

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ
КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

Эркабаев Фурқат Ильясович

**Cr(VI) тутган саноат чиқиндиларини қайта
ишлаш технологиясини яратиш**

02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2018

Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)
Contents of the abstract of dissertation doctor of science (DSc)

Эркабаев Фуркат Ильясович

Cr(VI) тутган саноат чиқиндиларини қайта ишлаш технологиясини
 яратиш..... 3

Эркабаев Фуркат Ильясович

Разработка технологии переработки Cr(VI)-содержащих промышленных
 отходов..... 33

Erkabaev Furkat Ilyasovich

The development of technology for processing of Cr (VI) - containing
 industrial waste 53

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
 List of published works..... 58

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ
КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

ЭРКАБАЕВ ФУРКАТ ИЛЪЯСОВИЧ

**Cr(VI) ТУТГАН САНОАТ ЧИҚИНДИЛАРИНИ ҚАЙТА
ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2018

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида 31.03.2016/В2016.1.Т591 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида «ZIYONET» ахборот-таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Ахмедов Улуғ Каримович
кимё фанлари доктори, профессор

**Расмий
оппонентлар:**

Гуро Виталий Павлович
кимё фанлари доктори

Сайфутдинов Рамзиддин Сайфутдинович
техника фанлари доктори, профессор

Шамшидинов Исроил Турсунович
техника фанлари доктори

Етакчи ташкилот:

Наманган муҳандислик-технология институти

Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти ва Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик Илмий кенгашнинг “_____” _____ 2018 йил соат_____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100170, Тошкент ш., М.Улуғбек кўч., 77а. Тел: (99871) 262-56-60, факс (99871) 262-79-90, E-mail: ionxanruz@mail.ru).

Докторлик диссертацияси ЎзР ФА Умумий ва ноорганик кимё институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумин (№_____ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100170, Тошкент ш., М.Улуғбек кўч., 77а. Тел: (99871) 262-56-60.

Диссертация автореферати 2018 йил «____» _____ куни тарқатилди.
(2018 йил «____» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

Б.С.Закиров

Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш раиси, к.ф.д.

Д.С.Салиханова

Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д.

С.Тухтаев

Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
к.ф.д., профессор, академик

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда бугунги кунда кимёвий реагентлар асосан табиий, техник, саноат оқава сувлари ва юқори концентрацияли чиқинди эритмаларни турли табиатга эга бўлган қўшимчалардан тозалашда, шунингдек турли металллар бирикмаларини ажратиб олишда кенг қўлланилади. Саноат оқава сувлари ва чиқинди эритмаларини тозалашда, улардан қора ва рангли металллар ионларини ажратиб олишда замонавий кимёвий реагентлар ва усулларни қўллаш, юқори иқтисодий ва экологик самарадорликка олиб келади.

Бугунги кунда жаҳонда ишлаб чиқариш корхоналарининг асосий вазифалардан бири чиқиндисиз технологиялар яратиш, саноат оқава сувларини тозалаш, қаттиқ чиқиндиларни, технологик эритмаларни қайта ишлаш ва улардан турли металллар ва бошқа фойдали бирикмаларни ажратиб олиш ҳисобланади. Замонавий корхоналарда қаттиқ чиқинди ҳосил бўлишининг олдини олиш мақсадида чиқиндиларни қайта ишлашда корхоналарда ёнаки маҳсулот сифатида чиқадиған олтингугурт (VI) оксиди, гидразин каби газлардан фойдаланилади.

Республикаимизда саноат оқава сувлари ва чиқинди эритмаларни тозалашда маҳаллий хом ашёлар асосида турли хилдаги кимёвий реагентларни яратиш ва уларни қўллаш технологияларини ишлаб чиқиш борасида маълум назарий ва амалий натижаларга эришилди. Бу борада оқава сувлар ва чиқинди эритмаларни зарарсизлантириш, улар таркибидаги металл бирикмаларни ажратиб олиш бўйича олиб борилаётган ишларни аълоҳида таъкидлаш керак. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришга қаратилган Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида «саноатнинг юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом-ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш»га қаратилган муҳим вазифалар белгиланган. Бу борада, маҳаллий хом-ашёлар асосида олинган, экологик ҳавфсиз реагентлардан фойдаланиб, саноат оқава сувларини тозалаш ва технологик эритмаларни қайта ишлаб, турли металллар ионларини ажратиб олиш муҳим аҳамият касб этиб, экологик нуқтаи назардан ўта долзарб ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707 сон «2015–2019 йилларда ишлаб чиқаришни таркибий ўзгартириш, модернизация ва диверсификация қилишни таъминлаш бўйича чоратадбирлар дастури тўғрисида»ги ва 2017 йил 2 февралдаги ПФ-4947 сонли «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармонлари, шунингдек 2015 йил 29 майдаги ПҚ-14 сонли «2015-2017 йилларда Сурхондарё вилоятининг саноат салоҳиятини ривожлантириш

дастури тўғрисидаги» Қарори, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий–ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотларнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи¹

Саноат оқава сувлари ва чиқинди эритмаларни тозалаш учун турли қайтарувчилар яратиш ва уларни қўллашнинг самарали усуллари ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан: National Research Council (АҚШ), Environment Canada's National Water Research Institute (Канада), Institute for Global Environment Strategies (Япония), Nanyang Technological University (Сингапур), Safe Drinking Water Committee, Belhim (Белорусия), Technical Adviser (Chemical) Government of Gujarat Industries commissioner (Ҳиндистон), VVP Engineering College (Ҳиндистон), United States Environment Protection Agency, Institute of Chemical Engineering, Bulgarian Academy of Science (Bulgaria), НИЦПИУ (Россия), ИКХХВ (Украина) ҳамда Умумий ва ноорганик кимё институтида олиб борилмоқда.

Саноат оқава сувлари ва чиқинди эритмаларини ноорганик моддалар, шунингдек оғир металллардан тозалашга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: оқава сувлар ва чиқинди эритмалардан симоб, кадмий, мишьяк, хром, мис, рух каби металл катионларини ажратиб олиш технологияси яратилган (National Research Council, АҚШ, Safe Drinking Water Committee, Belhim (Белорусия), фаол сорбцион хусусиятга эга адсорбентлар лигнин, бентонит ва цеолитлар ёрдамида саноат оқава сувларини адсорбция усулда тозалашнинг илмий асослари яратилган (Technical Adviser (Chemical,) Government of Gujarat Industries commissione, Ҳиндистон), термик ва кислотали қайта ишлов берилган фаолланган кўмрдан фойдаланиб, саноат оқава сувларини органик ва ноорганик қўшимчалардан тозалаш усуллари яратилган (VVP Engineering College, Ҳиндистон), саноат оқава сувлари ва чиқинди эритмаларидан кадмий, хром, никель, мис ва рухдан тозалаш усуллари ишлаб чиқилган (Томск политехника университетининг илмий изланишлар миллий маркази, Россия).

Дунёда саноат оқава сувларини тозалаш ва чиқинди эритмаларни қайта ишлаш учун турли усулларда нейтраллаш, оғир металл ионларини

¹ Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи <http://www.iges.or.jp/en>; <http://www.ntu.edu.sg>; www.newswise.com; <https://en.wikipedia.org>; www.mass.gov; <https://ic.gujarat.gov.in>; www.ionx.uz ва бошқа манбалар асосида бажарилган.

зарарсизлантириш бўйича қатор, жумладан қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: алюминий, темир, шунингдек уларнинг бирикмалари асосида янги қайтарувчи реагентлар, тозалаш ва керакли компонентларни ажратиб олишнинг янги усуллари яратиш, турли металл ионларига тўйинган саноат оқава сувлари ва чиқинди эритмаларини турли рН муҳитларида тозалай оладиган композицион реагент-қайтарувчилар яратиш, оқава сув ва чиқинди эритмаларни қайта ишлаш жараёнларини такомиллаштириш, янги, самарали, экологик ҳавфсиз қайтарувчи реагентлар яратиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Тадқиқот мавзусига доир илмий-техникавий адабиётларда ўрганилаётган объектнинг дисперс тизимларда коллоид-кимёвий жараёнлар (хоссалар)ни ўрганиш ва тартибга солиш, уларни яратиш масалалари муҳокама қилинади. Ўзбекистонда коллоид кимё соҳасида академик К.С. Ахмедов бошчилигида илмий мактаб яратилган бўлиб, унинг вакиллари Э.А. Арипов, Ф.Л. Глекель, С.С. Хамраев, С.Н. Аминов, А.А. Агзамходжаев, У.К. Ахмедов, Г.У. Рахматқариев, Ишанходжаев С., В.П. Гуро, С.З. Мўминов, Г.Р. Нарметова, И.К. Сатаев, О.К. Бейсенбаев, З.Тожиҳўжаев ва бошқалар унинг ривожланиши учун салмоқли ҳисса қўшганлар. Шунингдек керакки, ҳозирги пайтгача электрокимё, металлургия ва шу каби бошқа ишлаб чиқариш корхоналари оқава сувлари, технологик эритмалари таркибидан турли металл бирикмаларини ажратиб олиш учун маҳаллий хом-ашёлар асосида экологик ҳавфсиз қайтарувчи реагентлар топиш борасида етарлича тадқиқотлар олиб борилмаган.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим ёки илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий тадқиқот ишлари режасининг ФА-А13-Т159 «Техноген чиқитлар ва технологик эритмалардан рангли ва нодир металлларни ажратиб олиш технологияси» (2012-2014 йй.) мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади экологик ҳавфсиз, ноанъанавий органик қайтарувчи-ёғоч қипиғи ёрдамида Cr(VI) тутган саноат чиқиндиларини комплекс қайта ишлаш технологиясини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

олти валентли хром ионларини қайтаришга яроқли хом ашё материалларнинг таркиби ва физик-кимёвий хоссаларини аниқлаш;

қайтарилиш жараёни оптимал шароитлари ва компонентлар нисбатларини аниқлаш;

олти валентли хром ионларини органик қайтарувчи-ёғоч қипиғи ёрдамида хром (III) гача қайтарилиш механизмининг тадқиқ қилиш;

технологик чиқинди эритмаларни қўшимчалардан тозалаш усуллари яратиш;

чиқинди хромат эритмалардан хром (III) оксидини ажратиб олиш ва ишлаб чиқаришнинг турли соҳаларида қўллаш;

ёғоч қипиғини қайтарувчи реагент сифатида ўта заҳарли чиқинди хромат эритмаларини қайта ишлаш жараёнида қўллашнинг техник-иқтисодий самарадорлигини баҳолаш.

Тадқиқотнинг объекти гальваник ишлаб чиқариш корхоналари юқори концентрацияли чиқинди хромат эритмалари, оқава сувлари, модел технологик эритмалар ва ёғочни қайта ишлаш корхоналари чиқиндиси–ёғоч қипиқлари.

Тадқиқотнинг предмети олти валентли хром ионларининг қайтарилиш жараёнлари, қайтарилиш ва металл оксидларини ажратиб олиш жараёни қонуниятлари, шунингдек олинган маҳсулотни саноатнинг турли тармоқларида қўллаш.

Тадқиқотнинг усуллари. Кимёвий, физик-кимёвий (ИК-спектроскопия, рентген фазовий, аналитик ва бошқа) тадқиқот ва таҳлил усуллари қўлланилган.

Диссертация тадқиқотининг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

чиқинди хромат эритмаларда Cr(VI) ионларининг Cr(III) гача целлюлоза ёрдамида қайтарилиши кучли кислотали муҳитда ёғоч таркибидаги целлюлозанинг кимёвий модификацияланиши натижасида очиқ занжирли макромолекулалари ҳосил бўлиши ҳисобига бориши аниқланган.

кучли кислотали шароитда целлюлоза структурасида кам учрайдиган альдегид гуруҳлари сонининг кўпайиши натижасида унинг қайтариш хусусияти янада кучайиши исботланган.

қайтарилиш жараёнида маҳсулотнинг (Cr_2O_3) чиқими жараёнда қатнашадиган хром (VI) ионлари, қайтарувчи ва сульфат кислотанинг нисбатларига боғлиқ бўлиб, у 1:1:1,6 эканлиги аниқланган;

қайтарилиш жараёни самарадорлигининг муҳит рН, харорати, реакцияда қатнашадиган хром (VI) ионлари, қайтарувчи ва сульфат кислотанинг миқдорлари ўртасидаги корреляцион боғлиқлик ўрнатилган.

қайта ишланадиган чиқинди хромат эритмаларни кальций сульфат ва темир (III) гидроксидлардан тозалаш жараёнининг оптимал шароитлари аниқланган;

ўта заҳарли чиқинди хромат эритмаларини қайта ишлаб, металл оксидларини ажратиб олишнинг чиқиндисиз технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

чиқинди хромат эритмалардаги ўта заҳарли хром(VI) ионларини қайтариш учун арзон, осон топиладиган, экологик хавфсиз органик қайтарувчи-ёғоч қипиғини қўллаш технологияси ишлаб чиқилди;

чиқинди эритмаларни комплекс қайта ишлаш технологияси яратилган ва технологик регламент ишлаб чиқилган;

хром (VI) ионларини хром (III) гача қайтаришнинг оптимал шароитлари ўрнатилган, хром (III) оксиди ажратиб олиш ва керамик плиткалар учун рангли глазулар тайёрлаш технологияси яратилган;

олинган хром (III) оксиди асосида абразив материал-паста ГОИ тайёрлаш усули ишлаб чиқилган;

яратилган технология бўйича дастлабки техник-иқтисодий ҳисоб-китобларга кўра, 1 м³ чиқинди эритмани қайта ишлаш натижасида 834 200 сўмлик фойда олинган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Кимёвий ва физик-кимёвий таҳлил натижалари тажриба-саноат синовидан ўтганлиги билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, чиқинди технологик эритмаларни қайта ишлашда, хусусан олти валентли хром ионларини зарарсизлантириш жараёнининг самарали бориши компонентлар таркиби, нисбатлари ва чиқинди эритманинг бошланғич концентрациясига узвий боғлиқлиги изоҳланди.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, чиқинди хромат эритмаларни қайта ишлашда ёғоч кипиғини органик қайтарувчи сифатида четдан келтириладиган натрий сульфит, натрий бисульфит, темир(II) сульфат каби реактив қайтарувчиларга рақобатчи реагент сифатида қўллаб, чиқиндига ташланадиган шлам ўрнига товар маҳсулотлари олиш технологияси яратилди.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ўта заҳарли чиқинди хромат эритмаларни қайта ишлаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

яратилган ўта заҳарли хром Cr(VI) тутган саноат чиқиндиларини комплекс қайта ишлаш технологияси «METFURSERVIS» МЧЖ ишлаб чиқариш корхонасида амалиётга жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш давлат қўмитасининг 2018 йил 11 январдаги 03-03/2-36-сон маълумотномаси). Натижада ўта заҳарли чиқинди хромат эритмалар тўлиқ қайта ишланиб, товар маҳсулотлари олиш имконини берган.

олинган хром (III) оксиди асосида абразив материал тайёрланган ва фурнитура ҳамда металлларни қайта ишлайдиган «NISHON-N» МЧЖ корхонасида фурнитура буюмларини сайқаллашда амалиётга жорий қилинган («ЎЗҚУРИЛИШМАТЕРИАЛЛАРИ» АЖ 2017 йил 28 декабрдаги ББ-01/03/5142-сон маълумотномаси). Натижада абразив материалларни маҳаллий хом-ашёлардан тайёрлаш ва валюта заҳираларини тежаш имконини берган.

олинган хром пигментини «ART GLOSS GALLERY» МЧЖ қўшма корхонасида керамик плиткалар учун рангли глазулар тайёрлашда

амалиётга жорий қилинган («ЎЗҚУРИЛИШМАТЕРИАЛЛАРИ» АЖ 2017 йил 28 декабрдаги ББ-01/03/5142-сон маълумотномаси). Натижада рангли глазурилар тайёрлаш таннархи 20 % га арзонлаштиришга имконият яратилди.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот ишининг натижалари 8 та, жумладан 3 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 23 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 15 та мақола, жумладан, 12 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр этилган, шунингдек Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлигига (№ІАР 20160288) патент учун ариза билан мурожаат қилинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 189 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ҚИСМИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Чиқинди эритмалар ва оқава сувларни зарарсизлантиришнинг ҳозирги пайтдаги ҳолати таҳлили ва қайта ишлаш усуллари»** деб номланган биринчи бобида чиқинди эритмалар ва оқава сувларни зарарсизлантиришнинг ҳозирги пайтдаги ҳолати таҳлили ва уларни қайта ишлаш усуллари; мавжуд реагент-қайтарувчиларнинг физик-кимёвий хоссалари; олти валентли хром ионларни қайтаришда борадиган жараёнлар ҳақида сўз юритилган. Ушбу муаммо бўйича нашр қилинган кўплаб ишлар таҳлил қилиб чиқилди. Юқори концентрацияли саноат чиқинди эритмаларини қайта ишлаш бўйича кўриб чиқилган илмий ишларга танқидий ёндашиш асосида ушбу диссертация ишининг мақсади ва вазифалари белгилаб олинган.

Диссертациянинг **«Чиқинди хромат эритмаларда хром (VI) ионларининг қайтарилиш жараёни тадқиқи ва жараённинг оптимал шароитларини аниқлаш»** деб номланган иккинчи бобида турли параметрларнинг хром (VI) ионлари қайтарилиш жараёнига таъсири ва жараённинг оптимал шароитларини аниқлаш бўйича натижалар келтирилган.

Маълумки, олти валентли хром ионларини қайтаришнинг турли усуллари мавжуд бўлиб, улар иккита катта: кимёвий ва электрокимёвий гуруҳларга бўлинади.

Олти валентли хром ионларини электрокимёвий усулда қайтаришда ток бўйича чиқим жуда кичик (16%). Чиқинди эритмалардаги олти валентли хром ионларини электрокимёвий усулда қайтариш жараёнининг оптимал параметрларини аниқлаш учун куйидаги шароитларда изланишлар олиб борилди: электролит ҳажми 200 мл, олти валентли хром ионлари концентрацияси 50 г/л, ҳарорат 50-60°C, катод-графит, вақт 1,5 соат.

Хром (VI) ва хром (III) ионларининг электролиздан олдинги ва кейинги концентрациялари фотоколориметрик усулда КФК-2 фотоколориметрида аниқланди. Олти валентли хром ионларини электрокимёвий усулда қайтаришнинг оптимал шароитларини аниқлаш учун катодда турли ток зичликларида ва эритманинг турли муҳитларида тажрибалар олиб борилди.

