаванда сохташуда иборатанд. Ин лампаҳо дар найчаи шишагини пур аз неон, аргон ё ягон гази дигари инертӣ зери фишор маҳкам карда мешаванд.

Пеш аз гузаштан ба таҳлили намуна, анализатор бояд барои ҳар як элемент калибровка карда шавад ва дар асоси маълумоти гирифташуда ҳатти калибровкаи сохта мешавад. Концентратсияи номаълуми элемент дар асоси графики калибровкаи қаблан сохташуда ҳисоб карда мешавад.

Графики калибровкаи бо истифода аз маҳлулҳои стандартии концентратсияи маълум барои ҳар як элемент сохта мешавад. Қачии калибровкаи ба даст оварда мешавад, ки он бо истифода аз маҳлулҳои концентратсияшон бештар доимо сохта мешавад - маҳлулҳои концентратсионӣ бештар мавҷро то ҳадди муайян фуру мебаранд. Ҳатти калибровкаи концентратсияро нисбат ба миқдори мавҷи фурубурдашуда нишон медиҳад.

Концентратсияи металлҳои вазнин дар маҳлулҳои коркардшуда бо усули дар боло зикршуда, бо истифода аз спектрометри AAnalyst 800, ки бо шўъла элементҳои атомизатсия мешаванд, истеҳсолкардаи Перкин Элмер, ИМА, чен карда шуд. Ин таҷҳизот бо барномаи WinLab32 кор мекунад, ки дар он таҳлили миқдорӣ анҷом дода мешавад. Дар барнома якчанд усулҳои таҳлил мавҷуданд. Яке аз онҳо WinLab32 AA Flame мебошад. Мо онро интихоб мекунем ва бо истифода аз ин усули ченкунӣ таҳлил мекунем. Пеш аз ченкунӣ таҷҳизот бо маҳлулҳои стандартии руҳ ва мис калибровка карда шуда, баъд аз он ченкунии ҳақдор гузаронда шуданд. Натиҷаҳо дар ҷадвали 2 нишон дода шудаанд.

Чунон ки аз маълумотҳои ҷадвал дида мешавад, концентратсияи руҳ ва мис барои маҳлулҳои коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунии ЧДММ «Точфилиз» нисбат ба КҲИ хеле зиёд аст. Бинобар ин, оби шорандаи корхонаи мазкурро бидуни тозакунии пешакӣ аз руҳу мис ба корез партофтан мумкин нест.

Ҷадвали 2.

Концентратсияи металлҳои вазнин дар маҳлулҳои коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ

№ б/т	Рақами намуна	Концентратсияи металлҳо дар маҳлулҳои коркардшуда, мг/л	
		Zn	Cu

1	№1	25043	13,41
2	№2	25360	13,57
КХИ, мг/л		5	1

**Усули титриметрӣ барои муайян кардани концентратсияи оҳан дар таркиби маҳлулҳои коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ.** Яке аз усулҳои асосии муайян кардани оҳан ин титриметрия мебошад. Моҳияти ин усул аз он иборат аст, ки ионҳои оҳан бо Трилон Б ҳангоми мавҷуд будани кислотаи сулфосалитсил титр карда мешаванд. Барои гузаронидани таҳлили ионҳои оҳан, бояд кислотаи нитрат (концентронида), гидроксиди аммоний (концентратсияаш баланд ва сероб бо таносуби 3:100), кислотаи гидрохлорид (маҳлули 1н), Трилон Б (маҳлули 0,1н) ва кислотаи сулфосалитсилӣ дошта бошем.

Барои таҳлил 100 мл маҳлули таҳқиқшавандаро дар колбаи конусшакли ҳаҷмаш 250 мл мегузоранд ва ба он 5 мл кислотаи концентронидаи нитрат меандозанд. Пас аз он маҳлул 2 дақиқа ҷӯшонидани мешавад ва сипас полида мешавад. Ба филтрати гарм то ба даст овардани pH=7-8 (тақрибан 20-30 мл) гидроксиди аммоний илова карда мешавад. Дар натиҷа як миқдор тақшон пайдо мешавад, ки дар таркибаш гидроксидҳои оҳан дорад. Баъд тақшонро якҷанд маротиба бо гидроксиди сероби аммоний ва оби соф мешӯянд. Сипас тақшонро бо 25-30 мл кислотаи хлориди гарм (1н) ҳал карда мешавад, ки баъдан маҳлули ҳосилшударо бо оби муқаттар (дистилӣ) дар зарфи дигар то ҳаҷмаш ба 100 мл баробар шудан, оварда мешавад. Дар натиҷа бошиддат маҳлулро омехта карда, аз он 10 мл гирифта ба зарфи дигар мерезанд, баъд ба онҳо 10 мл оби дистилӣ ва 0,1 г кислотаи сулфосалитсил илова мекунанд. Маҳлул бо Трилон Б (0,1н) титр карда мешавад то он даме ки аз ранги сурх-қирмизӣ ранги зард пайдо нашавад.

Пас аз иҷрои ҳамаи ин марҳилаҳо, концентратсияи оҳан бо формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$C_{Fe} = \frac{V \cdot n \cdot 28}{m} \text{ (Г/л)}$$

Дар ин ҷо  $n$  - нормалнокии Трилон Б,  $V$  - ҳаҷми 0,1н Трилон Б, ки барои титркунии оҳан (мл) сарф мешавад,  $m$  - миқдори маҳлули таҳлилшаванда, ки барои таҳлил (10 мл) гирифта мешавад.

Дар рафти амали дар боло зикршуда концентратсияи оҳани маҳлулҳои таҳқиқшавандаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ муайян карда шуданд. Онҳо дар ҷадвали 3 нишон дода шудаанд.

Ҷадвали 3.

Концентратсияи оҳан дар маҳлулҳои коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ

№ б/т	Рақами намуна	Концентратсияи оҳан дар маҳлули коркардшуда, мг/л	КХИ, мг/л
-------	---------------	---	-----------

1	№1	248,7	0,3
2	№2	257,24	

Ҳамин тавр, дар асоси маълумотҳои дар ҷадвал овардашуда ба хулосае омадан мумкин аст, ки концентратсияи оҳан нисбат ба КХИ хеле зиёд буда, бе тозакунии пешакӣ маҳлуло ба корез ва махсусан ба объектҳои оби партофта мумкин нест.

**Бо усули турбидиметрӣ муайян кардани тирагии маҳлули коркардшудаи истехсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ.** Яке аз параметрҳои асосии физикию химиявии ченкунии тозагии намунаҳои моеъ тирагии он мебошад. Барои муайян кардани тирагии оби шорандаи (маҳлули коркардшудаи) истесоби масолеҳи маҳкамкунӣ, мо турбидиметри тамғаи НІ 98703-ро, ки аз ҷониби ширкати Hanna Instruments, Олмон истехсол шудааст, истифода бурдем.

Турбидиметри тамғаи НІ 98703 яке аз хеле дақиқченкунандаҳои намунаҳои моеъ мебошад. Ин таҷҳизот комилан ба талаботҳои EPA ва USEPA Method 180.1 ҷавобгӯ буда ва барои оби ошомиданӣ ва оби шоранда пешбинӣ шудааст. Натиҷаҳои таҳлили сифати оби шорандаро бо истифода аз ин турбидиметр бозътимод ҳисоб кардан мумкин аст. Он қодир аст, ки тирагиро аз 0,0 то 1000 ВНТ чен кунад (Nephelometric Turbidity Unit - воҳиди тирагии нефелометрӣ).

Турбидиметр дорои се функсияи ченкунии тирагӣ мебошад. Интиҳоби функсияи зарурӣ аз доираи ченкунӣ вобаста аст. Дурустии натиҷаҳои бадастомада аз функсияи интиҳобшуда вобаста аст - функсияи ченкунии алоҳида ба шумо имкон медиҳад ченкунии якдафъаанаро анҷом диҳед, функсияи ченкунии доимӣ якҷанд қиматгирии як намунаро анҷом медиҳад, ки ба шумо имкон медиҳад ҳатогии ченкуниро ҳисоб кунед, аммо функсияи миёна якҷанд натиҷаҳои ченкуниро дар фосилаҳои муайян мегирад ва баъд қимати миёнаро медиҳад. Бешак функсияи миёна эътимоднокии бештари натиҷаҳоро таъмин мекунад. Ҳангоми интиҳоби функсияи миёна ҳатогии ченкунӣ камтар аз 3% -ро ташкил медиҳад.

Ғайр аз ин, дурустии ченкунӣ ба системаи оптикии асбоб вобаста аст. Ин таҷҳизот дорои лампаи тафсонииш ва ду қайдкунаки (детектори) ҳассос мебошад. Детектори якум барои гирифтани нури интиқолшаванда ва дигаре барои нури парокандашаванда пешбинӣ шудааст. Ҳарду детекторҳо кодиранд ченакҳои устуворро таъмин кунанд ва нури бегонаро кам кунанд. Аввалан, асбобро калибровка кардан лозим аст, ҳангоми калибровкакунӣ тағйирёбии равшании лампа ҷуброн карда мешавад. Барои чен кардани тирагии намуна ҷуветҳои махсус истифода мешаванд. Онҳо аз шишаи шаффоф (диаметрашон 25 мм) сохта шудаанд ва таҳлилҳои тақроршавандаро таъмин мекунад.

Барои калибровка кардани таҷҳизот 4 намунаи стандартӣ мавҷуд аст, ки тирагии онҳо ба 0,1, 15, 100 ва 750 ВНТ (NTU) баробар мебошанд. Пеш аз оғози таҳлил, калибровкакунӣ бо ҳамаи маҳлулҳои стандартӣ дар боло

зикршуда анҷом дода шуд. Сипас таҳлили тирагии маҳлули коркардшуда гузаронида шуд. Натиҷаҳо дар ҷадвали 4 нишон дода шудаанд.

Чи тавре, ки аз маълумотҳои ҷадвал дида мешавад, тирагии намунаи №1 аз қимати максималии ченкунии таҷҳизот пасттар аст, дар ҳоле ки тирагии намунаи №2 аз ин ҳадди аксар баландтар аст. Намунаи гирифташудаи № 2 бо усули серобкунӣ аниқ карда шуд: намунаро бо оби муқаттар сероб карда, сипас бо филтрҳои диаметри сурохиашон 0,2 мкм се маротиба филтр карда шуд, то он даме, ки тирагии филтрат ба сифр баробар шавад. Сипас, бо назардошти дараҷаи серобкунии маҳлул, тирагии намунаи ибтидоӣ ҳисоб карда шуд.

Ҷадвали 4.

Тирагии маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ

№ б/т	Намуна	Тирагӣ, ВНТ (NTU)	КҲИ, ВНТ (NTU)
1	№1	931,3	2,6
2	№2	1274	

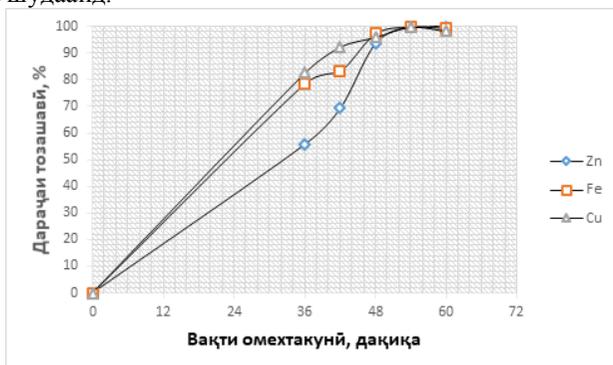
Натиҷаҳои ба даст овардашуда нишон медиҳанд, ки тирагии маҳлулҳои коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ хеле баланд буда, онҳо бояд ба дараҷаи зарурӣ тоза карда шаванд.

**Омилҳое, ки ба раванди тоза кардани маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ аз руҳ, оҳан ва мис таъсир мерасонанд ва муҳокимаи онҳо**

*Таъсири вақти омехтакунии маҳлули таҳқиқшаванда ба дараҷаи тоза шудани он аз металлҳои вазнин ҳангоми ба сифати коагулянт истифода бурдани сульфати севаленти алюминий.* Бо мақсади тоза кардани маҳлули истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ аз металлҳо (руҳ, оҳан ва мис) бо усули коагулятсионӣ ба сифати коагулянт сульфати алюминий истифода бурда шуд. Барои аниқ кардани самаранокии он як қатор таҷрибаҳо, аз маҳлул тоза кардани элементҳои дар боло овардашуда, гузаронида шуд, ки таркиби онҳо дар ҷадвалҳои 2 ва 3 нишон дода шудаанд. Барои гузаронидани раванди коагулятсия флокулятори навъи Flocculator 2000 истифода шуд. Ба қисмати ин таҷҳизот зарфҳои шишагини литрӣ дохил мешаванд, ки дар вақти гузаронидани таҷриба истифода бурда шуданд. Ҳар яке онҳо бо 1 л маҳлули коркардшудаи таҳқиқшаванда пур карда шуда, аввал 60 сония бо суръати 400 гардиш дар дақиқа омехта карда шуданд. Пас аз он ба низоми оҳиста омехтакунӣ (75 гардиш дар дақиқа) барои 35 то 59 дақиқа гузаронида шуданд. Барномаи таҷҳизот баъди илова кардани вояи ҳисобшудаи сульфати алюминий ба кор дароварда шуд. Барои нигоҳ доштани рН-и муҳит дар ҳудуди 6-6,5 оксиди калсий илова карда шуд.

Таҷрибаҳо дар ҳароратҳои 10-30°C гузаронда шуданд. Пеш аз ҳама маҳлулҳои 10%-и сулфати алюминий ва полиакриламида анионӣ (ПАА) бо оби муқаттар тайёр карда шуданд. Оби муқаттари дар таҷрибаҳо истифодашуда дучори тозакунии механикӣ - филтратсия тавассути филтрҳои диаметри сӯрохишон 0,2 мкм, гардид.

Аввалан, вобастагии дараҷаи тозакунии металлҳо аз вақти омехтакунии таҳқиқ карда шуд. Натиҷаҳои таҷрибаҳои ба даст овардашуда дар расми 1 нишон дода шудаанд.

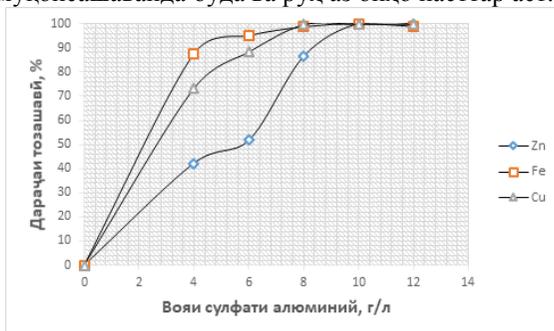


Расми 1. Вобастагии дараҷаи тозакунии маҳлул аз металлҳо бо вақти омехтакунии аз 36 то 60 дақиқа.

Чунон ки дар расми 1 дида мешавад, дар 36 ва 42 дақиқаи вақти омехтакунии дараҷаи баландтарини тозакунии маҳлул аз мис ба даст меояд. Ин аз консентратсияи мис дар маҳлули ибтидоӣ вобаста буда, зеро он хеле кам мебошад. Дараҷаи хурдтарини тозакунии маҳлул дар ин ҳолат борои руҳ ба даст оварда мешавад. Ин аз он сабаб мебошад, ки консентратсияи он дар маҳлули ибтидоӣ хеле баланд аст. Дар ин маврид дараҷаи аз маҳлул тоза кардани оҳан нисбат ба мис 9,2% пасттар аст. Дар мавриди вақти омехтакунии 48 дақиқа будан дараҷаи аз оҳан тозашудани маҳлул зиёд шуда ва 97,48%-ро ташкил медиҳад, аммо борои руҳ ин бузургӣ 93,71%-ро ташкил медиҳад. Ба ин нигоҳ накарда дар 54 дақиқаи вақти омехтакунии дараҷаи тозакунии маҳлул борои ҳар се элемент зиёда аз 99%-ро ташкил дод. Минбада зиёд кардани давомнокии раванд то 60 дақиқа боиси баланд шудани дараҷаи тоза шудани металлҳо нагардид.

**Таъсири вояи сулфати севалентаи алюминий ба дараҷаи тоза шудани маҳлул аз металлҳои вазнин ҳангоми вақти омехтакунии 54 дақиқа будан.** Борои омӯхтани вобастагии дараҷаи тоза шудани маҳлул аз металлҳо дар 54 дақиқаи вақти омехтакунии таҳқиқотҳои минбаъда гузаронда шуданд. Шароитҳои гузаронидани таҷрибаҳо ба мисли таҷрибаҳои қаблӣ буданд. Натиҷаҳои ба даст омада дар расми 2 нишон дода шудаанд.

Маълумотҳои таҷрибавӣ, ки дар расми 2 нишон дода шудаанд, нишон медиҳанд, ки ҳангоми воия сулфати алюминий 4 г/л будан дараҷаи аз ҳама зиёди тозакунии маҳлул аз металлҳо барои оҳан ва хурдгарин барои руҳ ба даст меояд. Албатта, ин аз консентратсияи онҳо дар маҳлули ибтидоӣ вобаста аст. Вақте ки воия коагулянт то 6 г/л зиёд мешавад, самаранокии тозакунии оҳан боз аз самаранокии тозакунии руҳ ва мис баландтар мешавад. Вақте ки миқдори коагулянт то 8 г/л зиёд карда мешавад, дараҷаи тозаши аз оҳан ва мис тақрибан муқоисааванда буда ва руҳ аз онҳо пасттар аст.

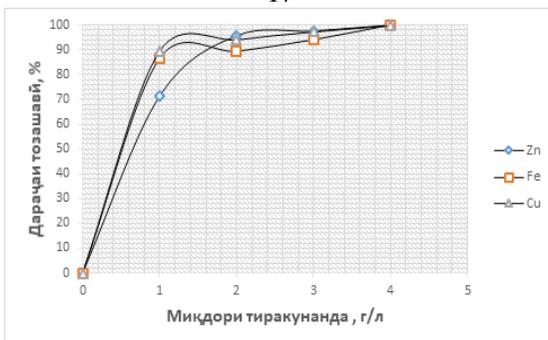


Расми 2. Вобастагии дараҷаи тозакунии маҳлул аз металлҳо ҳангоми воия сулфати алюминий аз 4 г/л то 12 г/л будан.

Ҳангоми зиёдшудани миқдори коагулянт ба 10 г/л, дараҷаи тозаши аз руҳ, оҳан ва мис аз 99% зиёдтар мешавад. Афзоиши минбаъдаи воия коагулянт то 12 г/л боиси паст шудани раванди коагулятсия мегардад. Дар ин ҳолат консентратсияи боқимондаи алюминий аз қимати КҲИ-и он якҷанд маротиба зиёдтар аст. Ҳамчунин, миқдори ионҳои сулфат ва хлорид аз меъёри КҲИ зиёд буданд.

**Таъсири миқдори тиракунанда ба дараҷаи тоза шудани маҳлул аз руҳ, оҳан ва мис.** Омили дигаре, ки ба раванди коагулятсияи маҳлулҳои коркардшуда таъсир мерасонад, тиракунанда мебошад. Ба сифати тиракунанда гил истифода бурда шуд. Хусусиятҳои гили истифодашуда дар боби дуҷуми кор оварда шудаанд. Миқдори гили ба маҳлул воридшуда дар ҳудуди 1-4 г/л гирифта шудааст. Натиҷаҳои ба даст оварда дар расми 3 нишон дода шудаанд.

Тавре ки аз расми 3 дида мешавад, ҳангоми 1 г/л ворид намудани тиракунанда дараҷаи тозаши маҳлул аз руҳ, оҳан ва мис 71-90%-ро ташкил дод. Дар ин ҳолат мис ба миқдори зиёд тоза карда шуд. Зиёд кардани миқдори тиракунанда то 2 г/л имкон дод, ки самаранокии тозакунии маҳлул қариб то 89-96% беҳтар карда шавад. Афзоиши минбаъдаи миқдори тиракунанда (то 4 г/л) натиҷаро беҳтар кард - дараҷаи тозакунии маҳлул аз металлҳо аз 99% ҳам зиёдтар гардид.



Расми 3. Вобастагии дараçаи тозакунии маҳлул аз миқдори тиракунанда ҳангоми давомнокии раванд 54 дақиқа, вояи коагулянт 10 г/л ва вояи флокулянт 5 г/л будан.

**Таъсири ҳарорат ба дараçаи тоза шудани маҳлул аз руҳ, оҳан ва мис бо усули коагулятсионӣ.** Барои омӯхтани таъсири ҳарорат ба дараçаи тоза шудани маҳлул аз руҳ, оҳан ва мис як қатор таҷрибаҳо гузаронда шуданд. Вояи сулфати алюминий барои таҷрибаҳо 10 г/л, ПАА 5 г/л (флокулянт), миқдори тиракунанда - 4 г/л, вақти омехтакунии 54 дақиқа, оксиди калсий то расидани рН=6-6,5 илова карда шуд. Натиҷаҳои ба даст омада дар ҷадвали 5 нишон дода шудаанд.

Чунон ки аз маълумотҳои дар ҷадвал овардашуда дида мешавад, дар баробари баланд шудани ҳарорат дараçаи аз руҳ, оҳан ва мис тоза шудани маҳлул меафзояд. Концентрацияи мис дар ҳарорати 15°C аллақай аз КҲИ барои оби нӯшоқӣ паस्तтар шуд. Барои руҳ, қиматҳои поёнтар аз КҲИ танҳо дар ҳарорати 25°C ба даст меоянд, аммо барои оҳан бошад дар ҳарорати 20°C.

Раванди тоза кардани маҳлул аз руҳ, оҳан ва мис пас аз коагулятсияи маҳлул бо усулҳои спектрометри атомӣ-абсорбсионӣ ва усули титриметрӣ назорат карда мешуд.

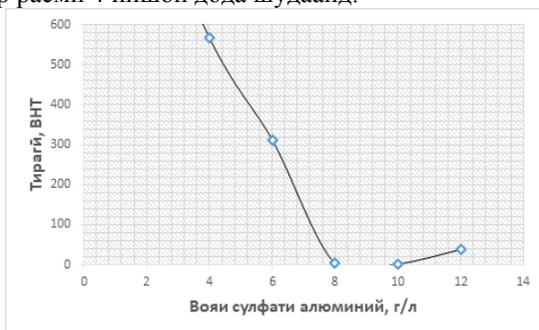
Ҷадвали 5.

Вобастагии дараçаи такшиншавии руҳ, оҳан ва миси маҳлул аз ҳарорат

№ б/т	Элементи муайяншаванд	Концентрацияи металлҳои вазнин дар намунаи ибтидоӣ	Ҳарорат	Концентрацияи боқимонда	Дараçаи тоза шудани маҳлул
		мг/л	°C	мг/л	%
1	Zn	25360	10	11044,28	56,45
2			15	139,48	99,45
3			20	55,792	99,78
4			25	2,536	99,99
5			30	3,804	99,985

6	Fe	257,24	10	63,48	75,32
7			15	2,83	98,9
8			20	0,26	99,9
9			25	0,13	99,95
10			30	0,2	99,92
11	Cu	13,57	10	2,6665	80,35
12			15	0,1737	98,72
13			20	0,0244	99,82
14			25	0,0095	99,93
15			30	0,0054	99,96

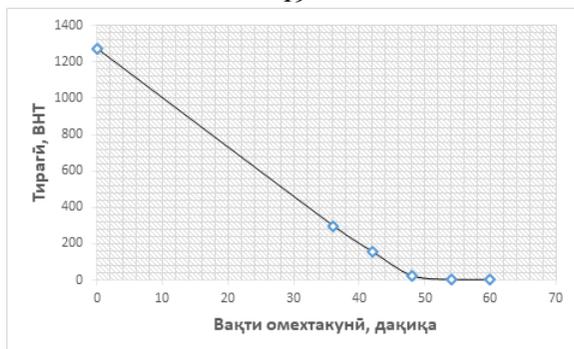
**Омилҳое, ки ба тирагии маҳлул ҳангоми аз металлҳои вазнин бо усули коагулятсионӣ тоза кардани он таъсир мерасонанд.** Дар рафти таҷрибаҳо вобастагии тирагии маҳлули тозашуда аз воия сульфати алюминий ба сифати коагулянт низ омӯхта шуд. Натиҷаҳои таҷрибавии ба даст овардашуда дар расми 4 нишон дода шудаанд.



Расми 4. Вобастагии тирагии маҳлули тозашуда аз воия сульфати алюминий ҳангоми тоза кардани металлҳо.

Тавре ки аллакай қайд карда шуд, тирагии маҳлули аслии истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ 1274 ВНТ аст. Дар расми 4 нишон дода шудааст, ки ҳангоми воия коагулянт 4 г/л будан тирагии он қариб 55% кам мешавад. Бо зиёд шудани воия коагулянт то 6 г/л, тирагии маҳлул боз ба 75% кам мешавад. Ҳангоми миқдори коагулянт 8 г/л будан қимати тирагӣ 2,98 ВНТ баробар шуда ва маъноӣ онро дорад, ки 99,76% коҳиш меёбад. Хурдтарин тирагии маҳлул бо воия 10 г/л будани коагулянт ба даст оварда шуд ва ба 1,74 ВНТ баробар аст. Бо афзоиши минбаъдаи воия коагулянт то 12 г/л, тирагии маҳлул дубора афзоиш ёфта ва 37,4 ВНТ-ро ташкил дод.

Вобастагии тирагии маҳлул ба вақти омехтакунӣ низ омӯхта шуд. Натиҷаҳои ба даст омада дар расми 5 нишон дода шудаанд.



Расми 5. Вобастагии тирағии маҳлули тозашуда аз вақти омехтакуни ҳангоми тоза кардани металлҳо.

Чи тавре ки дар расми 5 дида мешавад, тирағии маҳлули тозашуда танҳо дар вақти омехтакунии аз 54 то 60 дақиқа ба сатҳи поёнтар аз КҲИ (2,6 ВНТ) мерасад ва мутаносибан ба 1,74 ва 1,67 ВНТ баробар мешавад.

Вобастагии тирағии маҳлул ба миқдори тиракунанда низ таҳқиқ карда шуд. Натиҷаҳои ба даст омада дар расми 6 нишон дода шудаанд.



Расми 6. Вобастагии тирағии маҳлули тозашуда аз миқдори тиракунанда ҳангоми тоза кардани металлҳо.

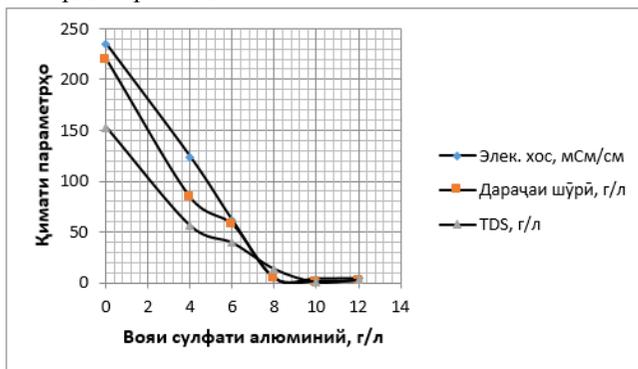
Аз маълумотҳои дар расми 6 овардашуда ба хулосае омадан мумкин аст, ки тирағии маҳлул пастар аз КҲИ танҳо дар ҳолате ба даст меояд, ки миқдори тиракунанда ба 4 г/л баробар бошад ва 1,74 ВНТ ташкил дод.

Ҳамин тариқ, ҳангоми воҷи коагулянт 10 г/л, вақти омехтакуни 54 дақиқа ва миқдори тиракунанда 4 г/л будан тирағии пастар аз КҲИ-ро барои оби нӯшоқӣ ба даст овардан мумкин аст.

**Таҳқиқоти тағйирёбии параметрҳои физикию химиявӣ ҳангоми тоза кардани маҳлул аз металлҳо бо усули коагулятсионӣ.** Пас аз тоза кардани маҳлул аз рух, оҳан ва мис, ҳама намунаҳои таҳқиқшуда барои аниқ

кардани тағйирёбии параметрҳои физикию химиявӣ, бо истифода аз мултиметри YSI 556 MPS, истифода шуданд. Дар марҳилаи аввал ин таҷҳизот бо истифода аз маҳлулҳои стандартии сертификатсияшуда калибровка карда шуда, баъд ченкуниҳо гузаронида шуданд. Аввалан, тағйироти параметрҳои физикию химиявӣ вобаста ба вояи сульфати алюминий ба сифати коагулянт бо мӯҳлати омехташавии 54 дақиқа, вояи флокулянт 5 г/л ва миқдори тиракунанда 4 г/л будан, таҳқиқ карда шуданд. Натиҷаҳои барои ин намунаҳо гирифташуда дар расми 7 нишон дода шудаанд.

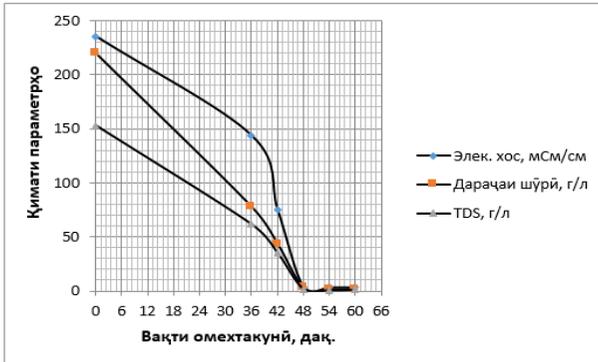
Тавре ки аз расми 7 дида мешавад ҳангоми вояи коагулянт 4 г/л будан қиматҳои се параметри омӯхташуда аз 47% то 63% кам шудааст. Вақте ки вояи коагулянт 6 г/л аст, ин қошиш дар параметрҳои омӯхташуда идома дорад ва тақрибан ба 74% мерасад. Афзоиши минбаъдаи вояи коагулянт то 8 г/л боиси паст шудани қимати онҳо гашта, аз 91% то 98% кам мегардад. Ҳангоми зиёд шудани вояи коагулянт то 10 г/л, дараҷаи пастшавии онҳо аз 98,4% то 99,5% -ро ташкил медиҳад. Дар ин ҳолат, қиматҳои электроноқилияти ҳос, дараҷаи шӯрӣ ва TDS мутаносибан 3,61 мС/см, 1,23 г/л ва 0,87 г/л буданд. Афзоиши минбаъдаи вояи коагулянт ба беҳтар шудани таркиби маҳлулҳои омӯхташуда оварда нарасонд.