Чиқинди хромат эритмаларидан хром (VI) ионларини электрокимёвий қайтарилиш жараёнининг вақтга боғлиқлигини ўрганиш тажриба натижалари шуни кўрсатдики, 1,5 соат давомида уларнинг қолдиқ концентрацияси 41-43 г/л ни ташкил этиб, хром (III) ионларининг концентрацияси мос равишда 8-9 г/л га ошган.

Маълумки, глицерин кўпгина металл билан маълум шароитларда комплекс бирикмалар ҳосил қилади, металлларнинг комплекс бирикмалардан электрокимёвий қайтарилиши уларнинг ноорганик бирикмаларига қараганда енгилроқ кетади, шунинг учун жараёнда глицериннинг иштироки олти валентли хром ионлари қайтарилиш даражасининг кўтарилишига хизмат қилиши мумкин.

Ўтказилган изланишлар натижалари шуни кўрсатдики, хром ионларини электрокимёвий усулда қайтаришда электролитга 2 % гача глицерин қўшилганда олти валентли хром ионларининг қайтарилиши маълум даражада (бизнинг шароитда 7,1 % га) ошганлигини кўрсатди. Лекин бу чиқинди хромат эритмаларни тўлиқ қайта ишлаш учун етарли эмас. Шунинг учун чиқинди эритмаларни қайта ишлаш учун кимёвий усулларни қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Ҳозирги вақтда кўпгина корхоналарда қўлланилаётган оқава сувлар ва чиқинди эритмаларни тозалаш учун қўлланилаётган технологиялар қуйидаги камчиликларга эга:

- кўпбосқичли;
- қимматбаҳо реагентларнинг қўлланилиши (NaOH , KOH , Na_2CO_3 , FeSO_4);
- охак сутини қўллаш, жараённинг арзонлаштириши билан бирга, ускуналар қувурларининг тиқилиб қолишига, уларни тез-тез тозалашга олиб келади, бу эса технологик жихатдан кўп ҳолларда тўғри келмайди;
- охак сути қўлланилганда, таркибидан керакли компонентларни ажратиб олиш қийин бўлган шламлар ҳосил бўлади.

Ҳозирги замонда оқава сувларни хром ионларидан тозалаш учун тескари осмос, нанофилтрлаш ва б.қ. каби қиммат усуллар қўлланилади. Лекин

кўпчилик хўжалик субъектларининг иқтисодий аҳволи ушбу экологик самарадор, қиммат усулларни қўллашни чеклаб қўяди.

Реагент усулида гальваника ва бошқа ишлаб чиқариш корхоналари оқава сувлари ва чиқинди эритмаларини тозалаш нисбатан кенг тарқалган ҳисобланади.

Корхоналарда хром (VI) ионларини тозалаш, уларни кислотали муҳитда хром (III) гача натрий ва калийнинг тиосульфатлари, пиросульфитлар бисульфитлари, ҳамда FeSO_4 каби кимёвий реагентлар ёрдамида қайтариш орқали амалга оширилади.

Хром (III) ионларини кам эрийдиган хром гидроксиди ҳолида ажратиб олиш учун оқава сувлар турли реагентлар (NaOH , KOH , Na_2CO_3 , охак сути ва б.к.) билан қайта ишланади. Нейтраллаш жараёнида ҳосил бўладиган кам эрувчан $\text{Cr}(\text{OH})_3$ чўкмаси мавжуд усулларда ажратиб олинади.

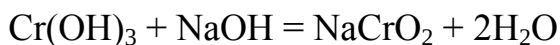
Ҳозирги кунда оқава сувларни тозалаш учун бошқа ишлаб чиқаришнинг чиқиндилари, хусусан оқава сувларидан фойдаланиш катта қизиқиш уйғотмоқда.

Биз томондан ювишдан чиқадиган ишқорий оқава сувларни (ТашОПМЗ МЧЖ нинг ювишдан чиқадиган ишқорий оқава сувлари) таркибида хром (VI) ионлари бўлган модель эритмаларни тозалаш учун реагентлардан биттаси сифатида қўллаш устида изланишлар олиб борилди. Текшириш объекти сифатида таркибида 50 г/л хром (VI) ионлари бўлган хромли модель эритмадан фойдаланилган. Модель эритма қуйидаги тавсифга эга: $\text{pH}=3,5$, ёруғлик ўтказувчанлиги—45 %, ранги қизғиш-жигарранг шаффоф. Нейтралловчи копонент сифатида ТашОПМЗ корхонасида сунъий материал (синтепон) ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган қуйидаги тавсифга эга бўлган ишқорли оқава сув (ИОС) қўлланилган: $\text{pH}=11,5$, кислороднинг кимёвий сарфи — 3000 $\text{mgO}_2/\text{л}$, ёруғлик ўтказиши—32 %, зичлиги — 1,08 г/см^3 , ранги — оқ-кулранг лойқа. Юқоридаги оқава сувни танлаб олишимиздан мақсад, унинг таркибида ишқорий реагентлар бўлиб, у Cr^{3+} ионларини гидроксид ҳолда чўкишини тезлаштириши мумкин. Тажрибанинг мазмуни қуйидагилардан иборат: таркибида 50 г/л Cr^{6+} ионлари бўлган тайёрлаб олинган 1 л модель эритмага 25 г қайтарувчи қўшилди, қайтарувчи сифатида натрий гидросульфит (NaHSO_3) натрий пиросульфит ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) натрий тиосульфатдан ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) лардан фойдаланилди.

Cr^{6+} ионларининг Cr^{3+} гача кучли кислотали шароитда боришини эътиборга олган ҳолда, модель эритмага муҳит $\text{pH}=2-2,5$ бўлгунга қадар концентрланган сульфат кислота ($\rho=1,84 \text{ г/см}^3$) қўшамиз. Хромли сувларни тозалаш жараёнига ишқорий оқава сувларнинг таъсирини ўрганиш учун улчов цилиндрига 100 мл тайёрланган, таркибида қайтарувчи бўлган 50 г/л хромли модель эритмани қуямиз ва унга турли пропорцияларда ўлчанган ишқорий оқава сув (ИОС) қўшамиз. Жараён қуйидаги: $\text{ХОС:ИОС} = 10:0,2; 10:0,5; 10:1; 10:2; 10:5; 10:10$ нисбатларда амалга оширилди. Ишқорий оқава сув қўшилганда, қисқа вақтда яшил рангли чўкма ҳосил бўлди, бу эса $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ҳосил бўлганлигини англатади, унинг концентрацияси дастлаб 48 г/л гача кўтарилди, сўнггра эса ишқорий муҳит ортиб бориши билан 46,5-47 г/л

гача пасайди, Cr^{6+} ионларининг концентрацияси эса 50 г/л дан 0,20-0,35 г/л гача пасайди. (расм 1).

Бунинг сабаби шуки, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ амфотер хоссага эга бўлиб, кучли ишқорий шароитда қуйидаги реакция бўйича сувда эрийдиган хромитлар ҳосил қилиб, эрийди:



Шунинг учун гидросульфит, пиросульфит и тиосульфат натрий қўшилган чиқинди эритма муҳити рН ини юқорида кўрсатилган ораликда ушлаб туриш мақсадида унинг ишқорий оқава сув билан нисбатлари мос равишда қуйидагича бўлиши керак: 10:5; 10:2; ва 10:5 (1-расм). ХОС ва ИОС нинг 1:1 нисбатида қўлланилаётган қайтарувчилардан қатъий назар, барча 3 та фильтратнинг муҳити рН=11-12 атрофида бўлади.

2-расмда келтирилган эгритлардан кўриниб турибдики, натрий гидросульфит қўлланилганда муҳит рН и энг юқори даражага кўтарилади.

Шуни таъкидлаш кераки, у қуририлгач, хром (III) гидроксидга хос бўлган бир текис яшил рангли майда дисперс чўкмадан иборат бўлади.

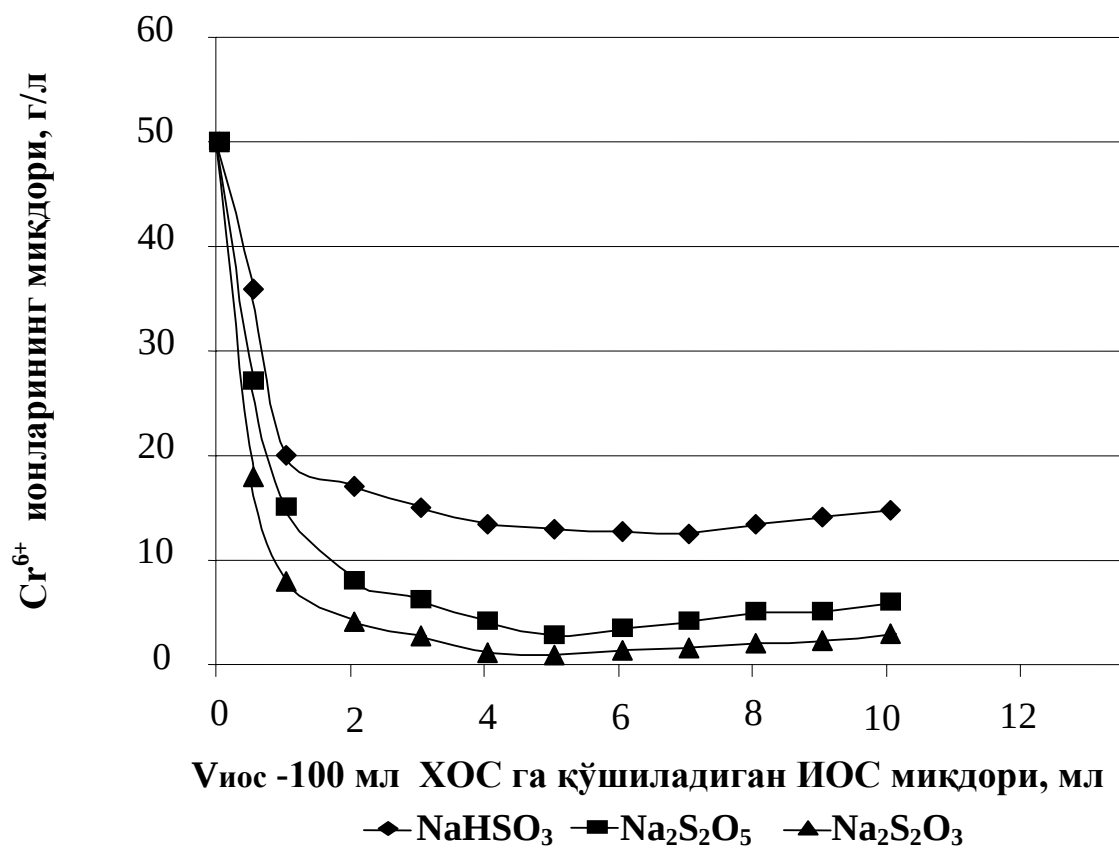
3-расмда келтирилган графиклар тавсифи шуни кўрсатадики, қўшиладиган ИОС нинг миқдори ортиб бориши билан, ККС қиймати ҳам ошиб боради, бу табиий, сабаби ТашОПМЗ корхонаси ИОС да органик қўшимчаларнинг кўплигидир.

$\text{Cr}(\text{OH})_3$ чўкмаси миқдорининг қайтарувчи тури ва қўшиладиган ИОСнинг миқдорида боғлиқлиги шуни кўрсатдики, ИОС 50 мл қўшилганда, натрий тиосульфат энг яхши самара берди, энг паст самара эса натрий пиросульфитда кузатилди. Бунда ҳосил бўлган чўкма, назарий ҳисобланган миқдорга нисбатан кўпроқ бўлди, сабаби чўкаётган хром (III) гидроксид билан бирга эритмадаги баъзи бирикмалар ҳам чўкади. Концентрацияси 50 г/л Cr^{6+} ионлари бўлган чиқинди эритмани шу усулда қайта ишлашда, унинг жараён охиридаги концентрацияси 0,004-0,120 г/л ни ташкил этди.

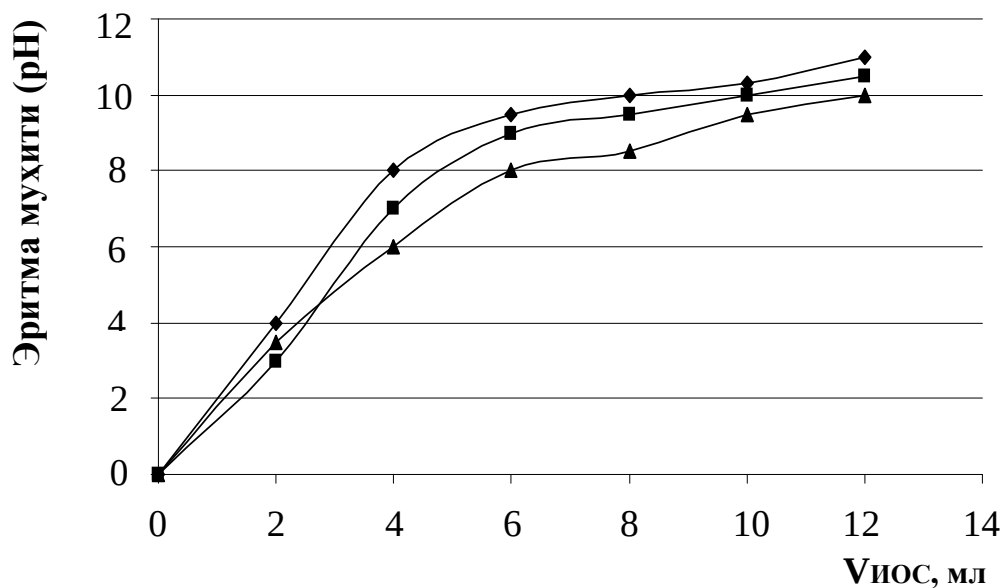
Бошланғич концентрациясига нисбатан хром ионларини кўрсатилган даражагача қайтарилганда ҳам, қолдиқ концентрацияси миқдори уларни чиқиндига ташлашга йўл бермайди, лекин турли усулларда охириги босқичда тозалаш имконини яратади.

Изланишлар натижасида шуни нарсани аниқландики, қайтарувчи сифатида $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ қўлланилганда хром (IV) ионларининг концентрацияси 0,004 г/л гача камайди NaHSO_3 қўлланилганда эса, 0,120 г/л гача камайди, бу эса $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ни реагент қайтарувчи сифатида нисбатан самарадор эканлигини кўрсатди. 1 ва 2-расмларда келтирилган маълумотлар асосида шундай хулоса қилиш мумкинки, ХОС ва ИОС ларнинг мақбул нисбатлари 2:1 эканлиги, бунда хром (IV) ионларининг қолдиқ концентрацияси энг кам миқдорда бўлиб, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ қўлланилганда эса энг яхши натижалар олинди.

Ўтказилган тажриба натижалари шуни кўрсатдики, бу усул оқаваларни хром ионларидан тозалашда анъанавий усулларга нисбатан қуйидагиларни амалга ошириш имконини беради:



1-расм. Cr⁶⁺ ионларининг концентрациясининг қўшиладиган ИОС миқдори ва қўлланиладиган қайтарувчи турига қараб ўзгариши



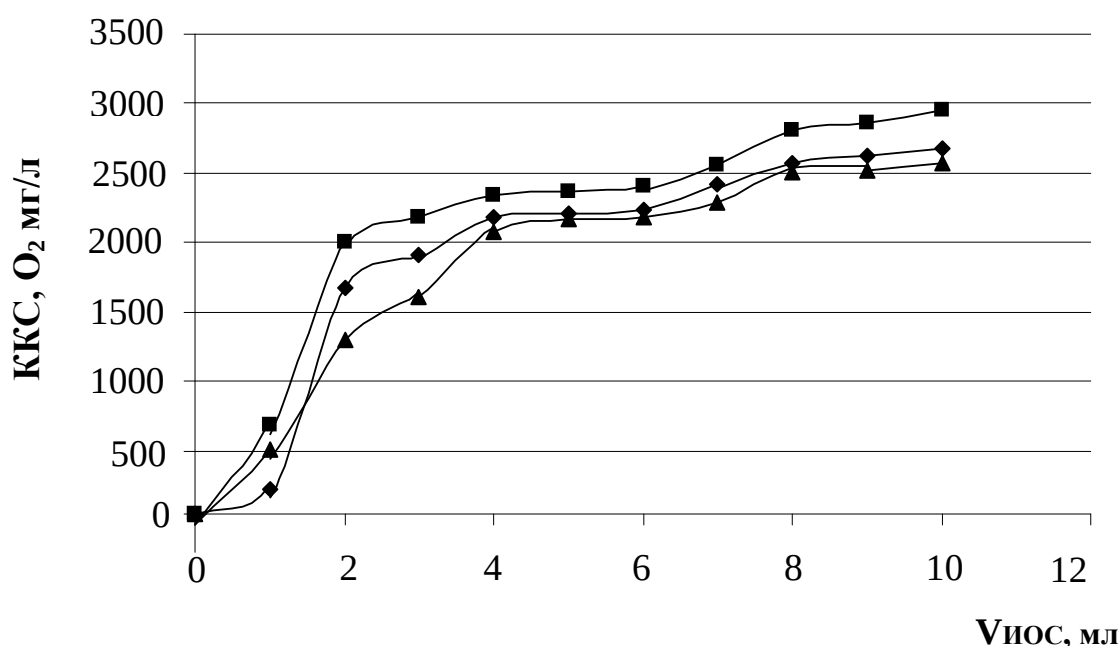
В_{иос} - 100 мл ХОСга қўшилган ИОС миқдори, мл

◆ NaHSO₃; ■ Na₂S₂O₅; ▲ Na₂S₂O

- охирги маҳсулотни ажратиб олишни енгиллаштириш учун ишқорий оқава сувлардан фойдаланиш;
- чўкмадаги хром бирикмаларини регенерация қилиш имкониятининг пайдо бўлиши;
- нейтраллаш реагенти сифатида технологик циклда охакли сувдан воз кечиш натижасида ҳосил бўладиган шламларни камайтириш.
- қимматбаҳо реагентларни қўллашдан воз кечиш ҳисобига оқава сувларни тозалаш таннархини камайтириш;

2-расм. Эритма муҳитининг (pH) қўшиладиган ИОС миқдори ва қайтарувчи турига боғлиқлиги

Амалда чиқинди эритмалардан металл бирикмаларини ажратиб олиш учун осон топиладиган, арзон шу билан бирга самарали қайтарувчилар қўллаш мақсадга мувофиқдир. Шунинг учун чиқинди хромат эритмаларни қайта ишлашда биринчи технологик вазифа олти валентли хром ионларининг асосий қисмини мақбул бўлган реагент ёрдамида кимёвий қайтариш йўли билан ажратиб олиш жараёни бўлиши керак.