Расми 7. Вобастагии тағйирёбии параметрҳои физикию химиявӣ аз вояи коагулянт.

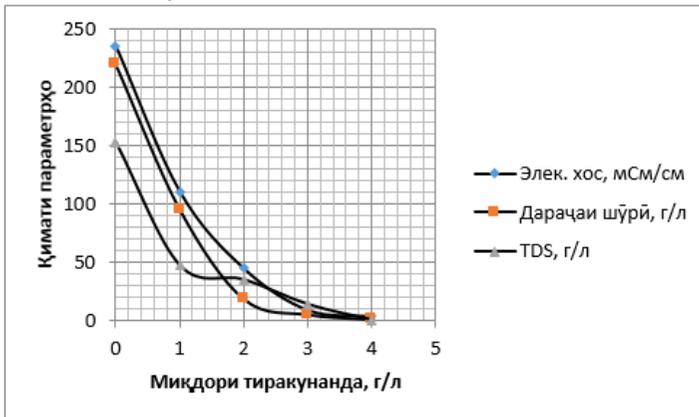
Вобастагии тағйирёбии параметрҳо аз вақти омехтакунии низ дар вояи коагулянт 10 г/л, вояи флокулянт 5 г/л ва миқдори тиракунанда 4 г/л будан, санҷида шуд. Натиҷаҳои ба даст омада дар расми 8 нишон дода шудаанд.

Дар расми 8 нишон дода шудааст, ки бо зиёд шудани вақти омехтакунии аз 36 то 42 дақиқа қиматҳои параметрҳои омӯхташуда якбора қошиш меёбанд. Дар фосилаи аз 48 то 54 дақиқа, ин тағйиротҳо суст мешаванд ва ҳангоми паст шудани қиматҳои электроноқилияти ҳос то 3,61 мС/см, дараҷаи шӯрӣ то 1,23 г/л ва TDS то 0,81 г/л боқӣ мемонанд. Афзоиши минбаъдаи вақти омехтакунии то 60 дақиқа ба тағйироти назаррас дар параметрҳои омӯхташуда оварда нарасонд.



Расми 8. Вобастагии тағйирёбии параметрҳои физикию химиявӣ аз вақти омехтакуний.

Мо инчунин вобастагии тағйирёбии параметрҳоро аз миқдори тиракунанда ҳангоми воия коагулянт 10 г/л ва вақти омехтакуний 54 дақиқа будан, таҳқиқ кардем. Ин натиҷаҳои таҷрибавии ба даст овардашуда дар расми 9 нишон дода шудаанд.



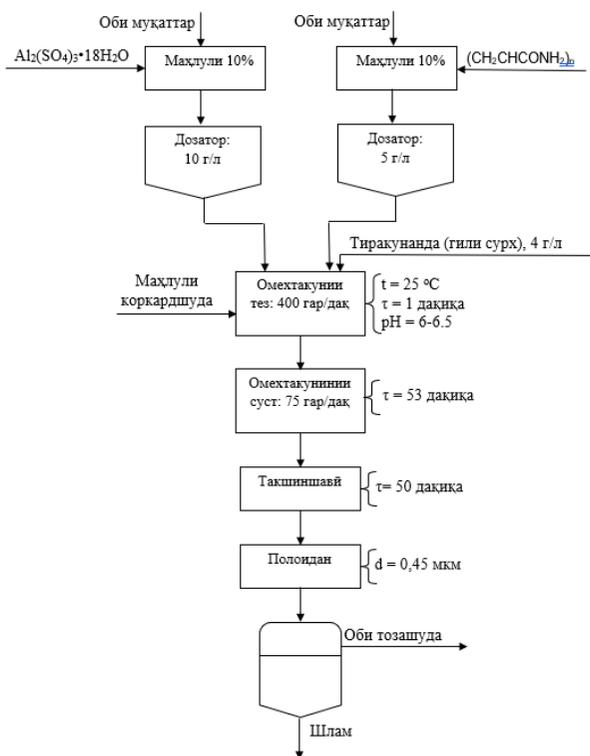
Расми 9. Вобастагии тағйироти параметрҳои физикию химиявӣ аз миқдори тиракунанда.

Дар расми 9 дида мешавад, ки қиматҳои ҳамаи параметрҳои таҳқиқшуда бо зиёд шудани миқдори тиракунанда аз 1 то 4 г/л мунтазам кам мешаванд. Ҳангоми 4 г/л будани миқдори тиракунанда камшавии бештари параметрҳо ба даст меояд - қиматҳои электроноқилияти хос, дараҷаи шўрӣ ва TDS мутаносибан ба 3,61 мСм/см, 1,23 г/л ва 0,81 г/л баробар шуданд.

Ҳамин тариқ, ҳангоми зиёд шудани воия коагулянт аз 4 то 12 г/л, вақти омехтакуний аз 36 то 60 дақиқа ва миқдори тиракунанда аз 1 то 4 г/л, қиматҳои электроноқилияти хоси маҳлул, дараҷаи шўрии он ва TDS хеле тағйир

меёбанд. Дар шароити оптималӣ (воия сулфати алюминий 10 г/л, ПАА 5 г/л, вақти омехтакунӣ 54 дақиқа ва миқдори тиракунанда 4 г/л) қимати онҳо мутаносибан ба 98,4, 99,43 ва 99,47% кам шуданд.

Ҳамин тариқ, дар асоси натиҷаҳои таҳқиқоти дар боло овардашуда ва параметрҳои муайяни оптималии раванди тоза кардани маҳлул бо усули коагулятсионӣ, мо нақшаи асосии технологияи раванди тоза кардани маҳлули электролитҳои коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунии ҚДММ «Точфилиз»-ро аз металлҳои вазнин тартиб додем (расми 10). Ин нақша аз марҳилаҳои тайёр кардани маҳлули 10%-и сулфати алюминий, ворид кардани воия муайяни он ба маҳлули таҳқиқишаванда, ворид кардани флокулянт (ПАА) ва тиракунанда иборат аст. Пас аз он маҳлули таҳқиқишаванда дучори бо низоми зуд омехтакунӣ (60 сония), охиста омехтакунӣ (53 дақиқа), такшиншавӣ (50 дақиқа), болоидан ва ҷудокунӣ ба маҳлули тозашуда ва шлам мегардад.



Расми 10. Нақшаи асосии технологияи тоза кардани маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунии ҚДММ «Точфилиз» аз рух, оҳан ва мис бо усули коагулятсионӣ.

**Таҳлили муқоисавии натиҷаҳои тозакунии маҳлули коркардишудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ.** Дар асоси натиҷаҳои, ки барои тоза кардани маҳлули коркардишудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ бо истифода аз пероксидаи гидроген, оксиди калсий ва сулфати алюминий ба даст оварда шудаанд, метавон хулоса кард, ки дараҷаи бештари тозакунии бо усули коагулятсионӣ ба даст меояд. Дар вақти омӯхтани раванди беохангардонӣ оҳанро танҳо 53,86% ва мисро 80% тоза кардан мумкин аст. Вақте ки бо усули химиявӣ раванди тоза кардани маҳлул таҳқиқ карда шуд, дараҷаи аз рух, оҳан ва мис тоза шудан бо оксиди калсий мутаносибан ба 99,71%, 98,58% ва 98,07% расид. Бо усули коагулятсионӣ дараҷаи тозакунии маҳлул аз рух, оҳан ва мис бо сулфати алюминий мутаносибан ба 99,99%, 99,95% ва 99,93% расида, имкон медиҳад, ки дар натиҷаи концентратсияи онҳо барои оби нӯшокӣ аз КҲИ зиёд набошад. Дар ин ҳолат концентратсияи боқимондаи алюминий 0,21 мг/л-ро ташкил дод, ки он низ аз КҲИ зиёд нест. Барои дигар параметрҳо низ натиҷаҳои муқоисавӣ оварда шудаанд, ки дар ҷадвали 6 инъикос ёфтаанд.

Ҷадвали 6.

Натиҷаҳои муқоисавӣ дар шароити оптималии гузаронидани таҷрибаҳои оид ба тағйир ёфтани параметрҳои физикию химиявӣ маҳлули коркардишудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ

№ б/г	Параметрҳои муайяншуда	Пеш аз тозакунии	Баъд аз тозакунии	Дараҷаи тағйирот	Баъд аз тозакунии	Дараҷаи тағйирот	Баъд аз тозакунии	Дараҷаи тағйирот
			H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	%	CaO	%	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	%
1	Рух, мг/л	25360	25132,7	0,89	73,54	99,71	2,536	99,99
2	Оҳан, мг/л	257,24	118,69	53,86	3,65	98,58	0,13	99,95
3	Мис, мг/л	13,57	2,6	81	0,26	98,07	0,009	99,93
4	Тирағӣ, ВНТ	1274	541	57,53	2,14	99,83	1,74	99,86
5	Электронотиқияти хос, мСм/см	235,22	217,1	7,7	116,57	50,44	3,61	98,46
6	Дараҷаи шӯрӣ, г/л	219,59	196,09	10,7	87,09	60,34	1,23	99,43
7	TDS, г/л	152,89	141,12	7,69	75,77	50,44	0,83	99,47

Ҳамин тариқ, дар асоси натиҷаҳои таҷрибавӣ дар боло зикршуда ба хулосае омадан мумкин аст, ки танҳо истифодаи усули коагулятсионӣ бо истифода аз сулфати алюминий ба сифати коагулянт имкон медиҳад, ки самаранокии оптималии тозакунии маҳлули коркардишуда ба даст оварда шавад. Реагентҳои алтернативӣ (пероксидаи гидроген ва оксиди калсий) аз рӯйи ин самаранокӣ аз сулфати алюминий паст мебошанд.

**Муқоисаи самаранокии иқтисодии усулҳои пешниҳодишудаи тоза кардани маҳлулҳои коркардишудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ.** Муқоисаи самаранокии иқтисодии усулҳои омӯхташуда бо назардошти

арзиши тамоми реактивҳои истифодашуда гузаронида шуд. Азбаски марҳилаҳои минбаъдаи раванди коркард, ки хароҷоти амалиётро дар бар мегиранд (ба монанди омехта кардан, филтратсия, ҷудо кардани оби тозашуда ва шлам, инчунин хароҷоти логистикӣ барои дастрас намудани реагентҳо) барои ҳар се усул яхелаанд ва онҳо барои тавсифи муқоисавӣ мадди назар карда шуданд. Аммо дар мавриди ҳисоб кардани самаранокии иқтисодӣ, онҳо пурра дохил карда мешаванд.

Усули тозакунии маҳлул бо истифода аз пероксида гидроген ҳамчун оксидкунанда хароҷотро дар ҳаҷми  $10,21$  сомонӣ/м<sup>3</sup> маҳлул талаб мекунад. Самаранокии тозакунии маҳлул барои руҳ  $0,89\%$ , оҳан  $53,86\%$  ва мис  $81\%$  мебошад.

Усули реагентии тозакунии маҳлул бо оксиди калсий ба маблағи  $37,21$  сомонӣ/м<sup>3</sup> хароҷотро талаб мекунад. Самаранокии тозакунии маҳлул бо истифода аз ин усул барои руҳ  $99,71\%$ , оҳан  $98,58\%$  ва мис  $98,07\%$  мебошад.

Усули коагулятсионии тозакунии маҳлул бо истифода аз сулфати алюминий ба сифати коагулянт ва ПАА ба сифати флокулянт  $10,11$  сомонӣ/м<sup>3</sup> арзиш дорад. Самаранокии тозакунии маҳлул бо истифода аз ин усул барои руҳ  $99,99\%$ , оҳан  $99,95\%$  ва мис  $99,93\%$  мебошад.

Аз ҳисобҳои дар боло овардашуда хулоса баровардан мумкин аст, ки усули коагулятсионӣ нисбат ба усули оксидкунии металл дар як сол  $1076$  сомонӣ ва нисбат ба усули реагентӣ бошад, қариб  $187$  ҳазор сомонӣ сарфи камро ташкил медиҳад.

Ҳама нархҳо мувофиқи арзиши реагентҳо дар моҳи май-август соли 2022 гирифта шудаанд.

Тавре ки аз ҳисобҳои дар боло овардашуда бармеояд, усули коагулятсионӣ усули аз ҷиҳати иқтисодӣ беҳтарин аст - он ба мо имкон медиҳад, ки дар вақти тақрибан ҳарчи яхела дар муқоиса бо усули оксидкунӣ ҳангоми истифодаи пероксида гидроген дараҷаи хеле баландтари тозакунии маҳлулро ба даст орем ва ҳамзамон ин усул нисбат ба усули реагентӣ бо истифода аз оксиди калсий ба таври назаррас хароҷоти пасттарро талаб мекунад.

## ХУЛОСАҲОИ УМУМӢ

### *1. Натиҷаҳои асосии илмии диссертатсия:*

1. Дар кор консентратсияи моддаҳои ифлоскунандаи асосии маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунии ЧДММ «Тоҷфилиз», аз ҷумла рух, оҳан ва мис муайян карда шудаанд [1-М, 2-М, 3-М].

2. Миқдори оптималии пероксиди гидроген барои раванди беохангардони маҳлули коркардшуда муайян карда шудааст. Дарачаи баландтарини тозакунии маҳлул аз оҳан ва мис бо вояи пероксиди гидроген ҳангоми 3 мл/л будан, ба даст оварда мешавад. Дар ин шароит дараҷаи аз оҳан ва мис тоза шудани маҳлул 53,84-81%-ро ташкил дод [4-М, 6-М].

3. Таъсири оксиди калсий ба раванди тоза кардани маҳлул аз рух, оҳан ва мис бо усули реагентӣ таҳқиқ карда шуд [5-М].

4. Ҳангоми истифодабарии усули реагентӣ барои тоза кардани маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис параметрҳои оптималии вояи оксиди калсий ва рН-и муҳит муқаррар карда шудаанд. Дарачаи баландтарини тозакунии маҳлул аз онҳо бо вояи оксиди калсий 41,3 г/л ва рН-и маҳлул ба 9,5 баробар будан, ба даст оварда мешавад. Дар ин шароит дараҷаи тоза кардани маҳлул аз рух, оҳан ва мис 98,07-99,71%-ро ташкил дод [7-М, 8-М].