В_{щсв} - кількість приливаної ЩСВ на 100 мл ХСС, мл
 ◆ NaHSO₃ ■ Na₂S₂O₅ ▲ Na₂S₂O₃

3-расм. ККС нинг қўшиладиган ИОС миқдори ва қайтарувчи турига боғлиқлиги

Чиқинди эритмалардаги хромат ионларини қайтариш учун биз ёғочни қайта ишлаш корхоналари чиқиндиси-ёғоч қипиғини таклиф қилдик, у ноорганик қайтарувчиларга қараганда нибатан арзон, осон топиладиган ва экологик безарардир.

Ўтказилган изланишлар шуни кўрсатдики, олти валентли хром ионларининг қайтарилишига органик қайтарувчи бўлган ёғоч қипиғининг тури сезиларли даражада таъсир кўрсатмас экан. Хром (IV) ионларини органик қайтарувчи ёрдамида қайтарилиш жараёнининг оптимал шароитларини аниқлаш мақсадида турли параметрларнинг қайтарилиш даражасига таъсирини ўргандик. Тажрибалар “METFURSERSVIS” МЧЖ корхонаси хромлаш бўлимининг чиқинди эритмаси ва модель эритмаларда олиб борилди.

Қайтарилиш жараёни вақтини аниқлаш мақсадида олиб борилган тажрибалар шуни кўрсатдики, хром (IV) ионларининг асосий қисми 1 соат мобайнида қайтарилади, вақтнинг янада узайтирилиши жараёнга деярли таъсир қилмайди.

Жараёнда хром (IV) ионларининг қайтарилаш даражасига унинг бошланғич концентрацияси таъсирини ўрганиш учун эритмадаги хром (IV)нинг турли бошланғич концентрацияларида қайтарилиш жараёни ўрганилди. Ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатдики, хром (IV) ионларининг концентрацияси 50 г/л дан паст бўлган барча намуналарда жараён осон борди. Чиқинди эритмаларнинг концентрацияси юқори бўлганда уларни 50 г/л гача суюлтириб, жараён олиб борилганда хром (IV) ионларининг концентрацияси талаб даражасигача (100 мг/л дан паст) камайди. Бундай оқава сувлар бевосита охириги меёрий кимёвий ёки электрокимёвий тозалаш бўлимларига жўнатилиши мумкин.

Таркибида оғир металллар ионлари бўлган эритмаларни қайта ишлаш жараёнларида қайтарувчилар уларнинг таркибидаги ўта заҳарли бирикмаларни кам заҳарли ҳолатга ўтказишда асосий роль ўйнайди. Шунинг учун жараёни олиб боришда қайтарувчининг оптимал миқдорини аниқлаш, унинг самарали боришида катта роль ўйнайди.

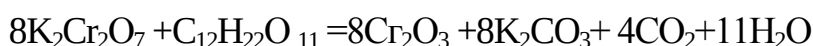
Хром (IV) ионларини қайтариш жараёнида қайтарувчи миқдорининг таъсиини ўрганиш учун олиб борилган изланишлар шуни кўрсатдики, ҳажми 200 мл, концентрацияси 50 г/л бўлган чиқинди эритмадаги хром (IV) ионларини қайтариш учун 10 г органик қайтарувчи етарли бўлар экан, бу эса $\text{OQ}:\text{Cr}^{6+}$ нисбат 1:1 га мос келади.

Жараёнга қўшиладиган H_2SO_4 нинг оптимал миқдорини аниқлаш бўйича ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатдики, хром (IV) ионларини қайтаришда компонентлар $\text{OQ} : \text{Cr}^{6+} : \text{H}_2\text{SO}_4$ нисбатлари (о.қ.) 1:1:1,6 га мос келар экан.

Қайтарилиш жараёни механизми тахлили натижалари бўйича, ёғоч қипиғининг қайтарувчи бўлиб хизмат қиладиган компоненти унинг полисахаридлардан иборат целлюлоза қисми ҳисобланар экан. Маълумки, ёғочда 40 % гача целлюлоза, 30 % гача лигнин бўлади, унинг кимёвий фаоллиги биринчи навбатда структурасида гидроксил гуруҳлар борлиги билан белгиланади. Кучли кислотали муҳитда кимёвий боғларнинг ўзгариб

кетиши ҳисобига целлюлозанинг функционал гуруҳлари модификацияга учраши мумкин, бундан ташқари целлюлоза бу муҳитда глюкозага парчаланadi ва яхши органик қайтарувчига айланади. Кучли кислотали муҳитда целлюлоза структурасида кам учрайдиган альдегид гуруҳлари сони кўпайиши натижасида унинг қайтарувчанлик хусусияти янада кучайиши мумкин.

Бунга мисол қилиб, лаборатория амалиётида Cr_2O_3 олиш учун $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ га 100°C да шакар таъсир эттириб олинадиган реакцияни мисол қилиш мумкин:



Хром (IV) ионларининг қайтариш жараёни химизмини ўрганиш учун турли чиқинди ва модель эритмаларда шакар иштирокида тажрибалар олиб борилди, олинган натижалар 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Хром (IV) ионларининг шакар ёрдамида хром (III)гача сульфат кислота иштирокида ва сульфат кислотасиз қайтарилиш даражаси
(Vэр-ма=200 мл; шакар-10 г; $\tau=1$ соат)

№ т/р	Хромли эритма тури ва тажриба шароитлари	Хромнинг эритмадаги бошланғич конц-яси, мг/л			Хромнинг эритмадаги охириги конц-яси, мг/л		
		Cr^{6+}	$\text{Cr}_{\text{общ}}$	Cr^{3+}	Cr^{6+}	$\text{Cr}_{\text{общ}}$	Cr^{3+}
1	Ишлаб чиқариш эритмаси:						
	а) 15 г $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}}$ б) $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}}$ иштирокисиз қиздириш $t^0 = 100^\circ\text{C}$	46500 46500	50000 50000	3500 3500	144,0 44250	49810 49760	49666 5510
2	Калий бихромат эритмаси:						
	а) 15 г $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}}$ б) $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}}$ иштирокисиз қиздириш $t^0 = 100^\circ\text{C}$	50000 50000	50000 50000	0 0	132,0 47545	49640 49765	49508 2220
3	Хром ангидриди эритмаси:						
	а) 15 г $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}}$ б) $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}}$ иштирокисиз қиздириш $t^0 = 100^\circ\text{C}$	50000 50000	50000 50000	0 0	114,0 46875	49720 49805	49606 2930

Хром (IV) ионларининг шакар ёрдамида қайтарилиши сульфат кислотанинг таъсирини ўрганиш бўйича тажриба натижалари шуни кўрсатдики, жараён сульфат кислотасиз оддий шароитда ҳам, қиздирилганда ҳам кетмас экан.

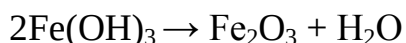
Қайтарилиш жараёни ёғоч кипиқларида шакарга нисбатан секинроқ кетади, бунинг сабаби ёғоч қипиғи таркибидаги қўшимчалар бўлиши

мумкин, кислота сарфининг нисбатан кўплиги, ёғоч таркибидаги целлюлоза макромолекулаларини бузишга сарфланиши билан тушунтирилади.

Кейинги изланишларимизда хром (IV) ионларининг электрокимёвий қайтарилиши устида иш олиб бордик. Хром (IV) ионларини электрокимёвий қайтариш жараёни маълум миқдорда глицерин иштирокида олиб борилганда ток бўйича чиқим нисбатан ортади (бизнинг тажрибаларимизда 7,1 % гача). Бу усул таркибида 100 мг/л дан кам металл ионлари бўлган оқава сувларни тозалашда самарали бўлиб, юқори концентрацияли чиқинди эритмаларни қайта ишлашга туғри келмайди, бундай жараёнлар учун кимёвий усулларни қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Хром (IV) ионларини реагент усулда қайтариш бўйича олиб борилган изланишлар шуни кўрсатдики, жараён учун мақбул шароитлар: муҳит $pH=2-2,5$; компонентлар нисбатлари (оғирлик қисмида) $Cr^{6+} : OK : H_2SO_4 = 1:1:1,6$; ҳарорат $t=60^{\circ}C$, жараён давомийлиги 1 соатни ташкил этади.

Диссертациянинг **“Чиқинди хромат эритмалардан хром (III) оксидини ажратиб олиш технологиясини яратиш”** деб номланган учинчи бўлимида ўта заҳарли чиқинди хромат эритмаларни қайта ишлаш в улардан хром (III) оксидини ажратиб олиш технологиясини яратиш бўйича тажрибалар натижалари келтирилган. Чиқинди эритмани қайта ишлаш жараёнида темир ҳамда сульфат ионлари каби баъзи қўшимчалар охирги маҳсулотни ифлослантиради. Темир (III) ионларини чиқинди эритмадан ажратиб олиш шароитларини аниқлаш мақсадида темир (III) ва хром (III) ионларининг гидроксид ҳолда чўкиш муҳитларини ўрганиш бўйича тажрибалар олиб борилди. Бунинг учун 200 мл чиқинди эритма стаканга солиниб, муҳит pH и ўлчанган ҳолда оз-оздан 10% ли NaOH қўшиб бордик ва темир (III) ионларини гидроксид чўкмага тушишини кузатдик. Тажриба натижаларидан шу нарса маълум бўлдики, $pH=7,5-8,0$ да темир (III) гидроксид ионларининг асосий қисми чўкмага тушди. Чўкмани филтрлаб олиб, $250-300^{\circ}C$ да 1 соат давомида қиздирганимизда у темир (III) оксид (гематит) га айланди:



Олинган маҳсулот майда дисперс структурага эга бўлиб, қизил пигмент сифатида лак-бўёқ материаллари олишда қўлланилиши мумкин.

Темир (III) ионларидан тозаланган чиқинди хромат эритмага органик қайтарувчи-ёғоч қипиғи қўшилади ва аралаштирган ҳолда маълум миқдорда оз-оздан концентрланган сульфат кислота ($d=1,84$) қўшилади. Қайтарилиш жараёни тугагач (1 соатдан сўнг), асосан Cr^{3+} ионларидан иборат бўлган аралашма органик қайтарувчи қолдиқларидан филтрлаб олинади. Сўнгра, эритмадаги сульфат ионларини боғлаб олиш учун уни $Ca(OH)_2$ билан қайта ишлаймиз. Бунда сарфланадиган $Ca(OH)_2$ нинг миқдори жараёнга қўшиладиган сульфат кислота миқдorigа боғлиқ бўлиб, уларнинг нисбати $H_2SO_4 : Ca(OH)_2 = 1: 0,8$ ни ташкил этади. SO_4^{2-} ионларидан ҳоли бўлган эритмага 10 % ли NaOH қўшилиб, муҳит $pH=9,0$ га келтирилади, бунда $Cr(OH)_3$ ионлари майда дисперс кристалл ҳолда чўкмага тушади. Филтрлаб

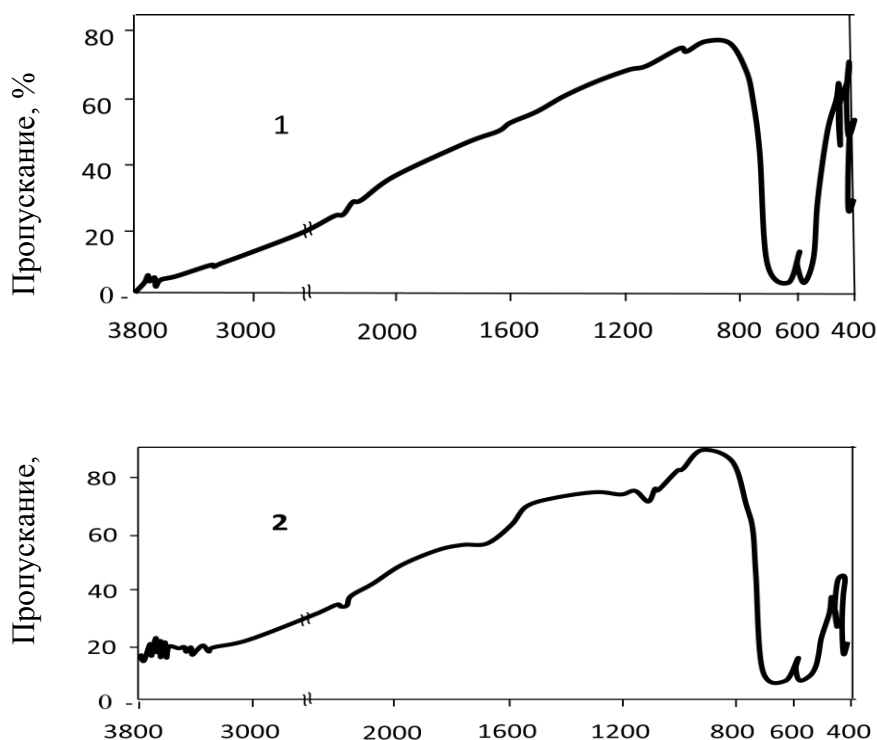
олинган яшил рангли чўкмани 120°C да 1 соат давомида қуришиб, 1000°C да 1 соат давомида куйдирамиз, куйдириш жараёнида $\text{Cr}(\text{OH})_3$ боғланган сувни йўқотиб, Cr_2O_3 га айланади:



Олинган маҳсулотни намуна Cr_2O_3 билан таққослаш учун замонавий физик-кимёвий таҳлил усулларида: ИҚ-спектр, рентгенфазовий, фотоколориметрик ва кимёвий таҳлиллардан фойдаланилди.

Реактив ва чиқиндидан олинган Cr_2O_3 намуналари ИҚ-спектрда 4000-400 cm^{-1} тебранишлар частотасидаги таҳлили олинган спектрда $\text{Cr}-\text{O}$ боғлари борлигини кўрсатди ва намунанинг Cr_2O_3 га мос келишини тасдиқлади (4-расм).

Яратилган технология бўйича чиқиндидан олинган маҳсулотнинг рентгенограммаси келтирилган бўлиб, унда ҳосил бўлган чўққилар Cr_2O_3 фазаси борлигини кўрсатди ва ИҚ-спектрда олинган маълумотларни тасдиқлади (5-расм).

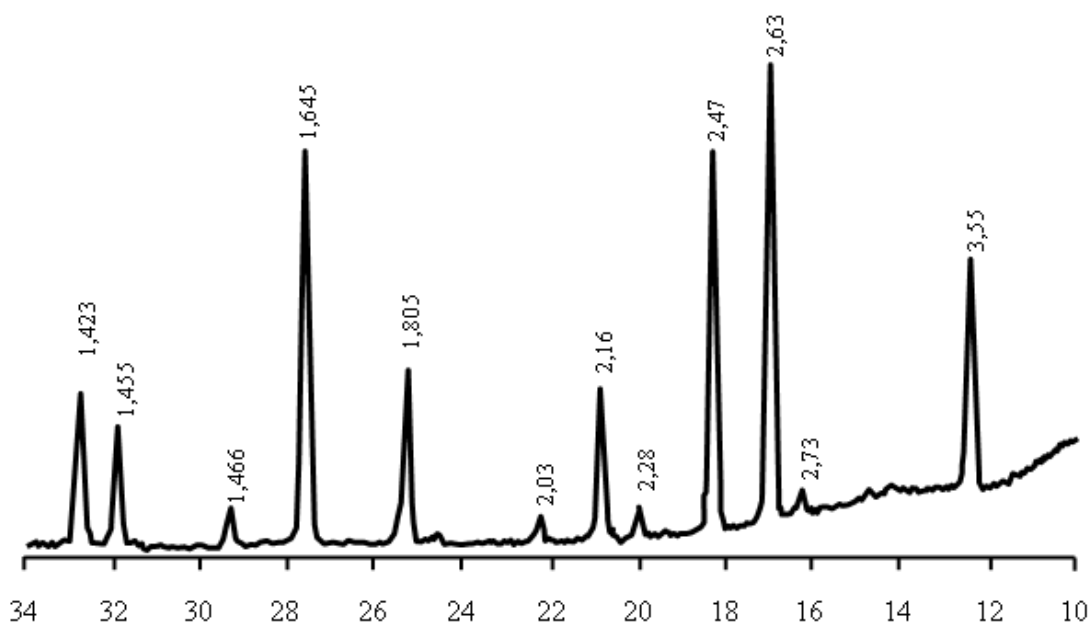


5-расм. Реактив хром (III) оксиди (1) ва чиқинди хромат эритмалардан ажратиб олинган хром (III) оксиди (2) нинг ИҚ-спектрлари

Чиқиндидан ажратиб олинган Cr_2O_3 нинг асосий тавсифлари ГОСТ 2912-79 “Хром оксиди пигменти” бўйича таҳлил қилинди ва барча кўрсаткичлар ректив хром пигментига мос келишини кўрсатди.

Изланишлар натижалари асосида биринчи марта чиқинди хромат эритмалардаги хром (VI) ионларини қайтариб, хром (III) оксидини ажратиб олишнинг принципиаль технологик схемаси яратилди (6-расм).