5. Миқдори оптималии коагулянт ва флокулянт, вақти омехтакунии, рН-и муҳит ва миқдори тиракунанда бо усули коагулятсионӣ тоза кардани маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис муайян карда шудааст. Дарачаи баландтарин тозакунии маҳлул аз онҳо бо вояи 10 г/л сулфати алюминий, вояи 5 г/л полиакриламид, вақти омехтакунии 54 дақиқа, рН-и муҳит 6-6,5 ва миқдори тиракунандаи 4 г/л ба даст меояд. Дар ин шароит дараҷаи тоза кардани маҳлул аз рух, оҳан ва мис 99,93-99,99%-ро ташкил дод [9-М, 10-М, 11-М, 12-М].

6. Инчунин вобастагии дараҷаи тозакунии маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис дар ҳароратҳои 10-30°C бо усули коагулятсионӣ муқаррар карда шуд. Натиҷаҳои бадастомада нишон доданд, ки дараҷаи баландтарини тозакунии об аз металлҳои вазнин дар ҳароратҳои 15-30°C ба даст оварда мешавад ва 98,72% -99,99%-ро ташкил медиҳад.

7. Ҳамчунин вобастагии дараҷаи тирагии маҳлули коркардшуда аз вояи сулфати алюминий, вақти омехтакунии ва миқдори тиракунанда бо усули коагулятсионӣ муайян карда шуд. Тирагии маҳлули тозашуда дар ин ҳолат 1,74 ВНТ-ро ташкил дод, ки ин нисбат ба меъёри оби нӯшоқӣ қариб 30% паст аст [10-М, 12-М].

8. Бо роҳи таҷрибавӣ вобастагии электроноқилияти хос, дараҷаи шӯрӣ, TDS-и маҳлул аз вояи сулфати алюминий, вақти омехтакунии ва миқдори тиракунанда муайян карда шуд. Дарачаи бузургтарини коҳиши қиматҳои онҳо дар шароити дар боло зикршуда ба даст оварда мешавад ва дар натиҷа онҳо мутаносибан 3,61 мС/см, 1,23 г/л ва 0,81 г/л-ро ташкил медиҳанд [10-М].

9. Нақшаҳои асосии технологияи раванди тоза кардани маҳлули коркардшудаи истехсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ аз рух, оҳан ва мис бо усулҳои реагентӣ ва коагулятсионӣ тартиб дода шудаанд.

## **2. Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо:**

Муаллиф дар асоси маълумотҳои таҷрибавии ба даст овардашуда тавсия медиҳад, ки технологияҳои коркардшудаи тоза кардани маҳлули коркардшудаи истехсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ бо мақсади барои тоза кардани маҳлули коркардшуда ва баъдан барои тайёр кардани маҳлули аслии электролитӣ истифода шаванд.

Татбиқи тавсияи мазкур ба ҚДММ «Точфилиз» имкон медиҳад, ки экологияи шаҳри Бӯстон ва инчунин экологияи обҳои зерзаминии ин шаҳрро хеле беҳтар созад, ки дар маҷмӯъ сатҳи мигратсияи рух, оҳан, мис ва моддаҳои органикиро коҳиш медиҳад.

## **Рӯйхати нашриҳои унвонҷӯ оид ба мавзӯи диссертатсия**

### ***Рӯйхати мақолаҳои нашришуда дар маҷаллаҳои илмӣ, ки аз ҷониби Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия дода шудаанд***

[1-М]. Бокизода, Д.З. Исследование физико-химических параметров проб электролита, используемого в производстве крепежа / Д.З. Бокизода, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№3-4 (7-8). –С.270-275.

[2-М]. Бокизода, Д.З. Исследование состава сточной воды и шлама технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№3-4 (7-8). –С.286-290.

[3-М]. Бокизода, Д.З. Исследование процесса обезжелезивания отработанных растворов технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2021. -№2 (54). –С.65-68.

[4-М]. Бокизода, Д.З. Исследование технологии очистки гальваностокков реагентным методом / Д.З. Бокизода // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2021. -№4 (56). –С.65-67.

[5-М]. Бокизода, Д.З. Исследование изменения физико-химических параметров при процессе обезжелезивания сточных вод технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2021. -№3-4 (11-12). –С.330-334.

[6-М]. Бокизода, Д.З. Исследование результатов очистки раствора от металлов при разных физико-химических параметрах / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2021. -№3-4 (11-12). –С.300-304.

[7-М]. Бокизода, Д.З. Исследование изменения физико-химических параметров сточной воды производства крепежа при ее очистке от ионов металлов коагуляционным методом / Д.З. Бокизода // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2022. – №2 (14). – С.169-173.

***Мақолаҳое, ки дар маводи конфронси байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ нашр шудаанд***

[8-М]. Бокизода, Д.З. Исследование состава шлама технологии производства крепежа / З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Промышленный форум «Қадамҳои устувор баҳри рушди саноати миллий», посвященный 15-летию Горно-металлургического института Таджикистана, 24 апреля 2021г. – С.115-116.

[9-М]. Бокизода, Д.З. Коагуляционный метод очистки отработанных растворов производства крепежа от ионов металлов / М.М. Юнусов, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Научно-практическая конференция «Вклад ИА РТ в стратегических направлениях развития Таджикистана». Душанбе, 15 октября 2021г. – С.49-53.

[10-М]. Бокизода, Д.З. Очистки сточных вод производства крепежа реагентным методом / С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Республиканской научно-практической конференции – XVI-Нумоновских чтений «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», посвященной 75-летию Института химии имени В.И. Никитина НАНТ и 40-летию лаборатории «Коррозионностойкие материалы». Душанбе. 27 октября 2021г. – С.200-203.

[11-М]. Бокизода, Д.З. Исследование факторов, влияющих на мутность сточной воды при её очистке от тяжелых металлов коагуляционным методом / З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Материалы республиканской научно-практической конференции. Бустон, 30 октября 2021г. – С.25-28.

[12-М]. Bokizoda, D.Z. Study of physical and chemical parameters of the galvanic production wastewater / M.M. Yunusov, S.K. Hojiev, D.Z. Bokizoda // X Международной научно-практической интернет-конференции соискателей высшего образования и молодых ученых «Химия и современные технологии», Днепр, Украина, 23–24 ноября 2021г. – С.54-57.

[13-М]. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 1247, МПК С02F 103/16. Способ очистки сточных вод от ионов металлов / С.К. Ходжиев, З.В. Кобулиев, З.З. Насриддинов, Д.З. Бокизода, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // №2101594; заявл. 28.09.2021г.; опубл. 18.03.2022г.

[14-М]. Бокизода, Д.З. Таҳлили мукоисавии натиҷаҳои тозаҷавии маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ / Ҳочиев С.Қ., Бокизода Д.З. // Маводҳои конфронси илмӣ-амалӣ, бахшида ба эълон гардидани солҳои 2020-2040 «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф». Бустон. 28-уми майи соли 2022. -С.123-124.

**МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН  
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ТАДЖИКИСТАНА**

УДК 628.31:628.316.12

На правах рукописи



**БОКИЗОДА ДОМУЛЛО ЗАФАРЖОН**

**ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД КРЕПЁЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ  
ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ**  
*(на примере ООО «Точфилиз»)*

***А В Т О Р Е Ф Е Р А Т***

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности

25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Работа выполнена в лаборатории анализа воды Горно-металлургического института Таджикистана.

**Научный руководитель** **Ходжиев Саидмуқбил Косимович**  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой Естественных наук  
Горно-металлургического института  
Таджикистана

**Официальные оппоненты:** - Назаров Шамс Бароталиевич, доктор химических наук, главный научный сотрудник лаборатории комплексной переработки полезных ископаемых и промышленных отходов Института химии Национальной Академии наук Таджикистана  
- Бокиев Боки Рахимович, кандидат технических наук, доцент кафедры системы водоснабжения, теплогазоснабжения и вентиляция Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

**Ведущая организация:** ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафуров»

Защита состоится «12» января 2023 года в 11<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-059 Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана (НАНТ), по адресу: 734042, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул. Айни, 14А.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана (НАНТ) и на сайте [www.imoge.tj](http://www.imoge.tj)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 года.

**Ученый секретарь**  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук



**Кодиров А.С.**

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Большинство специалистов считают, что гальваническое производство является самой передовой отраслью промышленности и почти не оказывает негативного воздействия на окружающую среду. Однако в результате деятельности такого производства образуются сточные воды, негативное воздействие которых на окружающую среду, напротив, весьма значительно, особенно когда эти воды смешиваются с подземными и поверхностными водами. Состав сточных вод гальванического производства бывает как кислым, так и щелочным, со значительным содержанием тяжелых металлов.

Гальванические технологии, в частности, нанесение покрытий, применяются для защиты строительного крепежа от коррозии. Необходимо отметить, что эти технологии требуют больших количеств химических реагентов и чистой воды. Кроме того, после нанесения покрытия на детали строительного крепежа их требуется промывать, в результате чего образуются дополнительные сточные воды. Вследствие этого можно сказать, что гальваническое производство является одним из основных потребителей воды для производственных нужд. К числу этого вида предприятий относится ООО «Точфилиз», которое производит более 200 видов строительного крепежа, в частности, саморезы и гвозди.

В связи с этим встаёт важная экологическая задача очистки отработанного раствора производства крепежа ООО «Точфилиз». Для решения данной задачи применялись химический и коагуляционный методы. Технология очистки сточных вод подобными современными методами играет большую роль в экологической безопасности Республики и других стран, чем и определяется актуальность нашей работы.

**Степень изученности научной проблемы, теоретическая и методологическая основы исследований.** Отработанные растворы производства крепежа без предварительной очистки сбрасываются в канализацию. Экспериментальные результаты анализов физико-химического состава отработанного раствора вышеуказанного объекта показывают, что его необходимо подвергнуть очистке от взвешенных веществ, цинка, железа и меди, а также других загрязняющих факторов. Технология очистки раствора химическим и коагуляционным методом полностью зависит от физико-химических параметров конкретного источника, изучение которых для растворов производства крепежа ООО «Точфилиз» ранее никем не проводилось. Учитывая этот факт, проведенная автором диссертационная работа является актуальной и целесообразной. Проведение этих исследований с помощью высокоточных современных приборов позволило нам контролировать процесс очистки от загрязнителей.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Цель исследования:** разработка технологии очистки отработанного раствора производства крепежа от ионов цинка, железа и меди физико-

химическими методами с применением различных химических реагентов и повышение экологической безопасности окружающей среды.

**Задачи исследования:**

- выявление подробных физико-химических характеристик отработанного раствора производства крепежа различными методами;
- исследование процесса обезжелезивания отработанного раствора с применением пероксида водорода;
- исследование изменения мутности отработанного раствора производства крепежа до и после очистки;
- исследование процесса очистки отработанного раствора химическим методом в целях удаления ионов тяжёлых металлов (в частности, цинка, железа и меди), применяя в качестве осадителей оксид кальция, гидроксид натрия и карбонат натрия;
- исследование процесса очистки отработанного раствора коагуляционным методом от ионов цинка, железа и меди, используя в качестве коагулянта сульфат трёхвалентного алюминия;
- исследование и оптимизация факторов, влияющих на процесс осаждения гидроксидов металлов и коагуляции отработанного раствора производства крепежа;
- разработка принципиальных технологических схем процесса очистки отработанного раствора от ионов цинка, железа и меди химическим и коагуляционным методами.

**Объект исследования:** отработанный раствор производства крепежа ООО «Точфилиз».

**Предмет исследования:** процесс очистки отработанного раствора от ионов цинка, железа, меди и взвешенных веществ физико-химическими методами при условии использования химических реагентов.

**Научная новизна исследования состоит в:**

- исследовании физико-химического состава отработанного раствора производства крепежа;
- изучении процесса обезжелезивания отработанного раствора производства крепежа;
- исследовании зависимости степени очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди при различных параметрах;
- исследовании изменений удельной электропроводности, солёности и TDS раствора при химическом и коагуляционном методах;
- исследовании влияния pH среды на процесс очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди при химическом и коагуляционном методах;
- исследовании влияния температуры на процесс очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди в коагуляционном методе;

- исследовании зависимости мутности раствора от факторов процесса очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди в химическом и коагуляционном методах;

- разработке принципиально новых технологических схем процесса очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди в химическом и коагуляционном методах.

**Теоретическая ценность исследования.** В работе приведены теоретические аспекты процесса осаждения тяжелых металлов химическим и коагуляционным методами с применением различных коагулянтов и флокулянтов. Также описана роль факторов, влияющих на их интенсификацию.

**Практическая ценность исследования.** В настоящее время водные ресурсы являются основным источником развития каждого предприятия. С этой точки зрения защита таких источников стоит на первом месте. Поэтому, чтобы не загрязнять источники чистой воды, необходимо очищать отработанный раствор до требуемой нормы перед сбрасыванием в водные объекты или в канализацию. Таким способом обеспечивается безопасность окружающей среды. При этом полученные экспериментальные результаты, которые изложены в диссертационной работе, являются значимыми, экономически целесообразными (подкреплено расчётами стоимости проведения предложенных очистных мероприятий) и направлены на обеспечение здоровья населения и улучшение экологической безопасности региона.

Основные исследовательские работы были выполнены в лаборатории анализа воды Горно-металлургического института Таджикистана. Полученные исследовательские результаты могут быть применены при подготовке бакалавров и магистров по профилям 330101-05 «Инженерная защита окружающей среды» и 570101-03 «Мониторинг состояния окружающей среды» на кафедрах экологии, водоснабжения и водоотведения различных ВУЗов.

**Методы исследования:** контроль процесса осаждения и коагуляции ионов металлов методами титриметрии, атомно-абсорбционной спектрометрии и турбидиметрии (до и после очистки) при протекании химической реакции в исследуемом отработанном растворе производства крепежа.

**Отраслями исследования** являются гидрология суши, водные ресурсы и гидрохимия Северного Таджикистана.

**Этапы исследования:** исследование изменения физико-химических параметров отработанного раствора производства крепежа в зависимости от влияющих факторов. Проведение на основе полученных результатов выбора технологии очистки отработанного раствора от ионов цинка, железа и меди.

**Достоверность диссертационных результатов.** Для обеспечения достоверности экспериментальных данных в процессе исследования

использовались современные приборы, которые были откалиброваны и протестированы по каждому определяемому элементу с применением сертифицированных растворов. Также, для проведения экспериментов по очистке отработанного раствора от цинка, железа и меди применялись только химические реагенты, прошедшие официальную сертификацию, в частности, оксид кальция, гидроксид натрия, карбонат натрия и сульфат алюминия. Результаты диссертационной работы отражены в акте внедрения, который был утверждён генеральным директором ООО «Точфилиз».

**Основная информационная и экспериментальная база:**

- мультиметры Waterproof Handheld PCD 650 и YSI 556 MPS (Multi-Probe System);

- аналитические весы Selon FA224;

- турбидиметр типа Hanna Instruments (HI 98703);

- атомно-абсорбционный спектрометр типа AAnalyst 800 с пламенной атомизацией элементов (Perkin Elmer);

- флокулятор типа Flocculator 2000 (Kemira, Helsingborg).

**Положения, выносимые на защиту:**

- обоснование эффективности очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди химическим и коагуляционным методами с применением различных реагентов;

- результаты исследований влияния дозы сульфата алюминия, дозы полиакриламида, pH среды, времени перемешивания, количества замутнителя и температуры процесса коагуляции отработанного раствора на эффективность очистки от цинка, железа и меди;

- результаты исследований влияния дозы сульфата алюминия, pH среды, времени перемешивания и количества замутнителя на снижение величин физико-химических параметров, в частности, удельной электропроводности, солёности, TDS и мутности очищенного раствора;

- рекомендации по очистке отработанного раствора в целях дальнейшего его использования для приготовления исходного раствора электролита, а также обеспечения экологической безопасности водных объектов.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.**

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (по следующим пунктам).

1. Теоретические и методологические основы гидрологии, гидрографии, речного стока, лимнологии, русловых и устьевых процессов, гидрохимии, гидроэкологии.

5. Проблемы взаимодействия поверхностных и подземных вод, научные основы совместного использования подземных и поверхностных вод, особенности влияния подземных вод на гидрохимические характеристики рек.

9. Разработка теории и методологии гидроэкологии, изучения водных экосистем, теории взаимодействия абиотических и биотических компонентов этих систем, методов оценки экологически значимых гидрологических и гидрохимических характеристик.

10. Разработка научных основ обеспечения гидроэкологической безопасности территорий и хозяйственных объектов, экономически эффективного и экологически безопасного водопользования и водопотребления, планирования хозяйственной деятельности в областях повышенного риска опасных гидрологических процессов, защиты водных объектов от истощения, загрязнения, деградации, оптимальных условий существования водных и наземных экосистем.

**Личный вклад соискателя** заключается в обработке литературных данных, постановке задачи диссертационной работе, нахождении методов их решения, проведении экспериментальных опытов, анализе, обработке и обобщении полученных результатов, формулировке выводов и положений диссертации.

**Апробация диссертации и информация об использовании её результатов.** Результаты данной работы обсуждены на международных и республиканских конференциях: на республиканской научно-практической конференции – «Устойчивые шаги к развитию национальной промышленности», посвящённой 15-летию Горно-металлургического института Таджикистана, 24 апреля 2021 года; на научно-практической конференции - «Вклад ИА РТ в стратегических направлениях развития Таджикистана», Душанбе, 15 октября 2021 года; на республиканской научно-практической конференции – XVI-Нумоновских чтений «Достижения химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», посвященной 75-летию Института химии имени В.И. Никитина НАНТ и 40-летию лаборатории «Коррозионностойкие материалы», 27 октября 2021 года; на республиканской научно-практической конференции - «Горно-металлургическая отрасль – одна из основ ускоренной индустриализации страны», посвященной 30-летию независимости Республики Таджикистана, Бустон, 30 октября 2021 года; на X Международной научно-практической интернет-конференции соискателей высшего образования и молодых ученых - «Химия и современные технологии», Днепр, Украина, 23–24 ноября 2021 года.

**Публикация результатов диссертации.** По теме диссертации опубликовано 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, и 6 статей в сборниках республиканских и международных научно-практических конференций. Получен малый патент Республики Таджикистан на изобретение.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора, методической и экспериментальной частей, обсуждения результатов, выводов, списка использованной литературы и

приложений. Диссертация изложена на 118 страницах компьютерного текста, содержит 11 таблиц и 34 рисунка. Список использованной литературы включает 107 наименований.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, отражена научная и ее практическая значимость.

**В первой главе** диссертации приводится анализ литературных данных по технологическим основам очистки сточных вод от тяжелых металлов. При выборе технологии очистки сточных вод от тяжелых металлов большое значение имеет состав исходной воды. Глава завершается постановкой задач.

**Во второй главе** изложены и обсуждены местонахождение и характеристика исследуемого объекта и результаты исследования физико-химических параметров, атомно-абсорбционных, титриметрических и турбидиметрических анализов сточной воды (отработанного раствора) производства крепежа ООО «Точфилиз». Также приведены результаты исследования химического состава используемого замутнителя.

**В третьей главе** обсуждены результаты исследования процесса обезжелезивания отработанного раствора при реагентном и коагуляционном методах его очистки от цинка, железа и меди. Показаны факторы, влияющие на степень очистки отработанного раствора от цинка, железа, меди и других физико-химических параметров. Также приведены технологические схемы по очистке отработанного раствора и показан наилучший метод его очистки, каковым, по результатам исследования, следует признать коагуляционный метод.

#### **Опробование и методика проведения анализов сточных вод производства крепежа**

*Местонахождение и характеристика исследуемого объекта.* В диссертационной работе в качестве объекта исследования были приняты сточные воды производства крепежа ООО «Точфилиз». Данное предприятие было введено в эксплуатацию в августе 2019 года. Цех по производству строительного крепежа выпускает более 200 разнообразных видов гвоздей и шурупов.

В настоящее время данный цех имеет широкие возможности и может перерабатывать до 600 тонн металла в месяц. До открытия ООО «Точфилиз» продукция подобного рода в основном завозилась из России и Китая, теперь же уровень её импорта снизился до незначительного. Строительные материалы этого предприятия отличаются высоким качеством и по сегодняшний день не имеют конкурентов на рынке Таджикистана. Кроме того, благодаря высокому качеству своей продукции ООО «Точфилиз» имеет возможность наладить экспорт своих товаров за границу.

ООО «Точфилиз» имеет в своем распоряжении самые современные технологии и оборудование, продукция которого отвечает международным требованиям и стандартам.

Сырье для производства в основном поставляется из России и Китая, производимая продукция соответствует ГОСТ 9.305-84.

Для защиты некоторых видов саморезов и гвоздей от коррозии в ООО «Точфилиз» их подвергают цинкованию. Осуществляется это посредством гальванотехники, для чего в первую очередь готовят раствор электролита с содержанием хлорида цинка 150-300 г/л, хлорида калия 450-575 г/л и борной кислоты 30 г/л. При этом используется питьевая вода из городской линии водоснабжения.

Рабочий раствор используется до того момента, когда процесс цинкования проходит нормально при созданных оптимальных условиях. После этого отработанный раствор некоторое время хранят в больших емкостях, дожидаясь, пока в нем осядут взвешенные вещества, после чего разделяют их. Очищенная вода снова используется для приготовления исходного раствора электролита. Конечно, продолжать такое повторное использование раствора до бесконечности нельзя, поскольку, за счёт материала крепежей, в нем на каждом цикле возрастает концентрация железа, и в итоге приходится очищать раствора еще и от железа.

Сброс отработанных растворов в канализацию запрещен законодательством Республики Таджикистан: согласно санитарным нормам и правилам, перед сбросом в канализацию общего пользования воду необходимо сначала очистить до требуемого уровня.

Помимо отработанных растворов, в техпроцессе ООО «Точфилиз» образуются и другие сточные воды (за счет промывки строительных материалов перед отправкой на сушку в печь). Промывочные воды сливаются в бассейн для хранения отработанной воды.

В составе сточных вод производства крепежа присутствуют тяжелые металлы (цинк, железо, медь и др.), а также органические вещества. При сбрасывании сточной воды с таким составом в канализацию или в водные объекты происходит широкомасштабное их загрязнение. Кроме того, в гальванических ваннах накапливаются органические и неорганические вещества за счет сырья, из которого изготавливают гвозди и шурупы. Залповый сброс сточных вод из ванн (отработанные растворы) приводит к нарушению работы фильтроцикла, из-за чего эффективность очистки сточной воды снижается, и в канализацию сбрасывается неочищенная вода.

С учетом вышеописанных факторов и образованной ими экологической проблемы, нам предстояло исследовать состав сточной воды ООО «Точфилиз» и разработать технологию очистки, которая является объектом исследования.

***Исследование физико-химических показателей отработанных вод производства строительного крепежа.*** Для определения физико-

химических показателей отработанных растворов был использован мультиметр типа YSI 556 MPS (Multi-Probe System). Перед началом проведения работы оборудование было откалибровано под измеряемый диапазон с использованием официально сертифицированных стандартных образцов, затем с его помощью проводились измерения состава отработанного раствора технологии производства крепежа.

Подробные данные изменений физико-химических параметров приведены в таблице 1.

Исходя из табличных данных (табл. 1), по концентрации TDS (Total Dissolved Solids – общее содержание растворённых твердых веществ) и солености отработанные растворы следует признать загрязнёнными.

Таблица 1.

Физико-химические параметры исследуемого отработанного раствора

№ п/п	Определяемые параметры	Диапазон значений
1	pH	5,55-5,61
2	pHmV, мВ	50,18-51,68
3	ОПВ, мВ	143,61-179,95
4	Электропроводность, мСм	211,1-261,07
5	Удельная электропроводность, мСм/см	214,23-235,22
6	Сопротивление, Ом	3,83-6
7	Растворенный кислород, %	81,13-83,88
8	Концентрации растворенного кислорода, мг/л	1,89-3,61
9	Соленость, г/л	199,55-219,59
10	TDS, г/л	139,25-152,89
11	Температура, С	24,24-30,75

Следовательно, на основе полученных результатов можно сделать вывод, что отработанный раствор производства крепежа следует подвергнуть очистке от взвешенных веществ, тяжелых и токсичных металлов, а также других загрязнителей перед тем, как сбрасывать его в общую канализацию.

***Атомно-абсорбционный метод определения концентраций цинка и меди в отработанном растворе производства крепежа.*** Поскольку одним из наиболее точных методов определения содержания микроколичеств тяжёлых металлов в растворах является атомно-абсорбционный анализ, именно этот метод использовался для уточнения концентрации тяжёлых металлов в целях решения поставленной задачи. Принцип работы атомно-абсорбционного спектрометра (ААС) основан на явлении, когда атомы различных элементов поглощают свет с характерными длинами волн. Анализ образца на содержание определенного элемента означает использование света с длиной волны под этот элемент. Например, в случае с цинковой лампой, содержащей цинк, излучается свет от возбужденных атомов цинка, которые производят правильное сочетание длин волн, поглощаемых любыми атомами

цинка из образца. В ААС образец переводится в свободные атомы основного состояния в парообразном состоянии (распыляется), после чего через испарённый таким образом образец пропускается пучок света, испускаемого возбужденными атомами цинка. Пропорциональная количеству атомов цинка в образце часть электромагнитного излучения поглощается этими атомами, следовательно, чем больше в паре содержится атомов искомого вещества, тем больше излучения будет поглощено. Калибровочный график строится путем прогона нескольких (не меньше трёх) образцов известной концентрации цинка.

Исходя из вышесказанного, атомно-абсорбционному спектрометру для работы необходимы три компонента: ячейка образца для получения газообразных атомов; источник света; средство измерения удельного поглощенного света. Используемый нами спектрометр AAnalyst 800 в качестве источников света использует лампы с полым катодом. Такие лампы состоят из вольфрамового анода и цилиндрического полого катода, выполненного из определяемого элемента. Эти лампы запаяны в стеклянную трубу, которая заполнена неонем, аргоном или иным инертным газом под давлением.

Прежде, чем приступить к анализу пробы, анализатор необходимо откалибровать по каждому определяемому элементу и построить на основе полученных данных калибровочную кривую. Неизвестная концентрация элемента рассчитывается на основе построенного ранее калибровочного графика.

Калибровочный график строится при помощи стандартных растворов известных концентраций для каждого элемента. Получается калибровочная кривая, которая постоянно масштабируется по мере использования более концентрированных растворов – более концентрированные растворы поглощают больше излучения вплоть до определенного порога. Калибровочная кривая показывает концентрацию в зависимости от количества поглощенного излучения.

Концентрацию тяжелых металлов в отработанных растворах измеряли вышеуказанным методом с использованием спектрометра AAnalyst 800 с пламенной атомизацией элементов производства Perkin Elmer, США. Данный прибор работает с программным обеспечением «WinLab32», на котором выполнялся количественный анализ. В программе существует несколько способов анализа. Одним из них является WinLab32 AA Flame. Выбираем его, и с помощью данного способа измерения проводим анализ. Перед проведением измерения прибор был откалиброван стандартными растворами под цинк и медь, после чего проводились соответствующие измерения. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Как видно из табличных данных, концентрации цинка и меди для отработанных растворов производства крепежа ООО «Точфилиз» значительно превышают ПДК. Следовательно, сточные воды данного

предприятия нельзя сбрасывать в канализацию без предварительной очистки от цинка и меди.

Таблица 2.

Концентрации тяжелых металлов в отработанных растворах производства крепежа

№ п/п	Номер пробы	Концентрации металлов в отработанном растворе, мг/л	
		Zn	Cu
1	№1	25043	13,41
2	№2	25360	13,57
ПДК, мг/л		5	1

**Титриметрический метод определения концентрации железа в составе отработанных растворов производства крепежа.** Одним из основных методов определения железа является метод титриметрии. Сущность данного метода заключается в том, что ионы железа титруются с Трилоном Б в присутствии сульфосалициловой кислоты. Для проведения анализов на ионы железа нужно иметь азотную кислоту (концентрированную), гидроксид аммония (концентрированный и разбавленный в соотношении 3:100), соляную кислоту (1н раствор), Трилон Б (0,1н раствор) и сульфосалициловую кислоту.

Для анализа 100 мл исследуемого раствора помещают в коническую колбу на 250 мл и добавляют 5 мл концентрированной азотной кислоты. Затем раствор кипятят в течение 2 минут, после чего подвергают фильтрации. В горячий фильтрат добавляют гидроксид аммония до достижения pH=7-8 (примерно 20-30 мл). В результате образуется осадок, который содержит гидроксиды железа. Далее осадок несколько раз промывается разбавленным гидроксидом аммония и дистиллированной водой. Затем фильтр с осадком растворяется в 25-30 мл горячей соляной кислоты (1н), после чего полученный раствор доводят дистиллированной водой до 100 мл в мерной колбе. Результат интенсивно перемешивается, и из него отбирается 10 мл, которые помещают в другую колбу, далее добавляя к ним 10 мл дистиллированной воды и 0,1 г сульфосалициловой кислоты. Раствор титруют с Трилоном Б (0,1н) до получения из красно-бордовой окраски желтой.

После проведения всех этих стадий концентрации железа рассчитывают по следующей формуле:

$$C_{Fe} = \frac{V \cdot n \cdot 28}{m} \text{ (Г/л)},$$

где  $n$  – нормальность Трилона Б,  $V$  – объем 0,1н Трилона Б, который израсходуется на титрование железа (мл),  $m$  – количество исследуемого раствора, взятое на анализ (10 мл).

В ходе вышеописанной процедуры были определены концентрации железа исследуемых растворов производства крепежа. Они приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Концентрации железа в отработанных растворах производства крепежа

№ п/п	Номер пробы	Концентрации железа в отработанном растворе, мг/л	ПДК, мг/л
1	№1	248,7	0,3
2	№2	257,24	

Таким образом, на основе табличных данных можно сделать вывод, что концентрации железа очень высоки по отношению к ПДК и без предварительной очистки раствор нельзя сбрасывать в канализацию, и особенно в водные объекты.