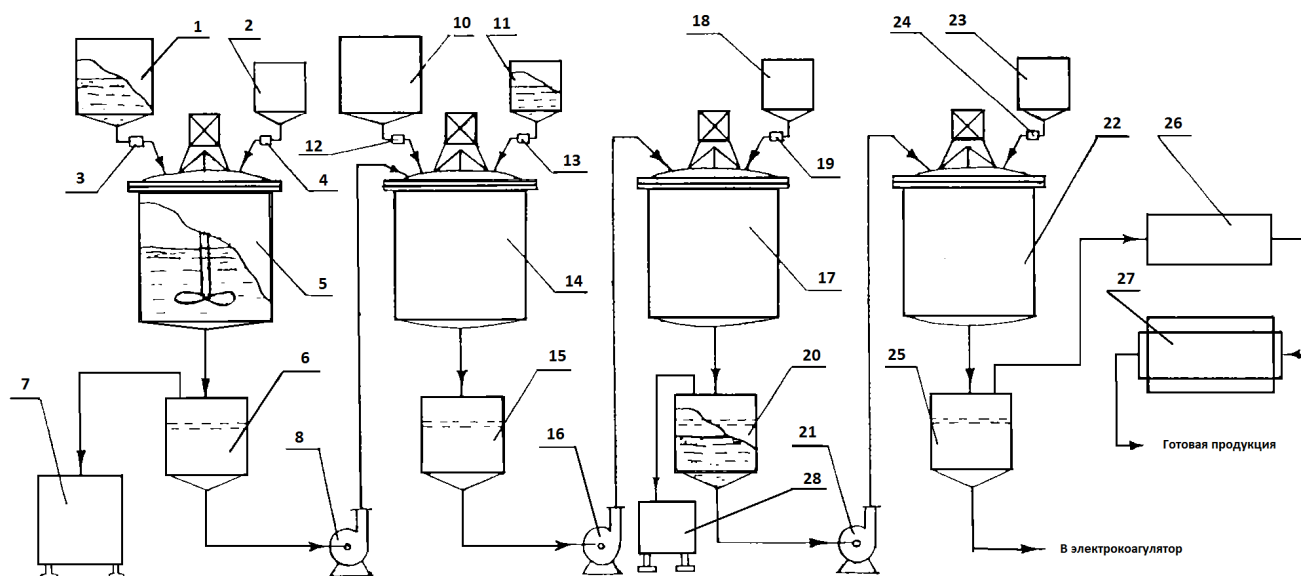
Чиқинди хромат эритмаларни (концентрацияси 50 г/л) қайта ишлаш учун идиш (1)дан чиқинди эритма сарф ўлчагич орқали реактор (5)га юкланади. Бу чиқинди эритма кислотали мухитга эга бўлиб, $\text{pH}=2-3$ ни ташкил этади, темир ионлари эса $\text{pH}=7,5-8,0$ да гидроксид ҳолда чўкмага тушади. Чиқинди эритмани нейтраллаш учун идиш (2) дан реактор (5) га



6-расм. Чиқинди хромат эритмалардан ажратиб олинган хром (III) оксиди (2) нинг рентгенограммаси

сарф ўлчагич орқали 10 % ли NaOH берилади. Реактор (5) даги компонентлар аралаштирилади, бунда $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ионлари майда дисперс ҳолда чўкмага тушади. Бу аралашма 0,025 мм тирқишга эга бўлган фильтр материалли нутч-фильтрга (6) узатилади. Ажратиб олинган чўкма алоҳида идишга (7) ўтказилади, уни $250-300^\circ\text{C}$ да қиздириб, темир пигменти (гематит) олинади. Темир ионларидан тозаланган аралашма насос (8) ёрдамида хром (VI) ионларини қайтариш учун реактор (14) га берилади, сўнг дозатор (12) орқали идиш (10) дан органик қайтарувчи қўшилади, компонентлар аралаштирилади ва сарф ўлчагич (13) орқали идиш (11) дан озондан сульфат кислота қўшилади. Экзотермик реакция натижасида реактор (14) да ҳарорат 60°C гача кўтарилади ва аралашма аста-секин яшил рангга ўтади, бу эса хром (VI) ионларининг қайтарилиб, хром (III) га ўтганлигини

билдиради. Жараён асосан 20-30 минут давомида кетади, 1 соатда якунига етади. Сўнгра, хром (III) гача қайтарилган аралашма қолдиқ органик қайтарувчидан ажратиш учун нутч-филтр (15) га берилади, бу ерда филтр-материал сифатида бильтинг қўлланилди. Ажратиб олинган органик қайтарувчи (15 % атрофида) асосий жараёнга қайтарилади. Қайтарилган яшил рангли хром (III) суспензияси насос (16) орқали ректор (17) га SO_4^{2-} ионларидан ажратиш учун узатилади, унга сарф ўлчагич (19) орқали идиш (18) дан $\text{Ca}(\text{OH})_2$ берилади, 10 минут давомида аралаштирилади, бунда SO_4^{2-} ионлари $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \downarrow$ ҳолда чўкмага тушади. Эритма реактор (17) дан филтр-материал тиркишлари 0,025 мм ли нутч-филтр (20) га берилади, у ерда чўкма ажратиб олинади ва махсус идиш (28) га ўтказилади, олинган



1-хромли чиқинди эритма идиши; 2,18 -10 % ли NaOH учун идиш; 3,4,13,19–сарф ўлчагичлар; 5,14,17,22–реакторлар; 6,15,20,25–нутч-филтрлар; 7- $\text{Fe}(\text{OH})_3$ учун идиш; 8,16,21–насослар; 9-аралаштиргич; 10-органик қайтарувчи учун идиш; 11- H_2SO_4 учун идиш; 12,24-микдор ўлчагичлар; 23- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ учун идиш; 27-печь; 28- $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ учун идиш.

7-расм. Чиқинди хромат эритмалардан металл оксидлари олишнинг принципиал технологик схемаси.

чўкма $115-120^\circ\text{C}$ да қуритилиб, товар маҳсулот-гипс олинади. SO_4^{2-} ионларидан тозалаб олинган хром (III) гидроксиди эритмаси мухитини $\text{pH}=7,8-9,0$ гача келтириш учун реактор (22) га узатилади ва сарф ўлчагич (24) орқали идиш (23) дан 10 % ли NaOH қўшилади. Нейтраллаш жараёнидан сўнг аралашмадан хром (III) гидроксиди чўкмасини филтр-материалининг тиркиши 0,0045 мм бўлган нутч-филтр (25)да ажратиб олинади. Хром (III) гидроксиди қуритгич (26) да $100-105^\circ\text{C}$ да қуритилади. Қуритилган хром (III) гидроксиди печь (27) да $980-1000^\circ\text{C}$ да бир соат давомида куйдирилади.

Сўнгра ҳосил бўлган Cr_2O_3 майдаланади, 1 ёки 5 кг дан полиэтилен идишларга қадоқланади, 20 кг дан кутиларга жойланади ва тйёр маҳсулот омборига жўнатилади.

Диссертациянинг **“Чиқинди хромат эритмалардан ажратиб олинган хром (III) оксиди асосида товар маҳсулотлари олиш”** деб номланган тўртинчи бўлимида ажратиб олинган хром (III) оксиди асосида абразив материаллар, лак-бўёқ материаллари ва керамик плиткалар учун рангли глазуурлар тайёрлаш бўйича изланишлар натижалари келтирилган. Тўрт хил маркадаги турли дисперсликдаги пигментлар асосида тайёрланган абразив материал паста ГОИ, мавжуд, четдан келтириладиган намуналар билан бир қаторда алюминий, латунь ва пулатдан тайёрланган буюмларни силликланда қўллаб кўрилди ва абразивлик хусусиятлари билан намуналардан қолишмаслиги аниқланди.

Чиқиндидан олинган хром пигменти асосида турли эритувчилар ва тўлдирувчилар қўллаб, лак-бўёқ материалларининг намуналари тайёрланди. Ўтказилган синов натижалари шуни кўрсатдики, лак-бўёқ материаллари тайёрлашда энг яхши суьултирувчи сифатида лак ПФ-283 ва олифа-ацетон аралашмаси яхши натижалар берди. Шунингдек, синов натижалари чиқинди эритмадан олинган хром пигментини рангли лак-бўёқ материаллари тайёрлашда қўллаш мумкинлиги, олинган қоплама эса сувга чидамлилиги, металл буюмлар ва ускуналарни коррозиядан ҳимоя қилишда салбий таъсир кўрсатмаслиги тасдиқланди.

Кейинги ишларимизда чиқинди эритмадан олинган хром пигменти асосида рангли сўндирилган глазуурлар тайёрлаш устида олиб борилган изланишлар давомида уларнинг титанли глазуурь қопламалари хоссаларига ва сўндирилишига таъсири аниқланди. Глазуурларда ёруғлик тўлқинларини танлаб ютиш самараси уларнинг таркибига пигмент ёки бўёвчи оксидлар қўшиб эришилади. Дисиликотитанат стронций билан сўндирилган, барқарор бўялган глазуурлар олиш учун қоплама бўёғининг пигмент микдорига боғлиқлиги ўрганилди. Глазуурни пигмент билан қайта ишлаш, шунингдек дисиликотитанат стронцийнинг майда кристаллари билан сўндирилган оқ қопламаларни текшириш усуллари бир хилда олиб борилди. Рангли глазуурларга асос бўлиб (100 % масса устига 2 % пигмент қўшиш орқали) глазуурнинг стронций-барийли таркиби олинди, масса % ҳисобида: SiO_2 - 66,05; Al_2O_3 - 4,31; B_2O_3 - 3,27; SrO -4,0; ZnO -1,30; K_2O -1,57; Na_2O -5,54; TiO_2 -7,0; BaO -6,0.

Олиб борилган изланишлар натижалари шуни кўрсатдики, биз яратган янги таркибли рангли глазуурлар яхшиланган физик-техник хусусиятларга (микрoқаттиқлиги, ялтироқлиги), айниқса, кимёвий бардошлилик хусусиятга эга бўлганлиги учун уларни рангли глазуурь сифатида декоратив плиткларни қоплаш учун тавсия қилинди.

Диссертациянинг **“Олинган маҳсулотларнинг лаборатория ишлаб-чиқариш ва тажриба-саноат синовлари”** деб номланган бешинчи бўлимида саноат-синов тажриба натижаалари, хусусан “METFURSERVIS” МЧЖ базасида гальваник жараёнлар чиқинди эритмаларидан яратилган

технология бўйича хром (III) оксидининг тажриба партияси олинган (21.12.2017 й.да далолатнома расмийлаштирилган).

Бундан ташқари чиқиндидан ажратиб олинган хром (III) оксиди асосида абразив материаллар олинди ва “NISHON-N” МЧЖ корхонаси шароитида фурнитура буюмларини сайқаллашда синаб кўрилди ва ижобий натижалар олинди (10.11.2017 й.да далолатнома расмийлаштирилган).

ART GLOSS GALLERY” МЧЖ қўшма корхонасида чиқиндидан ажратиб олинган хром (III) оксиди асосида керамик плиткалар учун рангли глазурилар тайёрланди ва ГОСТ 6141-91 ҳамда О’зСт 823-97 талабларига жавоб берадиган рангли керамик плиткалар ишлаб чиқарилди. ART GLOSS GALLERY” МЧЖ қўшма корхонаси технологик ускуналарининг йиллик ўртача қуввати 180 000 м² ни ташкил этади, глазурь таркибига ўртача 2 % пигмент қўшилганда, пигментнинг йиллик сарфи 2232 кг бўлиб, унинг нархи читдан келтириладиган пигментларга нисбатан 1 килограми 35000 сўмга арзонлигини эътиборга олсак, кутилаётган йиллик фойда 78,12 млн.сўмни ташкил этади.

Чиқинди хромат эритмаларни комплекс қайта ишлаб, металл бирикмаларини ажратиб олишда амалга ошириладиган сарф харажатлар бўйича материал баланс ҳисоблаб чиқилди (6-жадвал).

6-жадвал

10 м³ (концентрацияси 50 г/л) чиқинди хромат эритмани қайта ишлаш сарфлари калькуляцияси

Номи	Ўлч ов бир	Нархи, сўм	10 м ³ чиқиндини қайта ишлашга реагентлар сарфи, т	Нархи, сўм	Умумий харажатлар, сўм
NaOH (техн)	т	4000000	0,17	680000	680000
Органик қайтарувчи (ОҚ)	т	300000	0,50	150000	150000
H ₂ SO ₄ (техн)	т	7000000	0,70	4900000	4900000
Ca(OH) ₂	т	400000	0,14	56000	56000
Қайта ишлаш учун компонентлар сарфи, сум					7 136 000
Иш ҳақи 2 киши, 800 000 х 2 = 1 600 000 сўм					1 600 000
Иш ҳақиға ўтказмалар, сўм					400 000
Ускуналар амортизацияси, сўм					200 000
Электроэнергия, сўм					200 000
Сув, м ³					34 000
Ускуналарни созлаш ва эксплуатация қилиш, сўм					150 000
Бошқа харажатлар, сўм					500 000
Таннархи, сўм					9 920 000
10 м ³ чиқиндини қайта ишлаш таннархи, сўм					10 220 000

10 м^3 (концентрацияси 50 г/л) чиқинди хромат эритмани қайта ишлаб, 460 кг хрома(III) оксиди, 42 кг темир пигменти 180 кг гипса олиш мумкин.

$\text{Cr}_2\text{O}_3_{(\text{тех})} - 460 \times 40\,000 \text{ сўм} = 18\,400\,000 \text{ сўм}$

$\text{Fe}_2\text{O}_3_{(\text{тех})} - 42 \times 24\,000 \text{ сўм} = 108\,000 \text{ сўм}$

Гипс – $180 \times 300 \text{ сўм} = 54\,000 \text{ сўм}$

ЖАМИ: $18\,400\,000 + 108\,000 + 54\,000 = 18\,562\,000 \text{ сўм}$

$18\,562\,000 - 10\,220\,000 = 8\,342\,000 \text{ сўм}$ 10 м^3 чиқиндини қайта ишлашдан

Фойда: $8\,342\,000 : 10 = 834\,200 \text{ сўм/м}^3$ ни ташкил этади.

ХУЛОСА

Хром (IV) ионларини тутган саноат чиқиндиларини қайта ишлаш технологиясини яратиш бўйича олиб борилган изланишлар натижалари қуйидаги умумий хулосалар қилишга имкон беради:

1. Дастлабки моддаларнинг таркиби, физик-кимёвий хоссалари ва хром (IV) ионларининг хром (III) гача қайтарилиш реакция жараёнлари кимёсини таҳлил қилиш натижасида, юқори концентрацияли, ўта заҳарли, хромат тутган саноат чиқинди эритмаларини таркибида целлюлоза бўлган-органик қайтарувчи ёғоч қипигидан фойдаланиб, самарали қайта ишлаш мумкинлиги кўрсатилади.

2. Чиқинди хромат эритмалардан хром (VI) ионларини мавжуд ноанъанавий реагент усулида хром (III) гача қайтариш жараёнидан олдин темир (III) ионларининг ажратиб олиниши натижасида сульфат кислота сарфини 2,3 мартага қисқартишга эришилади.

3. Хром (IV) ионларининг хром (III) гача қайтарилиши, хром тутган чиқинди эритмада, органик қайтарувчи, концентрланган сульфат кислотани мос равишда 1:1:1,6 нисбатда аралаштиришдан иборат бўлган, давомийлиги 1 соат давомида борадиган технологик жараён илмий асослани ва тажрибада кўрсатилди.

4. Чиқинди хромат эритмалар ва оқава сувларни экологик безарар, самарали, осон топиладиган органик қайтарувчи-ёғоч қипиқлари ёрдамида қайта ишлаш технологиясини тажрибаларда аниқланган шароитларда қўллаб, хром (III) оксиди олиш технологияси таклиф қилинди.

5. Хром (IV) ионларини хром (III) гача қайтариш, шунингдек жараён давомида ҳосил бўладиган $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ва $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ларни поғонали седиментация усулида мос равишда $\text{pH}=7,5-0,8$ ва $\text{pH}=8,5-9,0$ муҳитларда чўктириб, ажратиб олишнинг оптимал шароитлари аниқланди. $\text{Fe}(\text{OH})_3$, гипс ва $\text{Cr}(\text{OH})_3$ чўкмаларини филтрлаш жараёни ўрганилди ва мос филтрлар тавсия қилинди.

6. Жараёни тўлиқ олиб бориш учун хром (IV) ионларининг хром (III) гача қайтарилиш даражаси, кальций сульфат, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ва $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ларнинг чўкиш даражаларининг чиқинди эритмадаги хромнинг бошланғич концентрациясига боғлиқлиги, органик қайтарувчининг физик-кимёвий ва қайтарувчанлик хусусиятлари, жараён харорати ва давомийлиги

ўртасидаги корреляцион боғлиқлик аниқланди.

7. Кимёвий, ИҚ-спектр, рентген фазовий таҳлиллар асосида олинган хром (III) оксиди ГОСТ 2912-79 бўйича “Хром пигменти” га мос келиши аниқланди. Олинган маҳсулот керамик плиткалар учун рангли глазурлар, абразив материаллар ва лак-бўёқ маҳсулотлари тайёрлашда қўллаб кўрилди ва четдан келтириладиган аналогларидан қолишмаслиги аниқланди. Маҳсулотни абразив материаллар ва керамик плиткалар учун рангли глазурлар тайёрлашда асосий компонент сифатида қўллаб, ижобий натижалар олинди ва ишлаб чиқаришга тавсия қилинди.

8. Ўта захарли саноат чиқинди эритмаларини самарали, экологик безарар органик қайтарувчи ёрдамида қайта ишлаб, металл оксидлари ажратиб олишнинг принципиал технологик схемаси яратилди ва илмий асосланди. Чиқинди саноат эритмаларини қайта ишлаб, хром (III) оксиди олиш жараёни учун вақтинчалик технологик регламент тайёрланди ва ишлаб чиқарувчи томонидан тасдиқланди. Ушбу яратилган технология қўлланилганда мавжуд қайта ишлаш усулларида қўлланиладиган, импорт эвазига четдан келтириладиган натрий сульфит, натрий бисульфит, натрий тиосульфат, темир (II) сульфат каби реактив қайтарувчилардан воз кечилади ва чиқинди шламлар ҳосил бўлиши кескин камаяди.

9. Яратилган технологияни жорий қилиш учун жараённинг материал баланси ва техник-иқтисодий асосланганлиги ҳисоблаб чиқилган бўлиб, чиқинди эритмаларни қайта ишлашга кетадиган реактивлар, зарарсизлантириш, сувсизлантириш жараёнига сарфлар, чиқиндига олиб бориш учун транспорт харажатлари, экология учун компенсация сарфларидан ташқари 1 м³ чиқинди эритмани (концентрацияси 50 г/л) қайта ишлашдан 834 200 сўм фойда олиш мумкинлиги кўрсатилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 ПРИ ИНСТИТУТЕ
ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ТАШКЕНТСКОМ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

ЭРКАБАЕВ ФУРКАТ ИЛЬЯСОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ Cr(VI)-
СОДЕРЖАЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Ташкент – 2018

Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)
Contents of the abstract of dissertation doctor of science (DSc)

Эркабаев Фуркат Ильясович

Cr(VI) тутган саноат чиқиндиларини қайта ишлаш технологиясини
 яратиш..... 3

Эркабаев Фуркат Ильясович

Разработка технологии переработки Cr(VI)-содержащих промышленных
 отходов..... 26

Erkabaev Furkat Ilyasovich

The development of technology for processing of Cr (VI) - containing
 industrial waste 50

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
 List of published works..... 58

**Тема диссертации доктора наук (DSc) зарегистрирована под номером B2016.1.T591
Высшей аттестационной комиссии Кабинета Министров республики Узбекистан.**

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии АН РУз.
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме))
размещен на веб-странице Научного семинара Информационно-образовательном портале
«ZIYONET» (www.ziyonet.uz.)