**Определение мутности отработанного раствора производства крепежа с использованием метода турбидиметрии.** Одним из основных физико-химических параметров меры чистоты жидких проб является её мутность. Для уточнения мутности сточной воды (отработанный раствор) производства крепежа нами был использован турбидиметр типа HI 98703 производства компании Hanna Instruments, Германия.

Турбидиметр типа HI 98703 является высокоточным определителем мутности жидких проб. Этот прибор полностью соответствует требованиям EPA и USEPA Method 180.1 для питьевых и сточных вод. Результаты проверки качества сточной воды с помощью данного турбидиметра можно считать надежными. Он способен измерять мутность в диапазоне от 0,0 до 1000 NTU (Nephelometric Turbidity Unit - нефелометрических единиц мутности).

Турбидиметр имеет три функции измерения мутности. Выбор нужной функции зависит от диапазона измерения. Точность полученных результатов зависит от выбранной функции – функция единичного измерения позволяет сделать единичный замер, функция непрерывного измерения делает по несколько замеров одной пробы, позволяя оценить погрешность измерений, а функция усреднения результата делает замеры через определенные интервалы и затем выдает усредненное значение. Разумеется, наибольшую достоверность результатов обеспечивает функция усреднения. При ее выборе погрешность измерения не превышает 3%.

Кроме того, точность измерения зависит от оптической системы прибора. Данный прибор имеет лампу накаливания и два высокочувствительных детектора. Первый детектор предусмотрен для улавливания проходящего света, а другой для – рассеянного света. Оба детектора способны обеспечивать стабильность измерений и минимизировать посторонний свет. Сначала прибор необходимо откалибровать, при

калибровке изменение яркости лампы компенсируется. Для проведения измерений мутности пробы используются специальные кюветы. Они сделаны из прозрачного стекла (диаметром 25 мм) и обеспечивают воспроизводимость измерений.

Для проведения калибровки прибора в комплект включены 4 стандартных образца, мутность которых равна 0,1, 15, 100 и 750 NTU (НЕМ). Прежде, чем приступить к измерению, была выполнена калибровка по всем вышеуказанным стандартным растворам. Далее проводилось измерение мутности отработанного раствора. Полученные результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Мутности отработанных растворов производства крепежа			
№ п/п	Проба	Мутность, НЕМ	ПДК, НЕМ
1	№1	931,3	2,6
2	№2	1274	

Как видно из табличных данных, мутность пробы №1 находится ниже максимального измеряемого значения прибора, тогда как мутность пробы №2 выше этого порога. Мутность пробы №2 была уточнена методом разбавления: образец разбавлялся дистиллированной водой, и затем проходил фильтрацию на фильтрах с диаметром пор 0,2 мкм трижды, до получения у фильтрата нулевой мутности. Затем, с учетом степени разбавления, была подсчитана мутность исходной пробы.

Полученные результаты показывают, что мутность отработанных растворов производства крепежа очень высока, и их необходимо очистить до требуемой нормы.

### **Факторы, влияющие на процесс удаления цинка, железа и меди из отработанного раствора производства крепежа, и их обсуждение**

*Влияние времени перемешивания исследуемого раствора на степень его очистки от цинка, железа и меди при использовании трехвалентного сульфата алюминия в качестве коагулянта.* С целью очистки раствора производства крепежа от металлов (цинка, железа и меди) коагуляционным методом в качестве коагулянта применялся сульфат алюминия. Для уточнения его эффективности была проведена серия опытов по удалению вышеуказанных элементов из растворов, состав которых приведен в таблицах 2 и 3.

Для проведения процесса коагуляции был использован флокулятор типа Flocculator 2000. В комплект данного прибора входят литровые стеклянные стаканы, которые и использовались в ходе опытов. Каждый из них заполнялся 1 л исследуемого сточного раствора, и сперва подвергался 60-секундному быстрому перемешиванию со скоростью 400 об/мин. Затем следовало медленное перемешивание со скоростью 75 об/мин, в течении от 35 до 59

мин. Запуск программы прибора выполнялся после добавления рассчитанных доз сульфата алюминия. Для поддержания pH среды в интервале 6-6,5 вводился оксид кальция. После окончания времени перемешивания растворы отстаивались в течение 50 минут и затем подвергались фильтрации с фильтром диаметром отверстий 0,45 мкм. Для этого была использована установка для фильтрации, производства компании Millipore.

Опыты проводились в интервале температур 10-30°C. Прежде всего были приготовлены 10% растворы сульфата алюминия и полиакриламида анионного типа (ПАА) с дистиллированной водой. Используемая в опытах дистиллированная вода подвергалась механической очистке – фильтрованию, с использованием фильтров с диаметром пор 0,2 мкм.

Сначала была исследована зависимость степени удаления металлов от времени перемешивания. Полученные опытные результаты представлены на рисунке 1.

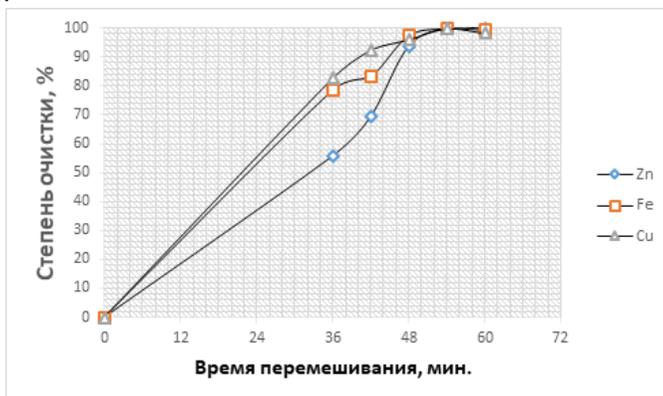


Рисунок 1. Зависимости степени очистки раствора от металлов при времени перемешивания от 36 до 60 минут.

Как видно из рисунка 1, что при 36 и 42 минутах времени перемешивания самая высокая степень очистки раствора получается от меди. Это зависит от ее концентрации в исходном растворе, поскольку она очень низкая. Наименьшая степень очистки раствора в данном случае достигается от цинка. Это связано с тем, что его концентрация в исходном растворе очень велика. При этом степень удаления железа из раствора на 9,2% уступает меди. Когда время перемешивания составляет 48 минут, степень очистки раствора от железа повышается и составляет 97,48%, а для цинка эта величина равна 93,71%. Несмотря на это, при 54 минутах времени перемешивания степень очистки раствора для всех трех элементов становится выше 99%. Дальнейшее увеличение продолжительности процесса до 60 минут не привело к улучшению степени удаления металлов.

**Влияние дозы трехвалентного сульфата алюминия на степень очистки раствора от тяжелых металлов при времени перемешивания 54 минут.** Дальнейшие исследования проводились по изучению зависимости степени очистки раствора от металлов при 54 минутах времени перемешивания. Условия проведения опытов были теми же, что и для предыдущих заготовок. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

Экспериментальные данные, отраженные на рисунке 2, показывают, что при дозе сульфата алюминия 4 г/л наибольшая степень очистки раствора от металлов получается для железа, а наименьшая – для цинка. Разумеется, это зависит от их концентраций в исходном растворе. При увеличении дозы коагулянта до 6 г/л эффективность удаления железа снова превосходит эффективность удаления цинка и меди. Когда доза коагулянта увеличивается до 8 г/л, степени очистки от железа и меди почти сопоставимы, а цинк им уступает. При увеличении дозы коагулянта до 10 г/л степень очистки от цинка, железа и меди становится выше 99%.

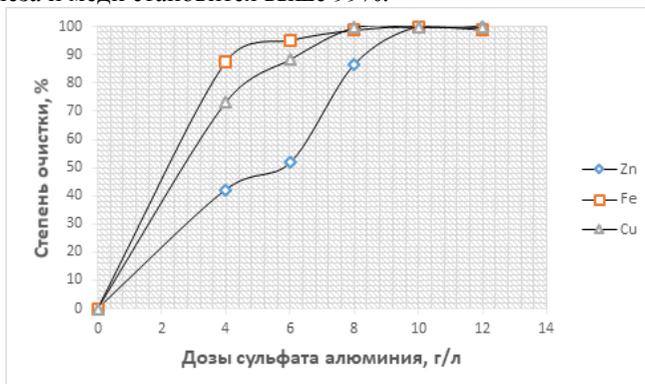


Рисунок 2. Зависимости степени очистки раствора от металлов при дозах сульфата алюминия от 4 г/л до 12 г/л.

Дальнейшее увеличение дозы коагулянта до 12 г/л приводит к ухудшению процесса коагуляции. При этом остаточная концентрация алюминия в несколько раз превышает значение его ПДК. Также было обнаружено содержание сульфат- и хлорид-ионов, превышающее ПДК.

**Влияние количества замутнителя на степень очистки раствора от цинка, железа и меди.** Еще одним фактором, влияющим на процесс коагуляции сточных растворов, является замутнитель. В качестве замутнителя была использована глина. Характеристика использованной глины приведена во второй главе. Количество вводимой в раствор глины бралось в интервале 1-4 г/л. Полученные результаты представлены на рисунке 3.

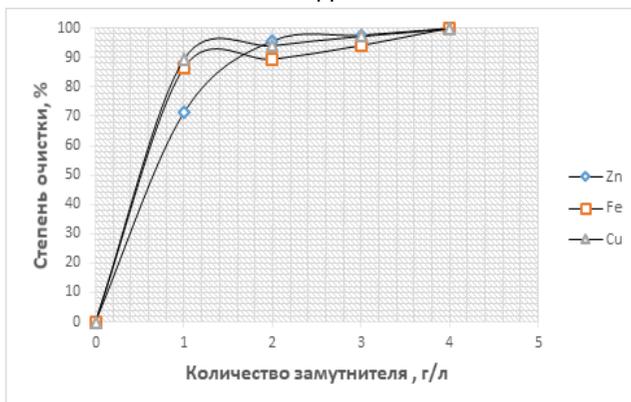


Рисунок 3. Зависимости степени очистки раствора от количества замутнителя при продолжительности процесса 54 минут, дозе коагулянта 10 г/л и дозе флокулянта 5 г/л.

Как видно из рисунка 3, при 1 г/л вводимого замутнителя степень очистки раствора от цинка, железа и меди составила 71-90%. При этом в наибольшей степени удалялась медь. Нарастивание объема замутнителя до 2 г/л позволило улучшить эффективность очистки раствора почти до 89-96%. Дальнейшее увеличение количества замутнителя (до 4 г/л) дало улучшение результата – степень очистки раствора от металлов составила выше 99%.

***Влияние температуры на степень очистки раствора от цинка, железа и меди методом коагуляции.*** С целью исследования влияния температуры на степень очистки раствора от цинка, железа и меди была проведена серия опытов. Дозы сульфата алюминия для них брались в 10 г/л, ПАА 5 г/л (флокулянт), количество замутнителя – 4 г/л, время перемешивания 54 минуты, оксид кальция добавлялся до достижения рН раствора 6-6,5. Полученные результаты приведены в таблице 5.

Как видно из табличных данных, с ростом температуры степень очистки раствора от цинка, железа и меди увеличивается. Концентрация меди уже при температуре 15°C стала ниже ПДК для питьевой воды. Для цинка значения ниже ПДК достигаются только при температуре 25°C, а для железа при температуре 20°C.

Процесс очистки раствора от цинка, железа и меди после коагуляции раствора контролировался методами атомно-абсорбционной спектроскопии и титриметрии.

Зависимость степени осаждения цинка, железа и меди из раствора от температуры

№ п/п	Определяемые элементы	Концентрации тяжелых металлов в исходной пробе	Температура	Остаточная концентрация	Степень очистки раствора
		мг/л	°С	мг/л	%
1	Zn	25360	10	11044,28	56,45
2			15	139,48	99,45
3			20	55,792	99,78
4			25	2,536	99,99
5			30	3,804	99,985
6	Fe	257,24	10	63,48	75,32
7			15	2,83	98,9
8			20	0,26	99,9
9			25	0,13	99,95
10			30	0,2	99,92
11	Cu	13,57	10	2,6665	80,35
12			15	0,1737	98,72
13			20	0,0244	99,82
14			25	0,0095	99,93
15			30	0,0054	99,96

**Факторы, влияющие на мутность раствора при очистке его от тяжелых металлов коагуляционным методом.** В ходе проведения экспериментов также была изучена зависимость мутности очищенного раствора от дозы сульфата алюминия в качестве коагулянта. Полученные опытные результаты представлены на рисунке 4.

Как уже было отмечено, мутность исходного раствора производства крепежа равна 1274 НЕМ. Из рисунка 4 видно, что при дозе коагулянта 4 г/л его мутность уменьшается почти на 55%. При увеличении дозы коагулянта до 6 г/л мутность раствора уменьшается еще на 75%. При дозе коагулянта в 8 г/л значение мутности становится 2,98 НЕМ, что означает ее снижение на 99,76%. Наименьшая мутности раствора получается при 10 г/л дозы коагулянта и составляет 1,74 НЕМ. При дальнейшем увеличении дозы коагулянта до 12 г/л мутность раствора снова начинает повышаться и становится 37,4 НЕМ.

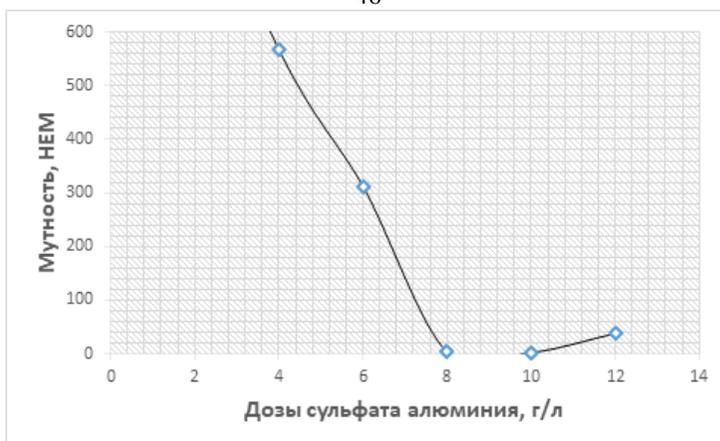


Рисунок 4. Зависимость мутности очищенного раствора от дозы сульфата алюминия при удалении металлов.

Также была изучена зависимость мутности раствора от времени перемешивания. Полученные результаты представлены на рисунке 5.

Как видно из рисунка 5, мутность очищенного раствора достигает уровня ниже ПДК (2,6 НЕМ) только при времени перемешивания от 54 до 60 минут, и составляет в итоге 1,74 и 1,67 НЕМ соответственно.