Научный консультант:

Ахмедов Улуг Каримович
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Гуро Виталий Павлович
доктор химических наук

Сайфутдинов Рамзиддин Сайфутдинович
доктор технических наук, профессор

Шамшиддинов Исроил Турсунович
доктор технических наук

Ведущая организация:

**Наманганский инженерно-технологический
институт**

Защита состоится «___» _____ 2018 г. в «___» часов на заседании Научного совета
DSc.27.06.2017.K/T.35.01 при Институте общей и неорганической химии АН РУз и Тошкентского
химико-технологического института по адресу: 100170, г.Тошкент, ул.М.Улугбека, 77а. (тел:
(99871) 262-56-60, факс (99871) 262-79-90, E-mail: ionxanruz@mail.ru).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и
неорганической химии за №____, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном
центре (100170, г.Тошкент, ул.М.Улугбека, 77а. (тел: (99871) 262-56-60, факс (99871) 262-79-90).

Автореферат диссертация разослан «___» _____ 2018 года.
Протокол рассылки №_____ от «___» _____ 2018 года

Б.С.Закиров
Председатель научного Совета по присуждению
ученой степени, д.х.н.

Д.С.Салиханова
Ученый секретарь научного Совета по
присуждению ученой степени, д.т.н.

С.Тухтаев
Председатель научного семинара при научном
Совете по присуждению ученой степени, д.т.н.,
профессор, академик.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире во многих производствах для переработки загрязненной воды природных, технических, промышленных стоков и отработанных растворов от примесей различной природы, а также для извлечения соединений металлов в производствах в основном используются различные химические реагенты. Использование современных химических реагентов и методов очистки промышленных стоков и извлечение ионов черных, цветных металлов приводит к высокому экономическому и экологическому эффекту.

Сегодня в мире особое внимание уделяется на разработку безотходной технологии, переработке твердых отходов, очистке отработанных технологических растворов, промышленных стоков и извлечение из них соединения металлов и других полезных компонентов. В современных предприятиях для предотвращения образования твердых отходов при переработке применяют сернистый газ, гидразин, образовавшихся, как побочный продукт.

В республике проведены комплексные меры по организации и проведения научных исследований, в области разработки химических реагентов на основе местного сырья для очистки промышленных стоков и отработанных растворов, получены определенные теоретические и практические результаты. В этой связи следует особо отметить исследования по обеззараживанию отработанных растворов и сточных вод, а также извлечения из них ценных соединений металлов. В стратегии развития Республики Узбекистан третьим пунктом отмечено важные задачи, направленные на «Развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов». В этом направлении важна разработка новых, эффективных, вместе с тем экологически безопасных реагентов из местного сырья для очистки промышленных стоков и выделение соединений цветных металлов из отработанных растворов, которая имеет большое научно-практическое значение и являются актуальной.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан УП-4707 от 4 марта 2015 г. «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства на 2015-2019 годы» и УП-4947 от 2 февраля 2017 г., «Стратегию действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017 - 2021 годах», Постановлением ПП-142 от 29 мая 2015 г., «О программе развития промышленного потенциала Сурхандарьинской области на 2015-2017 годы» а также других нормативно-правовых документов, принятых в

данной сфере.

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

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации¹.

Научные исследования, направленные в области разработки и эффективного применения реагентов-восстановителей при очистке промышленных сточных вод и отработанных растворов, осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе: National Research Council (US), Environment Canada's National Water Research Institute (NWRI) (Canada), Global Environment Strategies (IGES) (Japan), Nanyang Technological University (NTU) (Singapore), Safe Drinking Water Committee, Belhim (Республика Беларусь), Technical Adviser (Chemical) Government of Gujarat Industries commissioner (India), VVP Engineering College (India), United States Environment Protection Agency (US), Institute of Chemical Engineering, Bulgarian Academy of Science (Bulgaria), НИЦТПУ (Россия), ИКХХВ АН (Украина) и в Институте общей и неорганической химии (Узбекистан).

В результате исследований проведенных в мире по очистке производственных сточных вод и переработке отработанных растворов физико-химическими методами получены ряд научных результатов, в том числе: разработана технология извлечения катионов металлов, таких, как ртуть, кадмий, мышьяк, медь, цинк (National Research Council (США), Safe Drinking Water Committee, Belhim (Белоруссия); научно обоснован способ очистки сточных вод адсорбционным методом с помощью лигнина, бентонита и цеолита – адсорбентами, обладающими активными адсорбционными свойствами (Technical Adviser (Chemical) Government of Gujarat Industries, Индия), разработан способ очистки промышленных сточных вод от органических и неорганических примесей с использованием различных способов и реагентов-восстановителей. (VVP Engineering College, Индия); разработан способ удаления кадмия, хрома, никеля, меди и цинка из сточных вод и отработанных растворов (Национальный исследовательский центр Томского политехнического университета, Россия).

В мире над очисткой и нейтрализацией промышленных сточных вод и отработанных растворов, а также извлечению ионов тяжелых металлов по ряду приоритетных исследований проводятся исследования, в том числе: по разработке новых реагентов-восстановителей на основе соединений алюминия, железа, а также их комбинированные соединения, разработке

¹ Обзор по теме диссертации выполнен на основе зарубежных <https://en.wikipedia.org>; www.iied.org; www.nsche.org; www.gsj.jp; www.researchgate.net; www.iwu.edu; <http://www.inu.edu.pk>; <http://www.isuct.ru>; kubstu.ru; и других источников.

новых методов очистки и извлечения ценных компонентов, созданию различных композиции реагентов-восстановителей для очистки промышленных стоков и отработанных растворов, насыщенных ионами различных металлов при широком диапазоне рН среды, усовершенствованию процессов очистки сточных вод и отработанных растворов, созданию новых эффективных и экологически безопасных реагентов-восстановителей.

Степень изученности проблемы. В доступной научной литературе по теме исследования рассматриваются вопросы создания, изучения и регулирования коллоидно-химических процессов в дисперсных системах изучаемого типа. В Узбекистане под руководством академика К.С. Ахмедова создана коллоидно-химическая научная школа, представители которой: Арипов Э.А., Глекель Ф.Л., Хамраев С.С., Аминов С.Н., Агзамходжаев А.А., Ахмедов У.К., Рахматкариев Г.У., Ишанходжаев С., Гуро В.П., Муминов С.З., Нарметова Г.Р., Сатаев И.К., Бейсенбаев О.К., Таджиходжаев З. и другие внесли весомый вклад в ее развитие. Следует отметить, что поиск путей получения эффективных и экологически безопасных реагентов-восстановителей для очистки производственных сточных вод и отработанных растворов металлургической, электрохимической и другой промышленности от ионов металлов, а также извлечения ценных компонентов, до настоящего времени проводится недостаточно.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ прикладных проектов Института общей и неорганической химии АН РУз ФА-А13-Т159 «Технология извлечения цветных и благородных металлов из техногенных отходов и технологических растворов» (2012-2014 гг.).

Целью исследования является разработка технологии комплексной переработки Cr(VI)-содержащих промышленных отходов с использованием нетрадиционного, эффективного и экологически безопасного органического восстановителя-древесных опилок.

Задачи исследования:

определение состава и физико-химических свойств исходных материалов и реагентов, пригодных для переработки отходов с ионами Cr(VI);

определение оптимальных условий и соотношений компонентов для процесса восстановления ионов Cr(VI);

выявление химизма процесса восстановления шестивалентного хрома до хрома(III) органическим восстановителем - древесными опилками;

разработка способа очистки отработанных растворов от примесей;

разработка технологии извлечения оксида хрома(III) из отработанных растворов и его использование в различных отраслях производств;

оценка технико-экономической эффективности применения древесных опилок в качестве реагента-восстановителя в процессах переработки высокотоксичных отработанных хроматсодержащих растворов и извлечения из них оксидов металлов.

Объектами исследования являются отработанные высококонцентрированные хромсодержащие растворы и сточные воды гальванических производств, целлюлозосодержащие органические вещества – отходы переработки древесины и модельные технологические растворы.

Предметами исследования являются процессы восстановления ионов шестивалентного хрома, закономерности процессов восстановления и процессы извлечения оксидов металлов, а также применение полученного продукта в различных отраслях народного хозяйства.

Методы исследования. Применены химические, физико-химические (ИК-спектроскопические, рентгенофазовые, аналитические и др.) методы анализов и исследований.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

установлены восстановительные свойства целлюлозы ионов хрома (VI) до хрома (III) в отработанных растворах, которое происходит в результате химических модификаций образующихся макромолекул целлюлозы с открытой цепью;

определено, что в сильноокислой среде увеличение количества редко встречающейся в структуре целлюлозы альдегидной группы, способствует интенсификации процесса восстановления;

доказана зависимость выхода продукта в процессе восстановления ионов хрома(VI) до хрома(III) от массового соотношения хромат ионов, восстановителя и серной кислоты, которая составляет - 1:1:1,6;

установлена корреляционная зависимость эффективности процесса от pH среды, температуры, количества ионов хрома (VI), восстановителя и серной кислоты;

установлены оптимальные условия очистки перерабатываемого раствора от серноокислого кальция и гидроксида железа (III);

разработана безотходная технология комплексной переработки высокотоксичных отработанных хроматсодержащих растворов, с последующим получением оксидов металлов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Разработана технология применения доступного, дешевого, экологически безопасного органического восстановителя – древесных опилок для восстановления токсичных ионов шестивалентного хрома в отработанных хроматсодержащих растворах;

разработана технология комплексной переработки отработанных растворов и технологический регламент производства;

установлены оптимальные условия восстановления ионов хрома (VI) до хрома(III), разработана технология извлечения оксида хрома (III) и изготовления цветных глазурей для керамических плиток;

на основе полученного оксида хрома (III) разработан способ изготовления абразивного материала - паста ГОИ;

по предварительным технико-экономическим расчетам от переработки 1 м³ отработанного раствора по разработанной технологии получен 834 200 сум прибыли.

Достоверность результатов исследования Результаты химических, физико-химических анализов подтверждены опытно-промышленным испытанием.

Научная и практическая значимость результатов исследований. Научная значимость результатов исследований заключается в том, что заложены научные основы к созданию безотходной технологии, в частности в установлении зависимости степени процесса восстановления ионов шестивалентного хрома от состава, соотношения компонентов и условий проведения процесса, а также определения оптимальных условий восстановления в различных концентрациях исходного отработанного раствора.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что в результате исследований установлена возможность использования доступного органического восстановителя на основе отходов деревообрабатывающих производств-древесных опилок с последующим получением товарных продуктов, взамен импортируемых реактивных восстановителей таких как, сульфит, бисульфит натрия, сульфат железа (II), при применении которых образуются неликвидные шламы.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по переработке отработанных растворов, содержащих токсичные ионы шестивалентного хрома:

разработанная технология комплексной переработки высокотоксичных отработанных хроматсодержащих растворов внедрена в практику на ООО «METFURSERVIS» (справка от Государственного комитета экологии и охране окружающей среды от 11 января 2018 года №03-03/2-36). В результате комплексной переработки высокотоксичных отработанных растворов, появилась возможность их утилизации и получение товарных материалов;

на основе полученного оксида хрома(III) изготовлен абразивный материал - паста ГОИ, которая внедрена в практику на ООО «NISHON-N» для полировки фурнитурных изделий (справка от АО «ЎЗҚУРИЛИШМАТЕРИАЛЛАРИ» от 28 декабря 2017 года №ББ-01/03/5142). В результате абразивный материал изготовлен из местного сырья, которая дает возможность экономить валютных средств;

полученный пигмент хрома внедрен в практику при изготовлении цветных глазурей для керамических плит на СП ООО «ART GLOSS GALLERY (справка от АО «ЎЗҚУРИЛИШМАТЕРИАЛЛАРИ» от 28 декабря 2017 года №ББ-01/03/5142). В результате себестоимость изготовления цветных глазурей снизилась на 20 %.

Апробация результатов исследования. Результаты полученных исследований апробированы на 8, в том числе 3 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 23 научных работ. Из них 15 научных статей, в том числе 12 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикаций основных научных результатов докторских диссертаций, а также подано заявка на получение патента «Способ получения оксида хрома (III)» (IAP 20170119 от 05.04.2017 г).

Структура и объем диссертации. Структура диссертация состоит из: введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, приложения. Объем диссертации составляет 189 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна, предстоящие задачи и практические результаты исследований, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о состоянии внедрения в практику результатов исследований по опубликованным работам и содержанию диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ современного состояния обеззараживания отработанных растворов, сточных вод и способы их обработки»** изложены: современное состояние обеззараживания производственных отработанных растворов, сточных вод и способы их утилизации; физико-химические свойства существующих реагентов восстановителей; способы обеззараживания, а также очистка отработанных растворов и сточных вод; процессы, протекаемые при восстановлении ионов шестивалентного хрома. Проанализированы многочисленные опубликованные фондовые источники по исследуемой проблеме. На основе проведенного критического анализа современного состояния вопроса переработки промышленных концентрированных отработанных растворов определены цель и задачи настоящей диссертационной работы.

Во второй главе диссертационной работы **«Исследование процесса восстановления ионов хрома (VI) из отработанных хроматсодержащих растворов и определения оптимальных условий процесса»** приведены результаты исследований влияния различных параметров процесса на степень восстановления ионов хрома (VI) и определения оптимальных условий процесса.

Как известно, существуют различные способы восстановления ионов шестивалентного хрома, и они делятся в основном на две большие группы: химические и электрохимические.

При электрохимическом способе переработки шестивалентных ионов хрома выход хрома по току очень низкий (16%). Для установления оптимальных параметров процесса электрохимического восстановления шестивалентного хрома из отработанного раствора электрохимическим методом, проведены исследования при следующих условиях: объем электролита 200 мл, концентрация ионов шестивалентного хрома 50 г/л, температура 50-60⁰С, катод – графит, время 1,5 часа.

Содержание ионов хрома (VI) и хрома (III) до и после электролиза определяли фотоколориметрическим методом на фотоколориметре КФК-2. Для определения оптимальных условий электрохимического восстановления шестивалентного хрома проведены опыты при различных катодных плотностях тока и кислотности среды.

Результаты экспериментов по определению продолжительности процесса электрохимического восстановления ионов хрома (VI) из хроматсодержащих растворов показывают, что в течение 1,5 часа их остаточная концентрация составляет 41-43 г/л, соответственно увеличение ионов трехвалентного хрома до 8-9 г/л.

Известно, что глицерин в определенных условиях со многими металлами образует комплексные соединения, электрохимическое восстановление металлов из комплексных соединений идет легче, чем из неорганических, поэтому присутствие глицерина может служить повышению в некоторой степени восстановления шестивалентных ионов хрома.

Результаты проведенных исследований показывают, что при электрохимическом восстановлении ионов хрома присутствие глицерина до 2% в некоторой степени (в нашем случае на 7,1%) увеличивает восстановление ионов шестивалентного хрома. Но это недостаточно для полной переработки отработанных хроматсодержащих растворов. Поэтому для утилизации отработанных растворов предпочтительно применять химические способы.

Применяемая в настоящее время на большинстве предприятий технология очистки сточных вод и переработка отработанных растворов имеет следующие недостатки:

- многостадийность;
- применение дорогостоящих реагентов (NaOH, KOH, Na₂CO₃, FeSO₄);
- использование известкового молока, хотя и позволяет удешевить процесс, однако оно способствует забиванию трубопроводной аппаратуры и,

как следствие, предполагает частую прочистку, что в технологическом аспекте не совсем приемлемо;

- при использовании известкового молока образуется большое количество шлама, из которого трудно выделить целевые компоненты.

В настоящее время для очистки сточных вод от ионов хрома применяют весьма эффективные, но дорогостоящие способы как обратный осмос, нанофильтрация и т.д. Однако, экономическое состояние многих хозяйствующих субъектов ограничивает ресурсные возможности по реализации природоохранной деятельности.

Наиболее распространенный способ удаления ионов хрома из сточных вод и отработанных растворов гальванических и иных производств является реагентный. На предприятиях очистка от ионов хрома (VI) осуществляется восстановлением последних в кислой среде до ионов Cr^{3+} с помощью химических реагентов, в качестве которых наиболее часто используют тиосульфаты, пиросульфиты и бисульфиты натрия и калия, а также FeSO_4 .

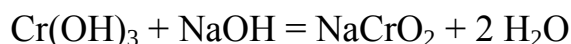
Особый интерес представляет использование в качестве реагентов для очистки сточных вод отходов производств, в частности, стоков других производств.

Нами исследована возможность использования щелочных промывочных сточных вод (щелочные промывочные воды ООО ТашОПМЗ) в качестве одного из реагентов для очистки модельных стоков, содержащих ионы Cr^{6+} . В качестве объекта исследований использовался модельный хромсодержащий сток с концентрацией ионов $\text{Cr(VI)} = 50$ г/л. Модельный раствор имел следующие характеристики: pH-3.5, светопропускание – 45 %, цвет - оранжевый прозрачный. В качестве нейтрализующего компонента исследована сточная жидкость, щелочная сточная вода (ЩСВ) образующаяся при производстве синтетического материала (синтепона) на ТашОПМЗ со следующими характеристиками: pH-11.5, химическое потребление кислорода - 3000 мг O_2 /л, светопропускание - 32 %, плотность - 1.08 г/см³, цвет – серо-белый маточный. Выбор вышеуказанного стока обусловлен тем, что в его составе содержатся щелочные реагенты, которые, как предполагалось, могут способствовать осаждению ионов Cr^{3+} в виде гидроксида. Сущность эксперимента заключалась в следующем: на 1 л приготовленного модельного раствора с содержанием ионов хрома (VI) 50 г/л добавлялось по 25 грамм восстановителя, в качестве которого использовались гидросульфит натрия (NaHSO_3), пиросульфит натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) и тиосульфат натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

Учитывая тот факт, что наиболее полное восстановление ионов Cr^{6+} до Cr^{3+} происходит в сильно кислой среде, в модельный раствор добавляли концентрированную H_2SO_4 доведением pH среды до значения pH = 3.0-3,5. Для определения влияния щелочных сточных вод на процесс очистки хромсодержащего стока в мерные цилиндры наливали по 100 мл готового кислого модельного хромсодержащего стока (ХСС) с концентрацией 50 г/л, содержащего восстановитель и к нему в различных пропорциях добавляли отмеренное количество щелочных сточных вод (ЩСВ). Рассмотрели

следующие соотношения ХСС:ЩСВ = 10:0.2, 10:0.5, 10:1, 10:2, 10:5, 10:10. При добавлении щелочного стока наблюдается мгновенное образование осадка зеленого цвета, обусловленного образованием $\text{Cr}(\text{OH})_3$, концентрация которого вначале увеличилась до 48 г/л, а затем несколько снизилась до 46,5-47 г/л, а концентрация ионов Cr^{6+} снизилась от 50 г/л до 0,20-0,35 г/л (рис.1).

При повышении pH среды больше 10, уменьшается количество $\text{Cr}(\text{OH})_3$ в осадке, данное обстоятельство объясняется тем, что гидроксид хрома (III) обладает амфотерными свойствами и растворяется в избытке щелочи с образованием водорастворимых хромитов, в соответствии с уравнением:



Поэтому нами для достижения значений pH среды до вышеуказанного интервала (рис.1) выявлено, что соотношения ХСВ, содержащего гидросульфит, пиросульфит и тиосульфат натрия, со щелочным стоком должно составлять следующие соотношения: 10:5, 10:2 и 10:5 соответственно. При соотношении ХСВ:ЩСВ = 1:1 независимо от вида используемого восстановителя значение pH всех трех фильтратов колеблется

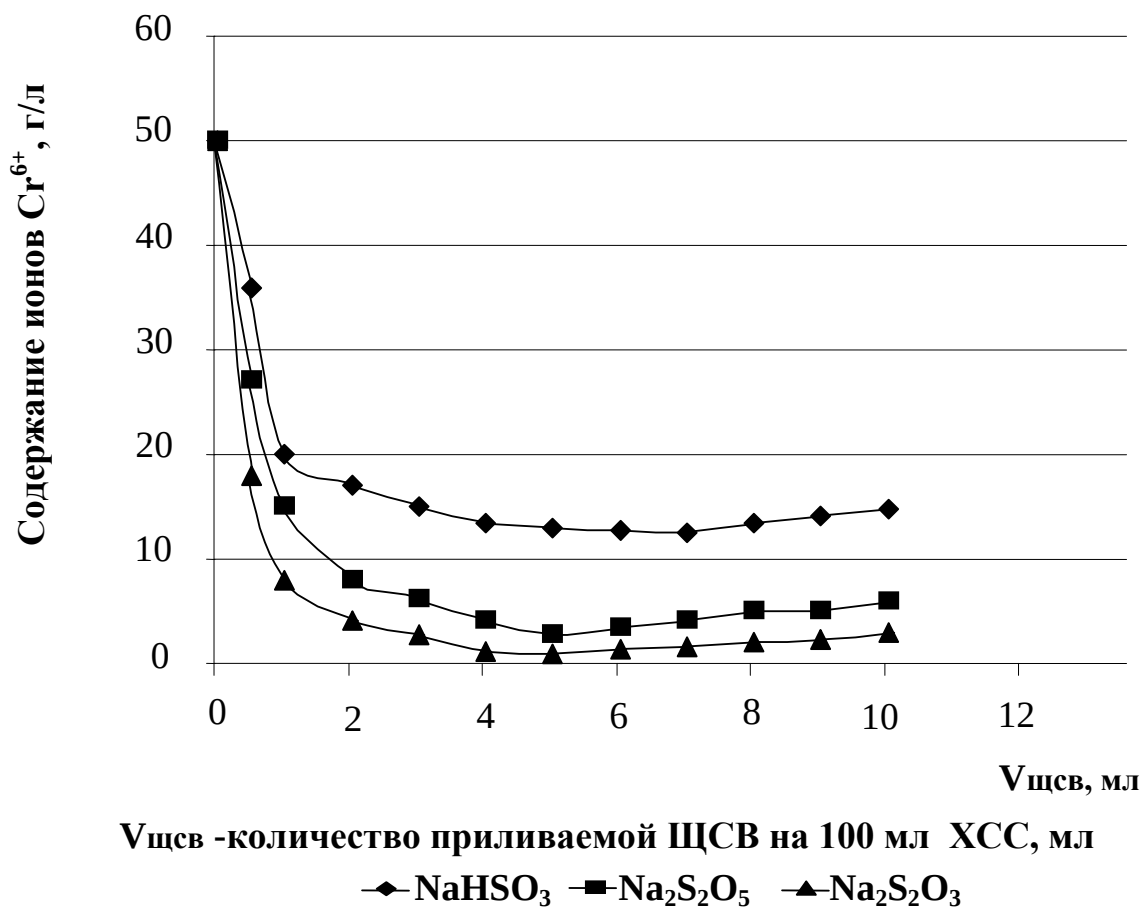


Рис. 1. Изменение концентрации ионов Cr^{6+} в зависимости от количества приливаемой ЩСВ и используемого восстановителя

в пределах $\text{pH} = 11-12$.

Как видно из кривых, приведенных на рис.2, наибольшее значение pH достигается в случае использования гидросульфита натрия, наименьшее - при малых дозировках тиосульфата натрия.

Следует отметить, что высушенные осадки имели однородный зеленый цвет, соответствующий гидроксиду хрома (III).

Изменение количества выпадаемого осадка $\text{Cr}(\text{OH})_3$ от вида восстановителя и количества добавляемой ЩСВ показывает, что при добавлении ЩСВ 50 мл, при использовании тиосульфата натрия в качестве восстановителя достигается максимальный эффект, а в случае использования пиросульфита натрия, количества выпавшего осадка ионов Cr^{3+} относительно меньше (рис.1).

Количество экспериментально полученного осадка несколько превысило теоретически возможной массы, вследствие того, что образующийся гидроксид хрома частично увлекает собой и другие соединения, присутствующие в растворе. При восстановлении ионов Cr^{6+} из отработанных растворов данным методом концентрация ионов Cr^{6+} снизилась с 50 г/л до 0,20-0,35 г/л.

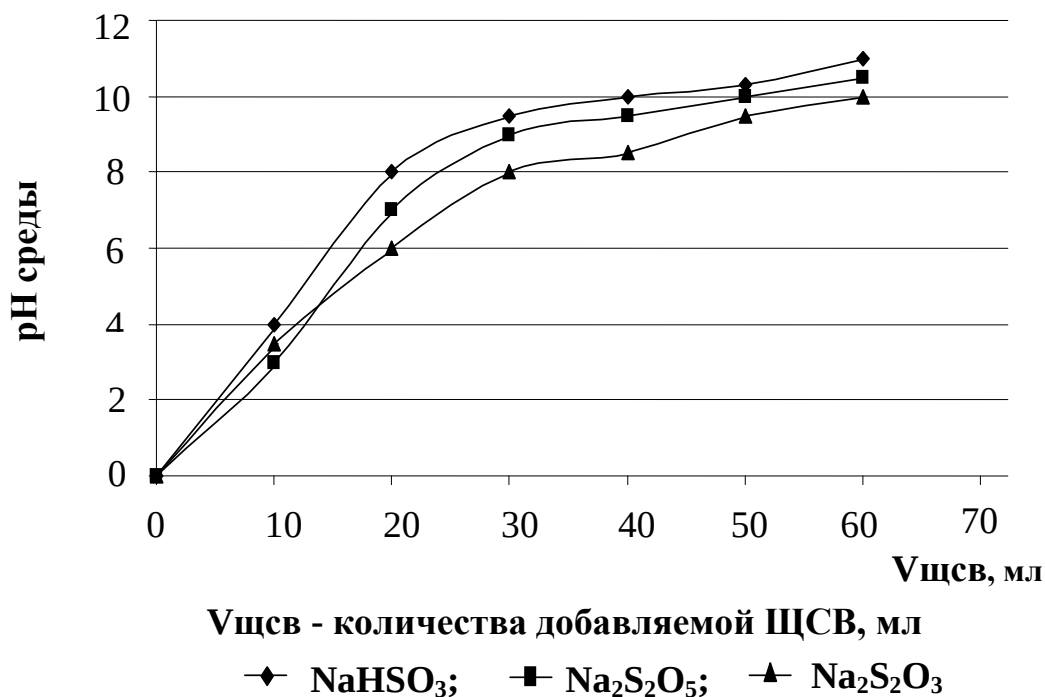


Рис.2. Изменения pH среды в зависимости от количества ЩСВ

Известно, что для осаждения $\text{Cr}(\text{OH})_3$ оптимальная величина pH водной среды составляет 8.0 - 9.0.

Характер кривых, приведенных на рис.3, показывает, что с увеличением добавляемой ЩСВ значение ХПК пропорционально повышается, это закономерно, вследствие высокого содержания органического составляющего в щелочном стоке ТашОПМЗ.

Однако, даже такое остаточное содержание ионов хрома в растворе, учитывая его высокую начальную концентрацию, не позволяет достичь значений, допустимых для сброса их в канализацию, но позволяет применить финишную очистку различными методами до ПДК.

В результате проведенных исследований нами определено, что при использовании в качестве восстановителя тиосульфата натрия остаточное содержание ионов хрома (VI) снижается до 4 мг/л, гидросульфита натрия позволяет снизить остаточное содержание хрома только до 120 мг/л. Данное обстоятельство позволяет сделать вывод об эффективности работы тиосульфата натрия в качестве реагента - восстановителя. В соответствии с данными, приведенными на рис.1 и рис.2 очевидно, что оптимальной является соотношение ХСВ:ЩСВ = 2:1, при котором достигается наименьшая концентрация остаточных ионов Cr^{6+} в растворе, при этом лучшие показатели достигаются при использовании тиосульфата натрия.

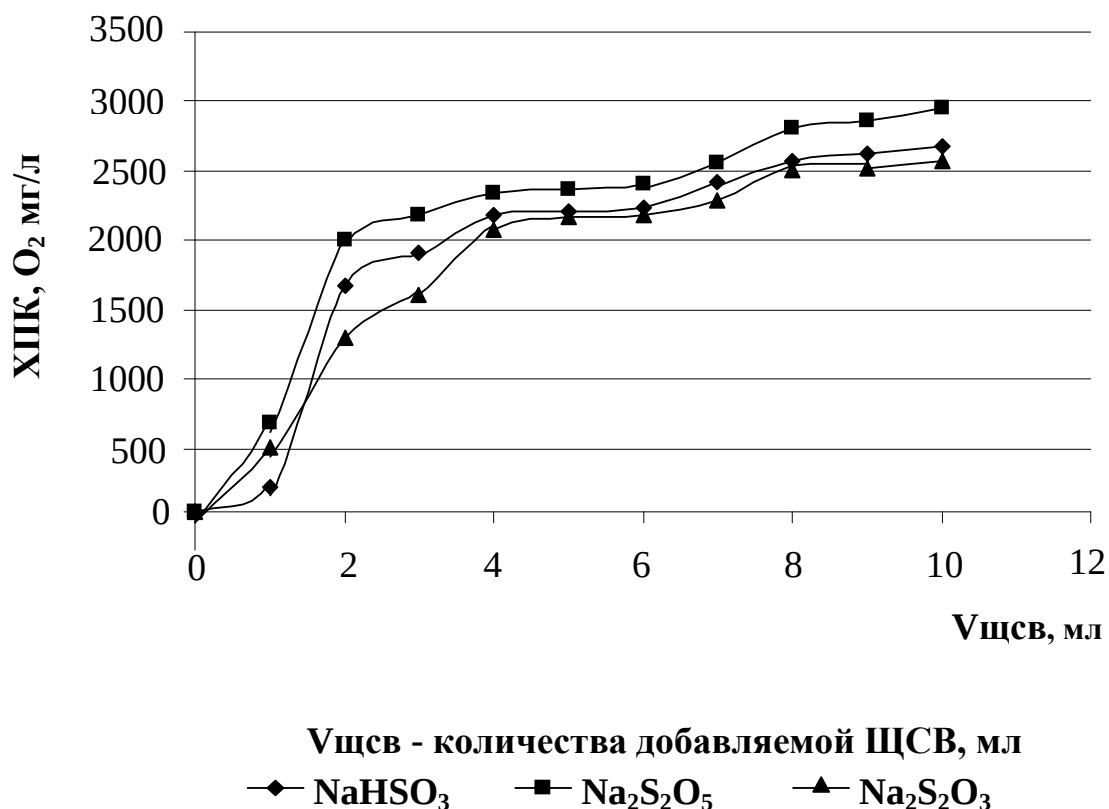


Рис.2. Изменения ХПК в зависимости от количества ЩСВ

Результаты проведенных экспериментов показали, что применение данного способа очистки перед существующими традиционными реагентными способами удаления ионов хрома из водных сред позволяет:

- использование щелочной сточной воды в качестве реагента для облегчения процесса разделения и выделения целевого продукта;
- уменьшить себестоимость очистки вследствие исключения использования дорогостоящих реагентов;
- возможность регенерации или рекуперации соединений хрома, содержащихся в осадке;
- уменьшить количество образующегося шлама, в связи с исключением из технологического цикла известкового молока, используемого в качестве подщелачивающего реагента.

На практике для извлечения из отработанных растворов ценных соединений металлов целесообразно применить наиболее доступный, экономичный и вместе с тем эффективный восстановитель.

В связи с этим, первой технологической операцией при переработке хромсодержащих растворов должно быть освобождение их от основной части ионов хрома (VI), путем химического восстановления их подходящим восстановителем. В качестве восстановителя шестивалентного хрома из отработанного хроматсодержащего раствора нами предлагается использовать отходы переработки древесины-опилки (ДОП), которые по сравнению с неорганическими восстановителями более экономичны, доступны и экологически безопасны.

Результаты проведенных исследований показывают, что природа органического восстановителя не оказывает существенного влияния на степень восстановления шестивалентного хрома. Для установления оптимальных условий процесса восстановления ионов хрома (VI) с ДОП изучали влияние различных параметров процесса на степень восстановления шестивалентного хрома.

Опыты проведены на модельных растворах и пробах отработанного электролита участка хромирования завода ООО «METFURSERVIS».

Результаты экспериментов по определению времени процесса восстановления показали, что основное количество ионов шестивалентного хрома восстанавливаются в течение 1 часа, дальнейшее увеличение времени почти не влияет на конечный результат.

Для определения влияния исходного содержания ионов хрома (VI) на степень процесса восстановления в растворе изучены зависимости восстановления ионов шестивалентного хрома от различных исходных концентраций хрома в растворе.

Результаты проведенных опытов показали, что при всех исходных концентрациях хрома в растворах, не превышающих 50 г/л процесс восстановления ионов хрома (VI) протекает без затруднения. При обработке концентрированных растворов, после их разбавления до 50 г/л органическим восстановителем, в ходе процесса остаточная концентрация шестивалентного хрома снижается до приемлемых значений (ниже 100 мг/л). Такие стоки уже могут быть

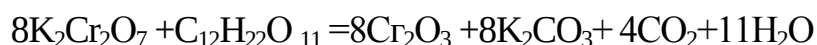
непосредственно отправлены на конечную химическую или электрокоагуляционную очистку до требуемой ПДК.

В процессе переработки отработанных растворов, содержащих ИТМ, восстановители играют основную роль при переработке высокотоксичных ионов металлов на менее токсичные. Поэтому определение оптимального количества восстановителя для процесса имеет большое значение для его эффективного проведения. Исследования, проведенные по определению влияния количества ОВ в процессе восстановления ионов шестивалентного хрома, показывают, что для переработки раствора с концентрацией ионов хрома (VI) 50 г/л, объемом 200 мл достаточно 9-10 г ДОП, что соответствует соотношению ДОП: Cr^{6+} в исходном растворе примерно 1:1.

Проведенные опыты по определению оптимального количества добавляемой в процесс серной кислоты показывают, что соотношение компонентов для восстановления шестивалентного хрома соответствует: Cr^{6+} : ДОП : H_2SO_4 = 1:1:1,6.

Анализ механизма процесса восстановления приводит к тому, что восстановительным компонентом древесных опилок является ее целлюлозная часть, которая состоит из полисахаридов. Известно, что в древесине содержится до 50% целлюлозы и около 30% лигнина. Ее химические свойства определяются, прежде всего, присутствием гидроксильных групп. В сильно-кислой среде из-за резкого изменения химических связей могут произойти химические модификации функциональных групп целлюлозы.

Кроме этого целлюлоза в кислой среде частично трансформируется в глюкозу и становится хорошим органическим восстановителем. По-видимому, в сильно-кислой среде количество редко встречающейся альдегидной группы в структуре целлюлозы увеличивается, которое тоже способствует повышению ее восстанавливающего свойства. Одним из примеров этого является известная твердофазная реакция восстановления бихромата калия сахарной пудрой, применяемая в лабораторной практике для получения оксида хрома Cr_2O_3 :



Для изучения химизма процесса восстановления шестивалентного хрома в различных отработанных и модельных растворах, нами были проведены опыты в аналогичных условиях сахарной пудрой, результаты которых приведены в табл.1.

Результаты опытов по определению влияния серной кислоты на процесс восстановления шестивалентного хрома сахарной пудрой (табл.1) показывают, что вышеуказанный процесс без серной кислоты как в обычных условиях, так и при нагреве не протекает.

Процесс восстановления древесными опилками идет немного медленнее, чем сахарной пудрой. Это объясняется наличием примесей в древесных опилках, относительно большой расход кислоты обуславливается расходом на разрушение (активации) клетчатки целлюлозы в древесине.

Таблица 1

**Степень восстановления ионов хрома (VI) до хрома (III) сахарной
пудрой в присутствии серной кислоты и без нее
($V_{\text{р-ра}} = 200$ мл, сахарная пудра -10 г, $\tau = 1$ ч)**

№ п/п	Хромосодержащий раствор и условия проведения опыта	Исходная конц-я хрома в растворе, мг/л			Конечная концентрация хрома в р-ре, мг/л		
		Cr^{6+}	$Cr_{\text{общ}}$	Cr^{3+}	Cr^{6+}	$Cr_{\text{общ}}$	Cr^{3+}
1	Производственный раствор:						
	а) с добавкой 15 г $H_2SO_{4\text{ конц}}$ б) без добавки $H_2SO_{4\text{ конц}}$ $t = 100^\circ C$	46500 46500	50000 50000	3500 3500	144,0 44250	49810 49760	49666 5510
2	Раствор бихромата калия:						
	а) с добавкой 15 г $H_2SO_{4\text{ конц}}$ б) без добавки $H_2SO_{4\text{ конц}}$ $t = 100^\circ C$	50000 50000	50000 50000	0 0	132,0 47545	49640 49765	49508 2220
3	Раствор хромового ангидрида						
	а) с добавкой 15 г $H_2SO_{4\text{ конц}}$ б) без добавки $H_2SO_{4\text{ конц}}$ $t = 100^\circ C$	50000 50000	50000 50000	0 0	114,0 46875	49720 49805	49606 2930

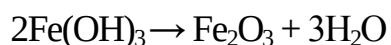
При электрохимическом восстановлении хрома присутствие глицерина до некоторой степени увеличивает (в нашем случае на 7,1%) восстановление ионов шестивалентного хрома. Этот способ приемлем для очистки сточных вод с концентрацией ионов металлов 100 мг/л и ниже, но недостаточно для полной переработки высококонцентрированных отработанных хроматсодержащих растворов. Поэтому для проведения процесса комплексной переработки предпочтительно применять химические способы.