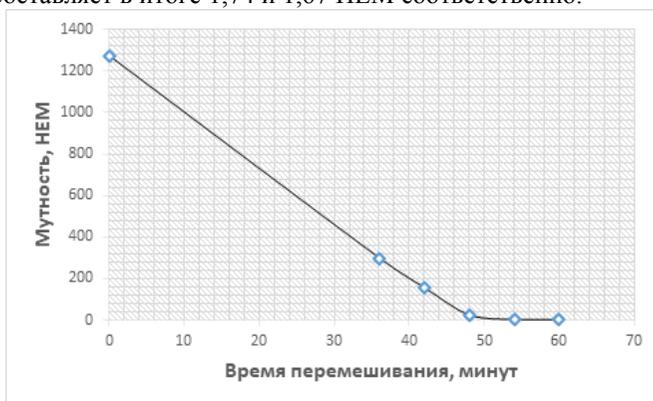


Рисунок 5. Зависимость мутности очищенного раствора от времени перемешивания при удалении металлов.

Также была изучена зависимость мутности раствора от количества замутнителя. Полученные результаты представлены на рисунке 6.

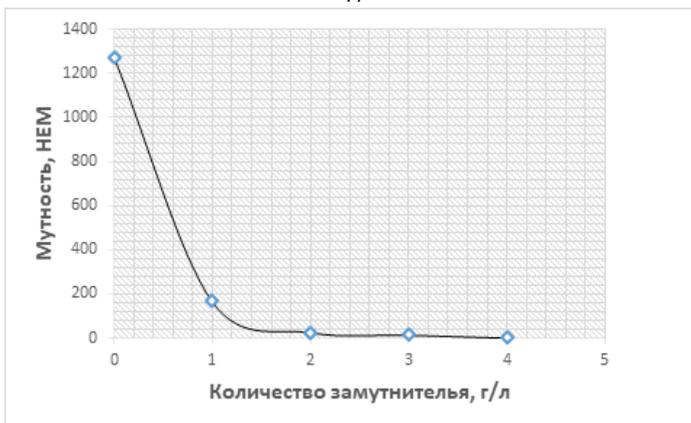


Рисунок 6. Зависимость мутности очищенного раствора от количества замутнителя при удалении металлов.

Из данных, представленных на рисунке 6, можно заключить, что мутность раствора ниже ПДК достигается только при количестве замутнителя 4 г/л и составляет 1,74 НЕМ.

Таким образом, при дозе коагулянта 10 г/л, времени перемешивания 54 минуты и количестве замутнителя 4 г/л можно достичь мутности ниже ПДК для питьевой воды.

**Исследование изменений физико-химических параметров при очистке раствора от металлов коагуляционным методом.** После очистки раствора от цинка, железа и меди все исследуемые пробы были использованы для уточнения изменения физико-химических параметров с помощью мультиметра YSI 556 MPS. На первом этапе данный прибор был откалиброван с помощью сертифицированных стандартных растворов, затем проводились измерения. Сначала исследовались изменения физико-химических параметров в зависимости от дозы сульфата алюминия в качестве коагулянта при времени перемешивания 54 минуты, дозе флокулянта 5 г/л и количестве замутнителя 4 г/л. Полученные результаты по этим пробам представлены на рисунке 7.

Как видно из рисунка 7, при дозе коагулянта 4 г/л значения трех исследуемых параметров снизилась на величины от 47% до 63%. Когда доза коагулянта составляет 6 г/л, эта снижение исследуемых параметров продолжается и доходит почти до 74%. Дальнейшее увеличение дозы коагулянта до 8 г/л приводит к снижению их значений от 91% до 98%. При увеличении дозы коагулянта до 10 г/л степень их снижения составляет от 98,4% до 99,5%. В этом случае значения удельной электропроводности, солености и TDS составили 3,61 мСм/см, 1,23 г/л и 0,87 г/л соответственно.

Дальнейшее увеличение дозы коагулянта не привело к улучшению состава исследуемых растворов.

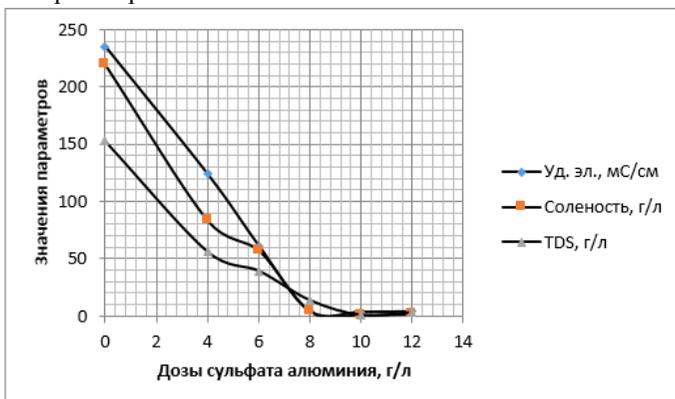


Рисунок 7. Зависимости изменения физико-химических параметров от дозы коагулянта.

Также была исследована зависимость изменения параметров от времени перемешивания при дозе коагулянта 10 г/л, дозе флокулянта 5 г/л и количестве замутнителя 4 г/л. Полученные результаты отражены на рисунке 8.

Из рисунка 8 видно, что с ростом времени перемешивания от 36 до 42 минут величины исследуемых параметров резко уменьшаются. В интервале от 48 до 54 минут эти изменения замедляются и останавливаются на снижении значений электропроводности до 3,61 мСм/см, солености до 1,23 г/л и TDS до 0,81 г/л. Дальнейшее увеличение времени перемешивания до 60 минут не привело к значительным изменениям исследуемых параметров.

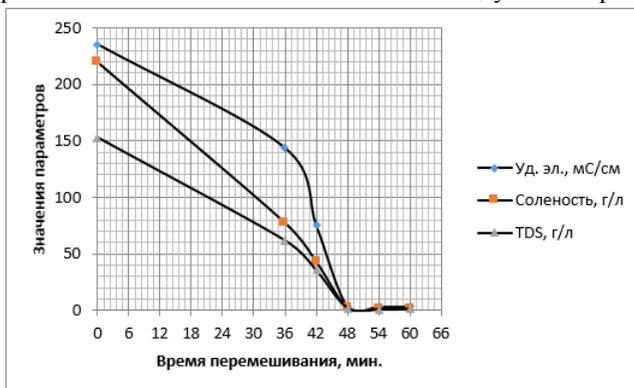


Рисунок 8. Зависимости изменения физико-химических параметров от времени перемешивания.

Также была исследована зависимость изменения параметров от количества замутнителя при дозе коагулянта 10 г/л и времени перемешивания 54 минуты. Полученные результаты по этим опытам представлены на рисунке 9.

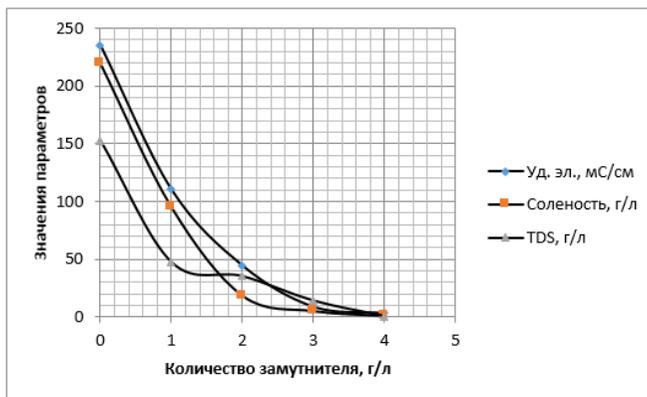


Рисунок 9. Зависимости изменения физико-химических параметров от количества замутнителя.

Из рисунка 9 видно, что значения всех исследуемых параметров с увеличением количества замутнителя от 1 до 4 г/л стабильно снижаются. При 4 г/л замутнителя достигается наибольшее снижение параметров – значения удельной электропроводности, солености и TDS составляют 3,61 мСм/см, 1,23 г/л и 0,81 г/л соответственно.

Таким образом, с увеличением дозы коагулянта от 4 до 12 г/л, времени перемешивания от 36 до 60 минут и количества замутнителя от 1 до 4 г/л величины удельной электропроводности раствора, его солености и TDS значительно изменяются. При оптимальных условиях (доза сульфата алюминия 10 г/л, ПАА 5 г/л, время перемешивания 54 минуты и количество замутнителя 4 г/л) их значения уменьшаются на 98,4, 99,43 и 99,47% соответственно.

Таким образом, основываясь на представленных выше результатах исследования и определённых оптимальных параметрах процесса очистки растворов коагуляционным методом, нами была разработана принципиальная схема технологического процесса очистки отработанного раствора электролитов производства крепежа ООО «Точфилиз» от тяжелых металлов (рис. 10). Эта схема состоит из стадии приготовления 10%-ного раствора сульфата алюминия, ввода определенной его дозы в исследуемый раствор, ввода флокулянта (ПАА) и замутнителя. Далее исследуемый раствор подвергается быстрому перемешиванию (60 секунд), медленному перемешиванию (53 минут), седиментации (50 минут), фильтрации и разделению на очищенный раствор и шлам.

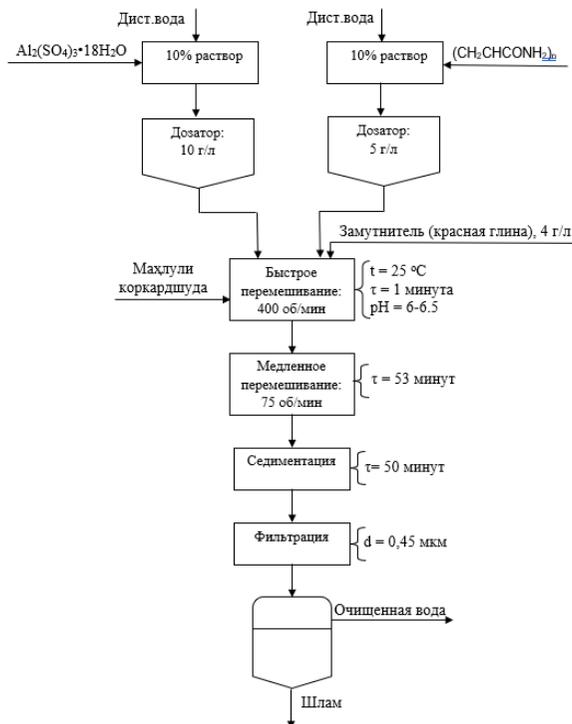


Рисунок 10. Принципиальная технологическая схема по очистке отработанного раствора производства крепежа ООО «Точфилиз» от цинка, железа и меди методом коагуляции.

**Сравнительный анализ результатов очистки отработанного раствора производства крепежа.** На основе полученных результатов по очистке отработанного раствора производства крепежа с применением пероксида водорода, оксида кальция и сульфата алюминия можно сделать вывод, что наибольшая степень очистки получается коагуляционным методом. При исследовании процесса обезжелезивания можно удалить железа всего на 53,86%, а меди – на 80%. Когда исследовался процесс очистки раствора химическим методом, степень очистки от цинка, железа и меди с оксидом кальция достигла 99,71%, 98,58% и 98,07% соответственно. При коагуляционном методе степень очистки раствора от цинка, железа и меди с сульфатом алюминия достигла 99,99%, 99,95% и 99,93% соответственно, позволив получить в итоге их концентрации, не превышающие ПДК для питьевой воды. В этом случае остаточная концентрация алюминия составила 0,21 мг/л, что тоже не превышает ПДК. Для других параметров также приведены сравнительные результаты, которые отражены в таблице 6.

Сравнительные результаты при оптимальных условиях проведения опытов по изменению физико-химических параметров отработанного раствора производства крепежа

№ п/п	Определяемые параметры	До очистки	После очистки	Степень изменения	После очистки	Степень изменения	После очистки	Степень изменения
			H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	%	CaO	%	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	%
1	Цинк, мг/л	25360	25132,7	0,89	73,54	99,71	2,536	99,99
2	Железо, мг/л	257,24	118,69	53,86	3,65	98,58	0,13	99,95
3	Медь, мг/л	13,57	2,6	81	0,26	98,07	0,009	99,93
4	Мутность, НЕМ	1274	541	57,53	2,14	99,83	1,74	99,86
5	Удельная электропроводность, мСм/см	235,22	217,1	7,7	116,57	50,44	3,61	98,46
6	Соленость, г/л	219,59	196,09	10,7	87,09	60,34	1,23	99,43
7	TDS, г/л	152,89	141,12	7,69	75,77	50,44	0,83	99,47

Таким образом, вышеприведённые опытные результаты позволяют заключить, что только применение коагуляционного метода с использованием сульфата алюминия в качестве коагулянта позволяет достичь оптимальной эффективности очистки отработанного раствора. Альтернативные реагенты (пероксид водорода и оксид кальция) уступают в этом качестве сульфату алюминия.

**Сравнение экономической эффективности предложенных методов очистки отработанных растворов производства крепежа.** Сравнение экономической эффективности исследуемых методов проводилось с учётом стоимости всех используемых реагентов. Поскольку последующие стадии процесса очистки, влекущие операционные расходы (такие, как смешивание, фильтрация, разделение фильтрата и шлама, а также логистические расходы на реагенты), для всех трёх методов одинаковы, они исключены из сравнительной характеристики этих методов. В экономическое обоснование, тем не менее, они включены полностью.

Метод очистки раствора с применением пероксида водорода в качестве окислителя требует затрат в размере 10,21 сомони/м<sup>3</sup> раствора. Эффективность очистки раствора при этом составляет 0,89% для цинка, 53,86% для железа и 81% для меди.

Реагентный метод очистки раствора с использованием оксида кальция требует затрат в размере 37,21 сомони/м<sup>3</sup>. Эффективность очистки при

использовании этого метода составляет 99,71% для цинка, 98,58% для железа и 98,07 для меди.

Коагуляционный метод очистки раствора с использованием сульфата алюминия в качестве коагулянта и ПАА в качестве флокулянта требует затрат в размере 10,11 сомони/м<sup>3</sup>. Эффективность очистки при использовании этого метода составляет 99,99% для цинка, 99,95% для железа и 99,93% для меди.

Из вышеприведённых расчётов можно сделать вывод, что метод коагуляции по сравнению с методом окисления металлов позволяет сэкономить 1076 сомони в год, а по отношению к реагентному методу экономия составляет почти 187 000 сомони в год.

Все указанные цены приведены по состоянию на май-август 2022 года.

Как следует из вышеприведённых расчётов, наиболее оптимальным с экономической зрения методом является метод коагуляции – он позволяет достичь значительно более высокой степени очистки раствора по сравнению с методом окисления перекисью водорода при практически одинаковой их стоимости, и при этом требует значительно более низких затрат по сравнению с реагентным методом с использованием оксида кальция.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

### 1. Основные научные результаты диссертации

1. В работе определены концентрации основных загрязняющих веществ отработанного раствора производства крепежа ООО «Точфилиз», в частности цинка, железа и меди [1-А, 2-А, 3-А].

2. Установлена оптимальная доза пероксида водорода для обезжелезивания отработанного раствора. Наибольшая степень очистки раствора от железа и меди достигается при дозе пероксида водорода 3 мл/л. При этом условии степень очистки раствора от железа и меди составила 53,84-81% [4-А, 6-А].