Проведенные исследования показали, что при восстановлении ионов шестивалентного хрома реагентным способом, оптимальным условием является: рН среды 2-2,5, время проведения процесса восстановления 1 час, соотношение компонентов Cr^{6+} :ДОП: $H_2SO_4 = 1:1:1,6$, температура $60^\circ C$.

В третьей главе диссертационной работы «**Разработка технологии выделения оксида хрома(III) из отработанных хроматсодержащих растворов**» приводятся результаты исследований по созданию технологии переработки отработанных хроматсодержащих растворов и выделения из них оксида хрома(III).

При извлечении оксида хрома (III) из реакционной среды, после процесса восстановления сопутствующие компоненты, такие как, железо, ионы

SO_4^{2-} загрязняют конечный продукт. Для отделения гидроксида железа (III) из отработанного хроматсодержащего раствора проведены эксперименты по изучению зависимости степени осаждения ионов железа (III) и хрома (III) от pH раствора. Для этого отбирали 200 мл отработанного хроматсодержащего раствора и перенесли в термостойкий стакан, измеряя pH среды, добавляли раствор 10%-ного гидроксида натрия и следили за осаждением гидроксида железа (III) и установили, что начало осаждения гидроксида железа (III) происходит при pH=7,5-8,0 выход составляет до 95-97% (рис.4). Отфильтрованный осадок сушится при температуре 250-300°C в течение 1 часа, при этом гидроксид железа (III) теряя воду превращается в оксид железа (III) (гематит).



Полученный продукт, имеющий тонкодисперсную структуру, используется в качестве красного пигмента в лакокрасочных материалах.

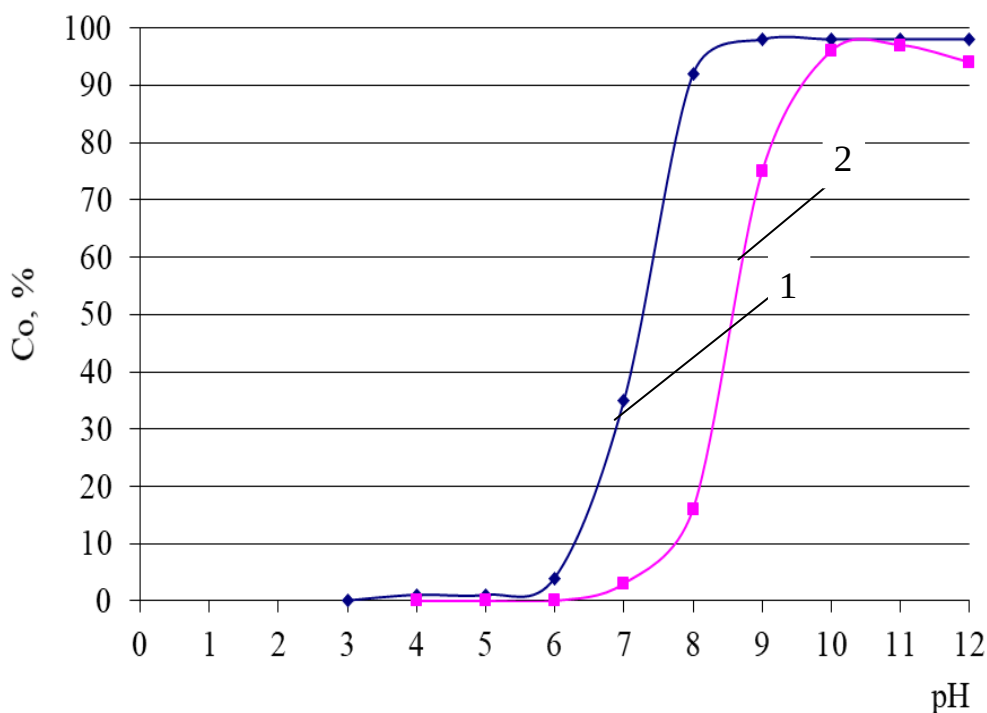
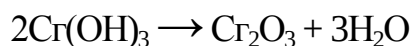


Рис. 4. Зависимость степени осаждения гидроксида железа (III) (1) и гидроксида хрома (III) (2) от pH среды

Хроматсодержащий раствор, отделенный от ионов железа (III) перенесли в термостойкий стакан, добавили органический восстановитель - ДОП и приливали порциями концентрированную серную кислоту ($d=1,84$ г/см), при постоянном перемешивании. После процесса восстановления (через 1 час) раствор, содержащий в основном ионы Cr^{3+} отфильтровали от остатков ДОП и для связывания SO_4^{2-} ионов обрабатывали гидроксидом кальция до pH 7,0 и образовавшийся осадок отфильтровывали.

Количество гидроксида кальция, для обработки раствора хрома зависит от количества добавленной серной кислоты в процессе восстановления их соотношение $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{Ca}(\text{OH})_2$ составляет 0,8:1.

После удаления SO_4^{2-} ионов pH раствора доводится до 8,5-9,0 добавлением 10%-ного раствора NaOH. При этом в осадок выпадает мелкодисперсные кристаллы $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Отфильтрованный зеленый осадок высушивали и подвергли обжигу при температуре 980-1000°C в течение 1 часа. Во время обжига гидроксид хрома (III) теряя воду, превращается в оксид хрома (III):



Для идентификации физико-химических свойств полученного продукта с реактивным оксидом хрома (III), использовали современные физико-химические методы анализа, такие как ИК-спектроскопический, рентгенофазовый, фотоколориметрический, химический и др.

Реактивный и полученный образец оксида хрома (III) были исследованы на ИК-спектре в области частот колебаний $4000-400 \text{ см}^{-1}$, которые показывают наличие Cr-O связей и подтверждают соответствие образца Cr_2O_3 (рис.5). Приведена рентгенограмма оксида хрома (III), полученного по разработанной технологии (рис.6). Результаты рентгенофазового анализа полученного образца оксида хрома (III) показывают наличие оксидной фазы хрома, которое согласуется с данными ИК-спектров и подтвердили соответствие полученного продукта реактивному образцу. Основные характеристики полученного образца оксида хрома (III) определены по ГОСТ 2912-79 «Окись хрома пигментная» и показали полное соответствие по всем характеристикам реактивного образца пигмента хрома.

По результатам исследований нами впервые разработана принципиальная технологическая схема выделения оксида хрома (III), восстановлением ионов хрома (VI) из отработанных хроматсодержащих растворов (рис.7).

Для переработки отработанный хроматсодержащий раствор, концентрацией 50 г/л, из емкости (1) через расходомер (3) поступает в реактор (5). Данный исходный раствор имеет кислую среду (pH=2-3). Известно, что ионы железа в виде гидроксида осаждаются при pH = 7,5-8,0. Для нейтрализации отработанного раствора из емкости (2) в реактор (5) через расходомер (4) поступает 10% ный раствор NaOH.

Смесь в реакторе (5) перемешивается, при этом выпадает в осадок гидроксид железа (III). Раствор с осадком поступает на нутч-фильтр (6) с фильтр-тканью диаметром пор 0,025 мм. Отделенный мелкодисперсный осадок гидроксида

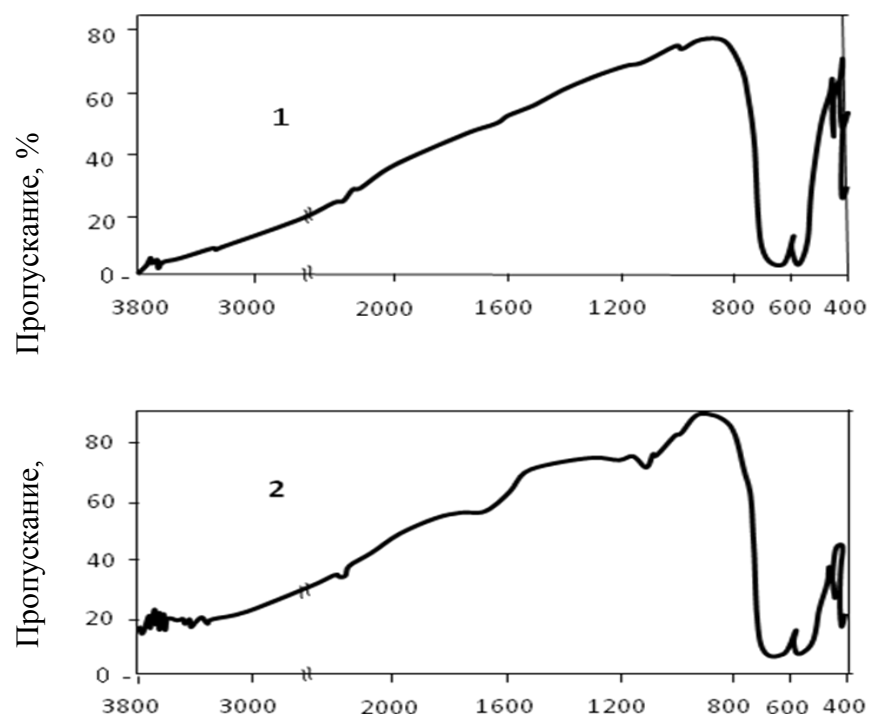


Рис.5. ИК-спектры оксида хрома (III) реактивного (1) и выделенного из отработанного хроматсодержащего раствора (2)

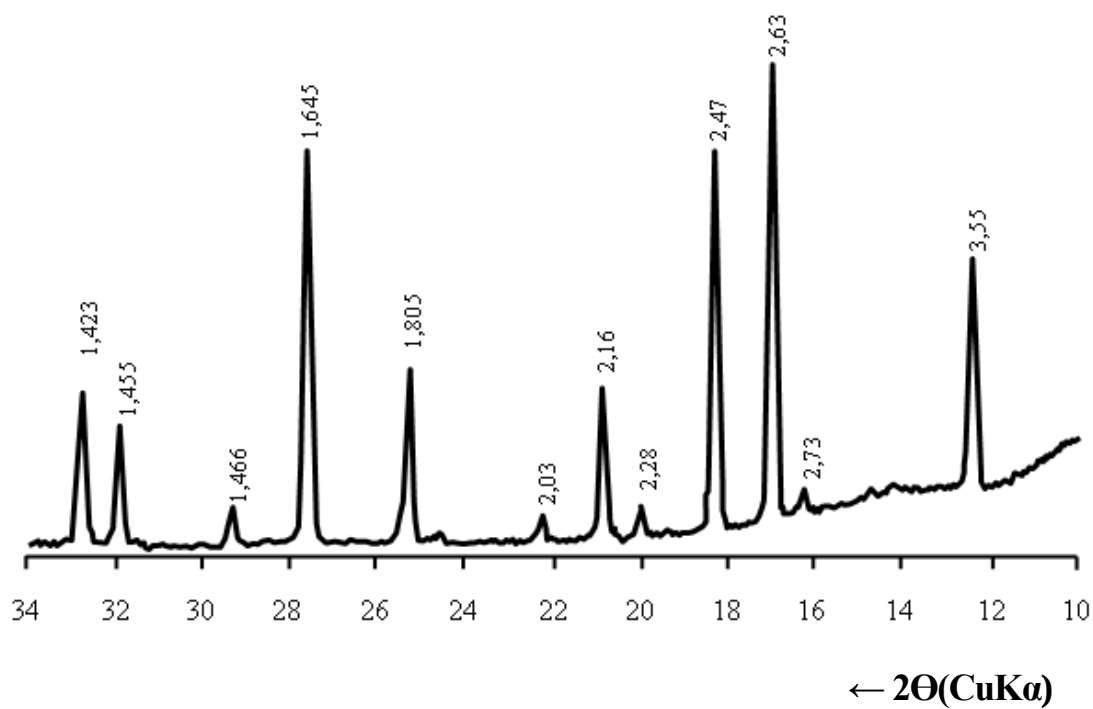
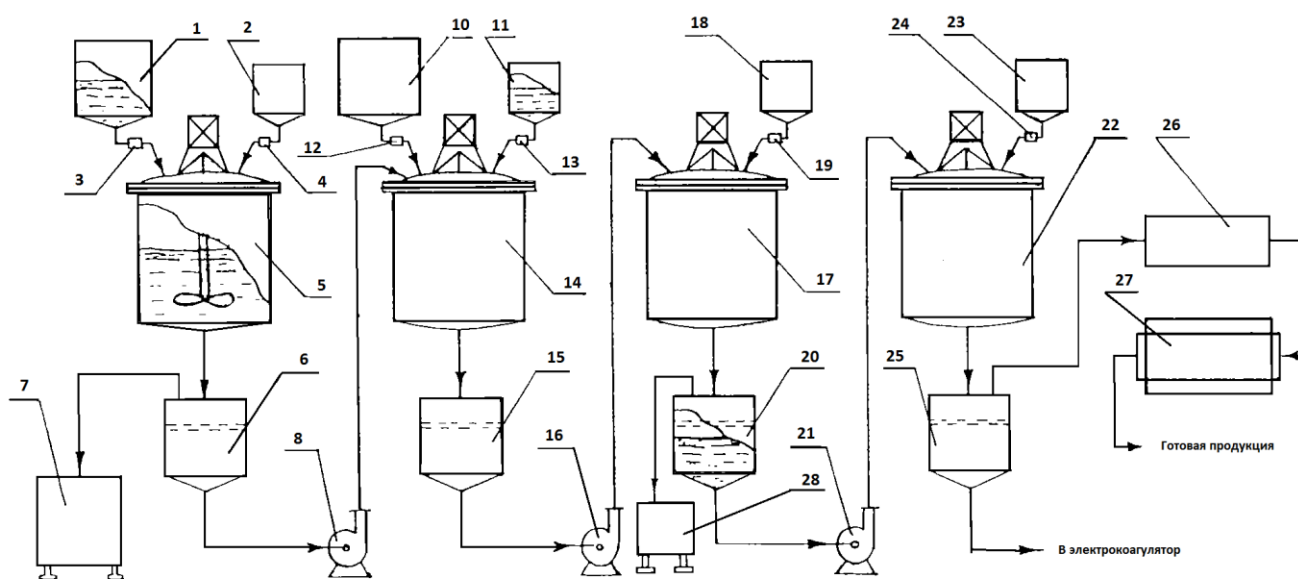


Рис.6. Рентгенограмма оксида хрома (III), выделенного из отработанного хроматсодержащего раствора.

железа(III) поступает в емкость (7), сушкой которого при температуре 250⁰-300⁰С, можно получить пигмент железа (гематит).

Раствор, очищенный от ионов железа подается насосом (8) в реактор (14) для восстановления ионов хрома (VI), куда через дозатор (12) из емкости (10) загружается органический восстановитель, перемешиваются и при перемешивании через расходомер (13) из емкости (11) малыми порциями поступает концентрированная серная кислота. Температура раствора в реакторе (14) поднимается до 60⁰-70⁰С за счет экзотермической реакции и цвет смеси постепенно переходит в зеленый, который указывает на восстановление шестивалентных ионов хрома до хрома (III). Процесс в основном протекает в первые 20-30 минут и завершается через 1 час. Затем, восстановленный раствор поступает на нутч-фильтр (15) для отделения раствора от остатков органического восстановителя. В качестве фильтрующего материала использовали фильтр-ткань из бильтинга, с диаметром пор 0,25 мм.

Отделенный осадок, остатки органического восстановителя (около 15 %) возвращается в основной процесс. Восстановленный зеленого цвета раствор хрома (III) через насос (16) поступает в реактор (17) для удаления ионов SO_4^{2-} , затем, через дозатор (19) поступает гидроксид кальция из емкости (18), раствор



1- емкость для хроматсодержащего раствора; 2,18- емкость для 10%-ного р-ра NaOH; 3,4,13,19-расходомеры; 5,14,17,22 -реакторы; 6,15,20,25-нутч-фильтры; 7- емкость для $\text{Fe}(\text{OH})_3$; 8,16,21-насосы; 9- мешалка. 10-емкость для ОВ; 11- емкость для H_2SO_4 конц; 12,24- дозаторы; 23- емкость для $\text{Ca}(\text{OH})_2$; 27-печь. 28- емкость для $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Рис.7. Принципиальная технологическая схема получения оксидов металлов из отработанных хроматсодержащих растворов

перемешивается в течении 10 мин, при этом сернокислые ионы осаждаются в виде двуводного сульфата кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Раствор из реактора (17) подается на нутч-фильтр (20), с диаметром пор фильтр ткани 0,025 мм, где фильтрацией отделяется осадок и подается в емкость (28). Сушкой последнего при температуре 115-120⁰С можно получить товарный продукт - гипс.

Отделенный от сернокислых ионов раствор с гидроксидом хрома (III) поступает в реактор (22) куда для повышения значения рН среды до 9 из емкости (23) через расходомер (24) поступает раствор NaOH. После, раствор отделяется от осадка гидроксида хрома(III) на нутч-фильтре (25) с фильтр-тканью диаметром пор 0,0045 мм. Гидроксид хрома (III) сушат в сушилке (26) при температуре 100-105⁰С в течение 1 часа. Высушенный гидроксид хрома (III) подвергается обжигу в печи (27) при температуре 950-1000⁰С в течение 1 часа. После, обожженный оксид хрома (III) измельчается, фасуется в целлофановые мешки по 1 ÷ 5 кг, упаковывается в коробки по 20 кг и отправляется на склад готовой продукции.

В четвертой главе диссертации **«Получение товарных материалов на основе выделенного оксида хрома(III) из отработанных хроматсодержащих растворов»** представлены результаты проведенных исследований по изготовлению абразивных и лакокрасочных материалов, а также цветных глазурей для керамических плит, на основе извлеченного оксида хрома (III).

Приготовленную пасту ГОИ испытывали для полировки алюминиевых, латунных и стальных изделий, наравне с импортируемыми образцами абразивных материалов, полученные нами по своим полирующим свойствам не уступали импортным образцам. На основе различных растворителей и наполнителей приготовили лабораторные образцы лакокрасочных материалов с добавкой полученного зеленого пигмента хрома. По результатам проведенных опытов было установлено, что наилучшими разбавителями для приготовления лакокрасочных материалов являются лак ПФ-283 и олифа с ацетоном. Результаты испытаний показали, возможность использования пигмента хрома, выделенного из отработанных хроматсодержащих растворов для приготовления цветных лакокрасочных материалов, которые устойчивых в воде и не оказывают отрицательное влияние на качество антикоррозионных свойств покрытий для защиты металлических изделий и оборудования.