3. Исследовано влияние оксида кальция на процесс очистки раствора от цинка, железа и меди реagentным методом [5-А].

4. Установлены оптимальные параметры дозировки оксида кальция и pH среды при реagentном методе очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди. Наибольшая степень очистки раствора от них достигается при дозе оксида кальция 41,3 г/л и pH раствора 9,5. При этих условиях степень очистки раствора от цинка, железа и меди составила 98,07%-99,71% [7-А, 8-А].

5. Установлены оптимальные дозы коагулянта и флокулянта, время перемешивания, pH среды и количество замутнителя при коагуляционном методе очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди. Наибольшая степень очистки раствора от них достигается при дозе сульфата алюминия 10 г/л, дозе полиакриламида 5 г/л, времени перемешивания 54 минут, pH среды 6-6,5 и количестве замутнителя 4 г/л. При этих условиях степень очистки раствора от цинка, железа и меди составила 99,93%-99,99% [9-А, 10-А, 11-А, 12-А].

6. Также установлена зависимость степени очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди при интервале температур 10-30°C в коагуляционном методе. Полученные результаты показали, что наибольшая степень очистки воды от тяжелых металлов достигается при температуре 15-30°C и составляет 98,72%-99,99%.

7. Также определена зависимость мутности отработанного раствора от дозы сульфата алюминия, времени перемешивания и количества замутнителя при коагуляционном методе. Мутность очищенного раствора в этом случае составила 1,74 НЕМ, что почти на 30% ниже ПДК для питьевой воды [10-А, 12-А].

8. Экспериментальным путем определена зависимость удельной электропроводности, солености и TDS раствора от дозы сульфата алюминия, времени перемешивания и количества замутнителя. Наибольшая степень снижения их значений достигается при вышеперечисленных условиях, и в итоге они составляют 3,61 мСм/см, 1,23 г/л и 0,81 г/л соответственно [10-А].

9. Разработаны принципиальные технологические схемы процесса очистки отработанного раствора производства крепежа от цинка, железа и меди реагентным и коагуляционным методами.

## **2. Рекомендации по практическому использованию результатов**

Автором, на основе полученных экспериментальных данных, рекомендуется внедрение разработанных технологий по очистке отработанного раствора производства крепежа с целью очистки отработанного раствора и последующего его использования для приготовления исходного раствора электролита.

Реализация данной рекомендации позволит ООО «Точфилиз» заметно улучшить экологию города Бустон, а также экологию подземных вод указанного города, что в целом уменьшит степень миграции цинка, железа, меди и органических веществ.

### **Список публикаций соискателя по теме диссертации**

#### ***Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан***

- [1-А]. Бокизода, Д.З. Исследование физико-химических параметров проб электролита, используемого в производстве крепежа / Д.З. Бокизода, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№3-4 (7-8). –С.270-275.
- [2-А]. Бокизода, Д.З. Исследование состава сточной воды и шлама технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2020. -№3-4 (7-8). –С.286-290.
- [3-А]. Бокизода, Д.З. Исследование процесса обезжелезивания отработанных растворов технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2021. -№2 (54). –С.65-68.
- [4-А]. Бокизода, Д.З. Исследование технологии очистки гальваностокков реагентным методом / Д.З. Бокизода // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – Душанбе 2021. -№4 (56). –С.65-67.
- [5-А]. Бокизода, Д.З. Исследование изменения физико-химических параметров при процессе обезжелезивания сточных вод технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2021. -№3-4 (11-12). –С.330-334.
- [6-А]. Бокизода, Д.З. Исследование результатов очистки раствора от металлов при разных физико-химических параметрах / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2021. -№3-4 (11-12). –С.300-304.
- [7-А]. Бокизода, Д.З. Исследование изменения физико-химических параметров сточной воды производства крепежа при ее очистке от ионов

металлов коагуляционным методом / Д.З. Бокизода // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2022. - №2 (14). – С.169-173.

***Статьи, опубликованные в материалах международных и республиканских конференций***

[8-А]. Бокизода, Д.З. Исследование состава шлама технологии производства крепежа / З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Промышленный форум «Қадамҳои устувор баҳри рушди саноати миллӣ», посвященный 15-летию Горно-металлургического института Таджикистана, 24 апреля 2021г. – С.115-116.

[9-А]. Бокизода, Д.З. Коагуляционный метод очистки отработанных растворов производства крепежа от ионов металлов / М.М. Юнусов, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Научно-практическая конференция «Вклад ИА РТ в стратегических направлениях развития Таджикистана». Душанбе, 15 октября 2021г. –С.49-53.

[10-А]. Бокизода, Д.З. Очистки сточных вод производства крепежа реагентным методом / С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Республиканской научно-практической конференции – XVI-Нумоновских чтений «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», посвященной 75-летию Института химии имени В.И. Никитина НАНТ и 40-летию лаборатории «Коррозионностойкие материалы». Душанбе. 27 октября 2021г. –С200-203.

[11-А]. Бокизода, Д.З. Исследование факторов, влияющих на мутность сточной воды при её очистке от тяжелых металлов коагуляционным методом / З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев, Д.З. Бокизода // Материалы республиканской научно-практической конференции. Бустон, 30 октября 2021г. –С.25-28.

[12-А]. Bokizoda, D.Z. Study of physical and chemical parameters of the galvanic production wastewater / M.M. Yunusov, S.K. Hojiev, D.Z. Bokizoda // X Международной научно-практической интернет-конференции соискателей высшего образования и молодых ученых «Химия и современные технологии», Днепр, Украина, 23–24 ноября 2021г. –С.54-57.

[13-А]. Малый патент Республики Таджикистан №TJ 1247, МПК C02F 103/16. Способ очистки сточных вод от ионов металлов / С.К. Ходжиев, З.В. Кобулиев, З.З. Насриддинов, Д.З. Бокизода, Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов // №2101594; заявл. 28.09.2021г.; опубл. 18.03.2022г.

[14-А]. Бокизода, Д.З. Таҳлили муқоисавии натиҷаҳои тозашиви маҳлули коркардшудаи истеҳсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ / Ходжиев С.К., Бокизода Д.З. // Материалы научно - практической конференции посвященная изучению и развитию естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования 2020-2040гг. Бустон. 28 мая 2022 года. -С.123-124.

## АННОТАТСИЯ

ба диссертатсияи Бокизода Домулло Зафарчон дар мавзӯи Тозакунии обҳои шорандаи истехсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ аз металлҳои вазнин (дар мисоли ЧДММ «Точфилиз»), барои дарёфи дараҷаи илмӣ номзади илмҳои техникӣ аз рӯйи ихтисоси 25.00.27 - гидрологияи хушкӣ, захираҳои обӣ, гидрохимия.

**Калидвожаҳо:** оби шоранда, металлҳои вазнин, реагент, коагулятсия, коагулянт, тозакунӣ оби шоранда.

**Объекти таҳқиқот:** маҳлули коркардшудаи истехсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ ЧДММ «Точфилиз».

**Предмети таҳқиқот:** раванди тоза кардани маҳлули коркардшуда аз ионҳои рух, оҳан, мис ва моддаҳои муаллақ бо усулҳои физикию химиявӣ ҳангоми истифодабарии реагентҳои гуногуни химиявӣ.

**Мақсади таҳқиқот:** таҳияи технологияи тоза кардани маҳлули коркардшудаи истехсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ аз ионҳои рух, оҳан ва мис бо усулҳои физикию химиявӣ ҳангоми истифодабарии реагентҳои гуногуни химиявӣ ва баланд бардоштани бехатарии экологии муҳити зист.

**Навгониҳои илмӣ таҳқиқот** иборат аст аз: таҳқиқи таркиби физикию химиявӣ маҳлули коркардшудаи истехсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ; таҳқиқи раванди беҳангардонии маҳлули коркардшудаи истехсолоти масолеҳи маҳкамкунӣ; таҳқиқи вобастагии дараҷаи тозакунӣ маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис ҳангоми параметрҳои гуногун; таҳқиқи тағйирёбии электроноқилияти хос, дараҷаи шӯрӣ ва TDS-и маҳлул ҳангоми истифодабарии усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ; таҳқиқи таъсири pH-и муҳит ба раванди тоза кардани маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис бо усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ; таҳқиқи таъсири ҳарорат ба раванди аз рух, оҳан ва мис тоза кардани маҳлули коркардшуда бо усули коагулятсионӣ; таҳқиқи вобастагии тирагии маҳлул аз омилҳои раванди тозакунӣ маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис ҳангоми истифодабарии усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ; тартиб додани нақшаҳои нави принципалии технологияи раванди тоза кардани маҳлули коркардшуда аз рух, оҳан ва мис ҳангоми истифодабарии усулҳои химиявӣ ва коагулятсионӣ.

**Арзиши амалии таҳқиқот.** Дар айни замон захираи об манбаи асосии тараккиёти ҳар як корхона мебошад. Аз ин нуктаи назар, ҳифзи чунин сарчашмаҳо дар мадди аввал меистад. Аз ин рӯ, барои ифлос нашудани манбаъҳои оби тоза, бояд маҳлули коркардшударо пеш аз ба объектҳои обӣ ё корез партофтан ба андозаи зарурӣ тоза кардан лозим аст. Бо ин роҳ, бехатарии муҳити зист таъмин карда мешавад. Дар баробари ин, натиҷаҳои таҷрибаҳои ба даст овардашуда, ки дар кори диссертатсия оварда шудаанд, назаррас буда, ба таъмини саломатии аҳоли ва беҳтар намудани бехатарии экологии минтақа нигаронида шудаанд.

Корҳои асосии таҳқиқотӣ дар озмоишгоҳи таҳлили оби Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон ва озмоишгоҳи захираҳои об ва равандҳои гидрофизикии Институти пмасъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология гузаронида шуданд. Натиҷаҳои таҳқиқотии ба дастомадаро дар тайёр кардани бакалаврон ва магистрҳо барои ихтисосҳои 330101-05 «Ҷимояи муҳандисии муҳити атроф» ва 570101-03 «Мониторинги ҳолати муҳити атроф» дар кафедраҳои экология, обтаъминкунӣ ва обпартоии МОТ-и гуногун истифода бурдан мумкин аст.

## АННОТАЦИЯ

диссертации Бокизода Домулло Зафарджон на тему Очистка сточных вод крепёжного производства от тяжёлых металлов (на примере ООО «Точфилиз»), представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

**Ключевые слова:** сточная вода, тяжелые металлы, реагент, коагуляция, коагулянт, очистка сточной воды.

**Объект исследования:** отработанный раствор производства крепежа ООО «Точфилиз».

**Предмет исследования:** процесс очистки отработанного раствора от ионов цинка, железа, меди и взвешенных веществ физико-химическими методами с применением различных химических реагентов.

**Цель исследования:** разработка технологии очистки отработанного раствора производства крепежа от ионов цинка, железа и меди физико-химическими методами с применением различных химических реагентов и повышение экологической безопасности окружающей среды.

**Научная новизна исследования** состоит в: исследовании физико-химического состава отработанного раствора производства крепежа; изучении процесса обезжелезивания отработанного раствора производства крепежа; исследовании зависимости степени очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди при различных параметрах; исследовании изменений удельная электропроводности, солёности и TDS раствора при химическом и коагуляционном методах; исследованы влияния pH среды на процесс очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди при химическим и коагуляционным методам; исследовании влияния температуры на процесс очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди в коагуляционном методе; исследовании зависимости мутности раствора от факторов процесса очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди в химическом и коагуляционном методах; разработке принципиально новых технологических схем процесса очистки отработанного раствора от цинка, железа и меди в химическом и коагуляционном методах.

**Практическая ценность исследования.** В настоящее время водные ресурсы являются основным источником развития каждого предприятия. С этой точки зрения защита таких источников стоит на первом месте. Поэтому, чтобы не загрязнять источники чистой воды, необходимо очищать отработанный раствор до требуемой нормы перед сбрасыванием в водные объекты или в канализацию. Таким способом обеспечивается безопасность окружающей среды. При этом полученные экспериментальные результаты, которые изложены в диссертационной работе, являются значимыми и направлены на обеспечение здоровья населения и улучшение экологической безопасности региона.

Основные исследовательские работы были выполнены в лаборатории анализа воды Горно-металлургического института Таджикистана и лаборатории «Водные ресурсы и гидрофизические процессы» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии. Полученные исследовательские результаты могут быть применены при подготовке бакалавров и магистров по профилям 330101-05 «Инженерная защита окружающей среды» и 570101-03 «Мониторинг состояния окружающей среды» на кафедрах экологии, водоснабжения и водоотведения различных ВУЗов.

## ANNOTATION

to the thesis written by Boqizoda Domullo Zafarjon on Treating fasteners production wastewater of heavy metals (by the example of LLC “Tojfiliz”), offered in candidacy for a degree of candidate of technical sciences on specialty 25.00.27 – land hydrology, water resources, hydrochemistry.

**Keywords:** waste water, heavy metals, chemical agent, cogulation, coagulant, wastewater treatment.

**Research object:** spent solution of fasteners production enterprise LLC “Tojfiliz”.

**Research subject:** Process of treating spent solution to remove ions of zinc, iron, copper and suspended matters using physical and chemical methods with various chemical agents.

**Research purpose:** developing treating technology for spent solution of fasteners production to remove ions of zinc, iron, copper and suspended matters using physical and chemical methods with various chemical agents, and enhancing environmental safety.

**Academic novelty** consists of: researching physical and chemical composition of fasteners production spent solution; studying process of iron removal from fasteners production spent solution; studying dependency of efficacy of treatment solution of zinc, iron and copper on various parameters; studying variation in specific conductivity, salinity and TDS of the solution in chemical and coagulation treatment methods; studying influence of pH of the process environment on the process of treatment the spent solution of zinc, iron and copper in chemical and coagulation treatment methods; studying influence of temperature on the process of treatment the spent solution of zinc, iron and copper in coagulation treatment methods; studying dependence of solution turbidity on the factors of treatment process of the solution of zinc, iron and copper in chemical and coagulation treatment methods; developing novel technological schematics of treating the spent solution of zinc, iron and copper using chemical and coagulation methods.

**Practical value of the research.** In modern times, water resources are the fundamental source of development for every enterprise, which is why protecting them has top priority. Thus, to avoid contaminating sources of clean water, spent production solutions should be treated until necessary sanitary norms before dumping into water bodies or sewers. This way environmental protection is ensured. Given this, experimental results described in the current thesis may be acknowledged as valuable and aimed at ensuring health of the population and enhancing environmental safety of the region.

Research was mainly conducted in water study laboratory of Mining-metallurgical institute of Tajikistan and “Water resources and geophysical processes” laboratory of the Institute of water problems, hydropower and ecology. Research results can be used in the study process of bachelors and magisters of specialties 330101-05 «Engineering environmental protection» and 570101-03 «Environmental state monitoring» on ecology, water supply and water drainage chairs of various higher education institutes.