В результате проведенных исследований по разработке новых составов цветных глушеных глазурей на основе оксида хрома (III), полученного из отработанных хроматсодержащих растворов определили его влияние на свойства и глушение титансодержащих глазурных покрытий.

Эффект избирательного поглощения световых волн в глазурях достигается введением в их состав пигментов или красящих оксидов. Для получения стабильно окрашенных глазурей, заглушенных дисиликотитанатом стронция, нами изучена зависимость окраски покрытий от пигмента. Условия обработки и исследований глазурей с пигментом, а также белых покрытий, заглушённых тонкодисперсными кристаллами дисиликотитаната стронция, были одинаковыми. Основой цветной глазури, (с введением в количестве 2 масс. % пигмента сверх 100%) послужил

стронциево-бариевый состав глазури, масс. %: SiO_2 - 66,05; Al_2O_3 - 4,31; B_2O_3 - 3,27; SrO -4,0; ZnO -1,30; K_2O -1,57; Na_2O -5,54; TiO_2 -7,0; BaO -6,0.

Результаты проведенных исследований показывают, что разработанные нами составы цветных глазурей обладают улучшенными физико-техническими свойствами (микротвердость, блеск) и химической устойчивостью, поэтому их рекомендуется использовать в качестве цветной глазури для покрытия облицовочных декоративных плиток.

В пятой главе диссертации «**Лабораторно-производственные и опытно-промышленные испытания полученных продуктов**» представлены результаты опытно-промышленных испытаний, в частности, выпуска опытной партии оксида хрома(III) из отработанного раствора гальванического процесса хромирования на базе ООО «METFURSERVIS» (акт от 21.12.2017 г.).

Проведены лабораторные испытания для получения лакокрасочных материалов на основе выделенного оксида хрома (III) в условиях Института общей и неорганической химии АН РУз (акт от 10.01.2018 г.)

Таблица 2

Калькуляция расхода на переработку 10 м^3 (концентрацией 50 г/л) отработанного хроматсодержащего раствора

Наименование	Ед. изм.	Цена, сум	Расходы на переработку 10 м^3 отхода, т	Стоимость, сум	Общий расход, сум
NaOH (техн)	т	4000000	0,17	680000	680000
Органический восстановитель (ДОП)	т	300000	0,50	150000	150000
H_2SO_4 (техн)	т	7000000	0,70	4900000	4900000
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	т	400000	0,14	56000	56000
Расходы на сырьё и компоненты для переработки, сум					7 136 000
Заработная плата 2 ед. $800\,000 \times 2 = 1\,600\,000$ сум					1 600 000
Начисление на зарплату, сум					400 000
Амортизация оборудования, сум					200 000
Элетроэнергия, сум					200 000
Вода, м^3					34 000
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, сум					150 000
Прочие расходы, сум					500 000
Себестоимость, сум					9 920 000
Себестоимость переработки 10 м^3 отхода, сум					10 220 000

Проведены опытно-промышленные испытания абразивных материалов, полученных на основе выделенного оксида хрома(III) в условиях ООО «NISHON-N» и получены положительные результаты (акт от 10.11.2017 г.)

В результате опытно-промышленных испытаний на базе СП ООО «ART GLOSS GALLERY» с использованием пигмента хрома, полученного из отходов хромосодержащих отработанных растворов в составе цветной глазури, получены керамические плитки, отвечающие требованиям ГОСТ 6141-91 и Oz'St 823-97 (акт от 12.11.2017 г.). При среднегодовой производительности технологического оборудования в условиях СП ООО «ART GLOSS GALLERY» 180 тыс. м²/год, при среднем количестве используемого пигмента 2 %, общий расход хромового пигмента составляет 2232 кг/год, при разнице цен 35 000 сум от привозного пигмента, ожидаемая экономическая эффективность составляет 78,12 млн. сумов.

Проведены расчеты материального баланса на переработку 10 м³ отработанного хроматсодержащего раствора, которые приведены в табл.2.

При переработке 10 м³ (50 г/л) отработанного хроматсодержащего раствора можно получать 460 кг оксида хрома(III), 42 кг пигмента железа и 180 кг гипса.

$\text{Cr}_2\text{O}_3_{(\text{тех})} - 460 \times 40\,000 \text{ сум} = 18\,400\,000 \text{ сум}$

$\text{Fe}_2\text{O}_3_{(\text{тех})} - 42 \times 24\,000 \text{ сум} = 1\,008\,000 \text{ сум}$

Гипс – 180 х 300 сум = 54 000 сум

ИТОГО: 18 400 000 + 1 008 000 + 54 000 = 18 562 000 сум

18 562 000 - 10 220 000 = 8 342 000 сум при переработке 10 м³ отхода

Прибыль: 8 342 000: 10 = **834 200 сум/м³**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований, проведенных по разработке технологии переработки хром (VI)-содержащих промышленных отходов позволяют сформулировать следующие общие выводы:

1. Исследованием состава, физико-химических свойств исходных материалов и химизма процессов, протекающих при восстановлении ионов хрома (VI) до хрома (III) установлена возможность использования целлюлозосодержащих материалов (древесных опилок) в качестве восстановительных реагентов в процессе переработки высококонцентрированных, токсичных хроматсодержащих отработанных растворов производств.

2. В результате извлечения ионов железа (III) до процесса восстановления ионов хрома (VI) до хрома (III) из отработанных хроматсодержащих растворов нетрадиционными реагентами расход серной кислоты сократился на 2,3 раза.

3. Научно обосновано и экспериментально показано восстановление ионов хрома (VI) до хрома (III), которое состоит из процесса перемешивания хроматсодержащего раствора, серной кислоты, древесных опилок в соотношениях (в.ч.) 1:1:1,6 соответственно, а продолжительность процесса 1 час.

4. На основании полученных результатов исследований рекомендована технология переработки отработанных хроматсодержащих растворов и сточных вод производств, с последующим получением оксида хрома (III),

доступным, эффективным и экологически чистым органическим восстановителем – древесными опилками.

5. Определены оптимальные условия восстановления ионов Cr^{6+} до Cr^{3+} , а также выделения образовавшихся побочных продуктов, путем последовательных стадий подщелачивания раствора с достижением ступенчатой седиментации при $\text{pH}=7,5$ и $9,0$ для $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Cr}(\text{OH})_3$ соответственно. Изучены и установлены оптимальные условия процесса фильтрации пульп с осадками $\text{Fe}(\text{OH})_3$, сернокислого кальция и $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

6. Установлена корреляционная зависимость полноценного проведения процесса восстановления ионов Cr^{6+} , степени осаждения сернокислого кальция, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Cr}(\text{OH})_3$ от исходной концентрации отработанного хроматсодержащего раствора, серной кислоты, физико-химических и восстановительных свойств исходных материалов, а также температуры процесса и времени его продолжительности.

7. Установлено, методами химических, ИК-спектроскопического и рентгенофазового анализов, что в конечной стадии процесса получен продукт, оксид хрома (III), соответствующий ГОСТу 2912-76 «Окись хрома пигментная». Показана возможность использования последнего в качестве импортозамещающего материала при изготовлении цветной глазури для керамических плит, для лакокрасочной промышленности и абразивных материалов (паста ГОИ), которые по качеству не уступают импортируемым аналогам. Проведены опытно-промышленные испытания и одобрены в качестве основного компонента пасты ГОИ и пигмента в составе шихты при изготовлении цветной глазури для керамических плит.

8. Научно обоснована и разработана принципиально новая технологическая схема переработки отработанных хроматсодержащих растворов производств, получения оксидов металлов с использованием эффективных и экологически безопасных органических восстановителей. Составлен и утвержден производителем временный технологический регламент на проведения процесса переработки и получения оксидов металлов из отработанных хроматсодержащих растворов, который дает возможность отказ от импорта реактивных восстановителей, таких как, сульфит, бисульфит натрия, сульфат железа (II), применяемых в существующей реагентной технологии переработки отработанных растворов и образования неликвидных шламов.

9. Выполнены расчеты материального баланса и технико-экономического обоснования для внедрения разработанной технологии с показателями экономической эффективности 834 200 сум, без учета затрат на реагенты для переработки, процессов обеззараживания и обезвоживания, транспортные расходы до отвалов и компенсации за ущерб экологию при переработке 1 м^3 отработанного хроматсодержащего раствора, концентрацией 50 г/л.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE
DSc.27.06.2017.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY AND TASHKENT
CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

ERKABAEV FURKAT ILYASOVICH

**THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PROCESSING OF
CR (VI) - CONTAINING INDUSTRIAL WASTE**

02.00.11 – Colloid and membrane chemistry

**DISSERTATION ABSTRACT
OF DOCTOR OF SCIENCE IN TECHNICS**

Tashkent – 2018

**The dissertation subject of doctor of science is registered at Supreme Attestation
Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2016.1.T591**

Dissertation was carried out at Institute of Inorganic chemistry.

Abstract of dissertation in three languages (uzbek, Russian, and English, (resume) is placed on the web page (www.ionx.uz) and Information-educational portal of “Ziyonet” (www.ziyonet.uz).

Scintifik consultant:

Akhmedov Ulug’ Karimovich
doctor of chemical sciences, professor

Offical opponents:

Guro Vitaliy Pavlovich
doctor of chemical science

Sayfutdinov Ramziddin Sayfutdinovich
doctor of chemical science, professor

Shamshiddinov Isroil Tursunovich
doctor of technical science

Leading organization:

**The Namangan engineering and technological
institute**

Defense will take place on «____»_____ 2018 at. «____» o'clock at the meeting of scientific council DSc.27.06.2017.K/T.35.01 under Institute of General and Inorganic Chemistry and Tashkent chemical-technological Institute. Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek distrit, Mirzo Ulugbek street, 77-a.tel.:Fax:(99871)262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru.

Dissertation can be re viewed at the Information-resource centre at the Institute of General and Inorganic Chemistry of AS RUz (registration number____) (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek street, 77-a.tel: (99871) 262-56-60).

Abstract of dissertation sent out on «____»_____ 2018 y.
(Mailing report No_____ ot «____»_____ 2018 y.

B.S.Zakirov

Chairman of scientific council on awarding of
scientific degree, d.ch.s.

D.S.Salikhanova

Scientific secretary of scientific council on award of
scientific degree, d.t.s.

S.Tuhtayev

Chairman of scientific seminar at scientific council on
awarding of scientific degree, d.ch.s, professor, academician

INTRODUCTION (abstract of DSc. thesis)

The aim of research work The aim of the research work is to develop a technology for the complex processing of Cr(VI) - the containing industrial waste materials, using a untraditional environmentally safe, organic reducing word save dust.

The object of the research work is waste solutions, waster production and modeling solutions containing highly toxic hexavalent chromium ions, waste wood industries.

Scientific novelty of the research work is as follows: the reduction properties of wood chips of chromium (VI) ions to chromium (III) in waste solutions, which open cellulose macromolecules are formed as a result of chemical modifications, as well as an increase in the number of aldehyde group that is rarely found in the cellulose structure, contributes to the intensification of the reduction process;

the dependence of the yield of the product in the process of reduction of chromium (VI) ions to chromium (III) on the mass ratio of chromate ions, reducing agent and sulfuric acid, which is 1: 1: 1.6 ratio, is proved;

Optimal conditions for purification of the processed solution from calcium sulphate and iron (III) hydroxide are established;

a west less technology for the complex processing of highly toxic spent chromate-containing solutions was developed, followed by the production of metal oxides.

Implementation of the research results:

A temporary technological regulation for acquiring chromium(III) oxide from waste chromate-containing solutions was developed and approved. In the productions conditions of Ltd. "METFURSERVIS", the developed technology has been introduced into practice and chromium(III) oxide obtained from spent technological solutions according to GOST 2912-79 (act on 21.12.2017)

On the basis of obtained chromium(III) oxide is manufactured an industrial conditions and. acquired positive results in the shop tilting and metal working of Ltd "NISHON-N") (act on 21.12. 2017y).

A method has been developed for using the acquired chromium(III) oxide in the manufacture of colored glares for ceramic plates and introduced into the production of the joint venture "ART GLOSS GALLERY"(act on 20.11.2017y).

The structure and volume of the thesis. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, list of references, applications. The volume of the dissertation is 189 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

Илмий мақолалар (научные статьи, scientific articles)

1. Эркабаев Ф.И., Эшметов И.Д. Исследование влияние восстановителей при удалении ионов хрома(VI) из отработанных растворов хромирования // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управления», 2016, №4(70), 40-44 бетлар. (02.00.00; №10);
2. Эркабаев Ф.И., Усманов Х.Л. Хромсодержащий отход-сырье для получения цветной глазури // Узбекский химический журнал, 2016 г. №6 с.43-48. (02.00.00; №6);
3. Эркабаев Ф.И. Исследование влияние щелочных сточных вод на степень восстановления ионов хрома(VI) // Узбекский химический журнал, 2017 г. №1 с.36-41. (02.00.00; №6);
4. Эркабаев Ф.И. Сорбционный метод очистки хромсодержащих сточных вод и отработанных растворов // Узбекский химический журнал, 2017 г. №2 с.9-14. (02.00.00; №6);
5. Эркабаев Ф.И. Определения оптимальных условий электрохимического восстановления ионов хрома(VI) // Узбекский химический журнал, 2017 г. №3 с.3-8. (02.00.00; №6);
6. Эркабаев Ф.И. Узбекский химический журнал, 2017 г. №4 с.25-30
7. Erkabaev F.I., Axmedov U.K. Electrochemical recovery of chromium ions (VI) in the presence of polyhydric alcohol // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, №7-8, 2017, p.38-41, Vena, Austria. (02.00.00; №2);
8. Эркабаев Ф.И. Исследование процесса осаждения и фильтрации пульпы сульфата кальция, гидроксидов железа(III) и хрома(III) // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управления», 2017, №4(70), 20-24 бетлар. (02.00.00; №10);
9. Эркабаев Ф.И. Технология получения оксида хрома(III) из отработанных хроматсодержащих растворов // Узбекский химический журнал, 2017 г. №5 с.34-39. (02.00.00; №6);
10. Эркабаев Ф.И. Ахмедов У.К. Получение пигмента для лакокрасочных материалов на основе отработанных растворов гальванического цеха // СамДУ Ахборотномаси, 2017 й., №5 с. 110-114. (02.00.00; №9);
11. Эркабаев Ф.И. Исследование процессов осаждения и фильтрации гипса, гидрооксидов железа(III) и хрома(III) // Узбекский химический журнал, 2017 г. №5 с.40-45. (02.00.00; №6);
12. Эркабаев Ф.И. Очистка высокотоксичных хроматсодержащих отработанных растворов // Электронный научный журнал «Universum»: Химия и биология, 2018 г. № 3(45), 01.Неорганическая химия. (02.00.00; №1);
13. Эркабаев Ф.И. Очистка сточных вод и отработанных растворов гальванического производства сорбционным методом // Химическая промышленность. Санк-Петербург. 2018 г. №1 с.33-37. (02.00.00; №21).

14. Эркабаев Ф.И., Урозов Т.С Реагентный метод утилизации хроматсодержащих отработанных растворов и сточных вод // СамДУ Ахборотномаси, 2018 й., №1 с.84-87.

15. Эркабаев Ф.И., Исмаилова Н.А. Утилизация хроматсодержащих отработанных растворов и сточных вод // Журнал «Химическая технология», 2018 г., №1 с. 32-36.

II бўлим (II часть; part II)

16. Заявка на получение патента РУз № IAP 20170119 от 05.04.2017 г. Способ получения оксида хрома (III) (авторы: Эркабаев Ф.И., Ахмедов У.К.).

17. Эркабаев Ф.И., Эшметов И.Д. Получение оксида хрома(III) из отработанных электролитов хромирования и сточных вод // Республиканская научно-техническая конференция молодых ученых «Высокотехнологические разработки в производстве», Сборник тезисов, С 36-37, 14 декабря 2016 г., в ИОНХ АН РУз, г.Тошкент.

18. Эркабаев Ф.И. Исмаилова Н.А. Влияние многоатомных спиртов на электрохимическое восстановление ионов шестивалентного хрома // «Кимё саноатида инновацион технологиялар ва уларни ривожлантириш истиқболлари» Республика илмий-амалий анжуманининг тезислари тўплами, 2-жилд, С 64-65, 20-21 апрель, 2017 йил, Ургенч ш.

19. Эркабаев Ф.И., Ахмедов У.К. Получение оксида хрома(III) из отработанных электролитов хромирования и сточных вод // «Кимё саноатида инновацион технологиялар ва уларни ривожлантириш истиқболлари» Республика илмий-амалий анжуманининг тезислари тўплами, 2-жилд, С 159-160, 20-21 апрель, 2017 йил, Ургенч ш.

20. Эркабаев Ф.И. Влияние глицерина на электрохимическое восстановление ионов шестивалентного хрома // XX Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием), Сборник тезисов докладов, С 558-559, 18-20 апреля 2017 г., в г.Нижний Новгород.

21. Эркабаев Ф.И., Балтабаева М. Исследование влияние щелочных сточных вод при восстановлении ионов шестивалентного хрома // «Умидли кимёгарлар-2017» Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриат талабалари XXV Илмий техникавий анжумани тезислари тўплами, С 23-24, 18-21 апрель, 2017 йил, Тошкент ш.

22. Эркабаев Ф.И., Балтабаева М., Ганиев Ш. Влияние времени контакта реагентов на процесс восстановления ионов хрома(III) // «Умидли кимёгарлар-2017» Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриат талабалари XXV Илмий техникавий анжумани тезислари тўплами, С 154-155, 18-21 апрель, 2017 йил, Тошкент ш.

23. Эркабаев Ф.И., Ахмедов У.К., Хурмаматов А.М. Очистка сточных вод от остатков нефтепродуктов сорбентами // II Международная научно-техническая конференция «Инновационные разработки в сфере химии и технологии топлив и смазывающих материалов», Сборник тезисов, С 287-289, 19-20 октября 2017 г., г.Бухара.

24. Эркабаев Ф.И. Цветная глазурь на основе хромсодержащего отхода производств // Сборник материалов XV международной научно-практической конференции «Наука и современность», С.9-10, 28 января 2018 года., г.Москва.

Автореферат «Ўзбекистон кимё журнали» таҳририятида таҳрир қилинди.

Босишга рухсат этилди: 04.05.2018 йил
Бичими 60x45 ¹/₈, «Times New Roman»
гарнитуроюда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи 3,4. Адади: 100. Буюртма: №

Ўзбекистон Республикаси ИИБ Академияси,
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68

«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ»