

**ТОШКЕНТ КИМЁ ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ**  
**ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.16/30.12.2019.К/Т.87.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ**

**НОМОЗОВ АБРОР КАРИМ ЎҒЛИ**

**ЎСИМЛИК ЭКСТРАКТИ ҲАМДА СИНТЕТИК БИРИКМАЛАР**  
**АСОСИДА КОРРОЗИЯ ИНГИБИТОРЛАРИНИ ОЛИШ**  
**ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

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

**Тошкент – 2023**

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

**Номозов Аброр Карим ўғли**

Ўсимлик экстракти ҳамда синтетик бирикмалар асосида  
коррозия ингибиторларини олиш технологияси.....3

**Nomozov Abror Karim o'g'li**

Technology for the production of corrosion inhibitors  
based on plant extracts and synthetic compounds.....21

**Nomozov Abror Karim o'g'li**

Технология производства ингибиторов коррозии на основе  
растительных экстрактов и синтетических соединений .....39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works.....43

**ТОШКЕНТ КИМЁ ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ**  
**ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.16/30.12.2019.К/Т.87.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ**

**НОМОЗОВ АБРОР КАРИМ ЎҒЛИ**

**ЎСИМЛИК ЭКСТРАКТИ ҲАМДА СИНТЕТИК БИРИКМАЛАР**  
**АСОСИДА КОРРОЗИЯ ИНГИБИТОРЛАРИНИ ОЛИШ**  
**ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

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

**Тошкент – 2023**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси **Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.2.PhD/Т2782** рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент кимё-технология илмий-тадқиқот институтида бажарилган.  
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, инглиз, рус (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.iktiti.uz](http://www.iktiti.uz)) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

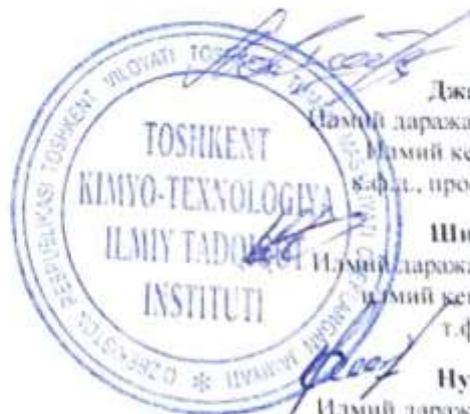
|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Илмий раҳбар:</b>       | <b>Бекназаров Ҳасан Сойибназарович</b><br>техника фанлари доктори, профессор  |
| <b>Расмий оппонентлар:</b> | <b>Нуркулов Файзула Нурмуминович</b><br>техника фанлари доктори, профессор<br><b>Ражабов Юсуфбой Нураддин ўгли</b><br>кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) |
| <b>Етакчи ташкилот:</b>    | <b>Навоний давлат қончилиқ ва технологиялар университети</b>  |

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институти хузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.16/30.12.2019.К/Т.87.01 рақамли илмий кенгашнинг 2023 йил «16» май соат 11 даги мажлисида бўлиб ўтди. (Манзил: 111116, Тошкент тумани, Иброт МФЙ., Шуробозор. Тел.: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKITTI@exat.uz](mailto:TKITTI@exat.uz)).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институтининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№ 2023/11 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 111116, Тошкент тумани, Иброт МФЙ., Шуробозор Тел.: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKITTI@exat.uz](mailto:TKITTI@exat.uz)).

Диссертация автореферати 2023 йил «01» май кунин тарқатилди.

(2023 йил «01» майдаги № 2023/11 рақамли реестр баённомаси).



**Джанитов А.Т.**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш раиси,  
т.ф.д., проф., академик

**Ширинов Ш.Д.**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш котиби,  
т.ф. PhD, к.и.х.

**Нуркулов Ф.Н.**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш қошидаги  
илмий семинар раиси, т.ф.д., проф.

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Ҳозирги кунда дунёда ишлаб чиқариш корхоналарининг асосий қурилмаларини металл конструкциялари ташкил этади, ушбу металл конструкцияларининг коррозияга учраши натижасида келиб чиқадиган зарар бир неча юз миллиард долларни ташкил этади. Саноатдаги металл конструкцияларни коррозиядан асраш учун бугунги кунда ҳар хил коррозия ингибиторлари қўлланилиб келинмоқда. Жумаладан, табиий бирикмалар асосида олинадиган яшил ингибиторлар, таркибида азот тутган янги турдаги коррозия ингибиторларини яратиш ва ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳонда металллар коррозиясини олдини олиш учун “келажак коррозия ингибиторлари” деб эътироф этилаётган экологик хавфсиз, турли муҳитларда металллар коррозиясини олдини олиш учун яшил ингибиторлар олишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Металллар коррозиясини олдини олиш учун бу йўналишда самарали коррозия ингибиторларини олиш жараёнининг муқобил технологияларини ишлаб чиқиш, уларнинг ингибирлаш жараёнини ҳисобга олган ҳолда кимёвий таркибини аниқлаш ва ҳоссаларини ўрганишга ва олиш технологияларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда маҳаллий хомашёлар ва иккиламчи бирикмалар асосида олинган коррозия ингибиторларидан турли агрессив ва сув билан совутиш ёки иситиш тизимларида металллар коррозияланишини олдини олиш борасида илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегиясида «юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш» ва «мамлакат озик-овқат хавфсизлигини янада мустаҳкамлаш, экологик тоза маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кенгайтириш»<sup>1</sup> га йўналтирилган муҳим вазифалар белгиланган. Бу борада металл конструкциялари коррозиясининг олдини олишда иқтисодий жиҳатдан самарали ва экологик жиҳатдан хавфсиз бўлган коррозия ингибиторларини ишлаб чиқариш ҳамда мавжуд технологияларни доимий равишда такомиллаштириш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги фармони, 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сон «Кимё ва биология йўналишларида узлуксиз таълим сифатини ва илм-фан натижадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ва 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3264-сон «Кимё саноати ташкилотларининг экспорт-импорт фаолиятини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги фармони.

вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти натижалари муайян даражада хизмат қилади

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Коррозия ингибиторларини яратиш ва уларнинг ингибирлаш хоссаларини тадқиқ қилиш бўйича Сингх П, Эбенсо Э.Э, Оласунканми Л.О., Обот И.Б., Паул С., Колей И., Муравева С.А., Мельников В.Г., Эгоров В.В., Кузнецов Й.И., Казанская Г.Й., Тсирулникова Н.В., Аннанд Р.Р., Хурд Р.М., Ҳаккерман Н., Чернов В.Й., МДХ мамлакатларидан Розенфелд И.Л., Борисов Д.Н., Агафонкин А.В., Данилова Г.Н., Фархутдинова А.Р., Чепкасова О.А., Кузнецов Ю.И., Вигдорович В.И., Федотова А.И., Левашова В.И., ҳамда Ўзбекистон олимларидан Джалилов А.Т., Акбаров Х.И., Таджиходжаев З.А., Бекназаров Ҳ.С., Тиллаев Р.С., Сиганов Т.Д., Қурбанов Ф.К., Холиков А.Ж., Икрамов А., Юсупов Д., Ёдгоров Н., Қодиров Х.И., Нуриллоев З.И., Нарзуллаев А.Х., Эшмаматова Н.Б. ва бошқа олимлар томонидан илмий тадқиқот ишларини олиб боришган.

Ушбу олимлар томонидан олиб борилган илмий тадқиқот ишлари, табиий манбалар, маҳаллий хомашёлар ва саноат маҳсулотлари асосида коррозия ингибиторларининг янги авлодини яратиш ҳамда уларнинг турли агрессив муҳитларда қўллашга доир назарий ва амалий асосларини ишлаб чиқиш, шунингдек, коррозия ингибиторларини ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштиришга қаратилган.

Ҳозирги кунда турли агрессив муҳитларда металл конструкцияларини коррозиядан ҳимоялашда ноорганик тузлар, композитлар, композитли бирикмалар, полиэлектродитлар, ўсимлик экстрактлари, баъзи бир органик гетеробирикмалар, ва ионли суюқликларнинг кислотали ва сувли айланма тизимларда пўлат материаллари учун ингибирлаш механизмларини ўрганиш бўйича кенг қамровли илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда.

**Диссертация мавзусининг тадқиқот бажарилаётган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институти МЧЖ нинг илмий-тадқиқот ишлари режасининг Х/Ш №12-06 «Маҳаллий хом ашёлар асосида янги самарали олигомер коррозия ингибиторларини ишлаб чиқиш ва қўллаш» (2007 й.) мавзусидаги хўжалик шартномаси ҳамда А12-005 «Маҳаллий хом ашёлар асосида янги самарали коррозия ингибиторларини олиш ва уларни қўллаш» (2015-2017 йй.) мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** ўсимлик экстракти ва моноэтанолламин, малеин ангидрид, п-фенилендиамин ҳамда кротон алдегид асосида самарали, экологик хавфсиз коррозия ингибиторларини олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

*Salsola oppositifolia* ўсимлигидан олинган экстрактни яшил коррозия ингибитори сифатида қўллаш ва моноэтанолламин, малеин ангидрид, п-

фенилендиамин ҳамда кротон альдегидлар асосида коррозия ингибиторларини синтез қилишнинг мақбул шароитларини аниқлаш;

синтез қилинган коррозия ингибиторларининг тузилишини ва хоссаларини замаонавий физик-кимёвий усуллар ёрдамида аниқлаш;

коррозия ингибиторларининг ингибирлаш самарадорлигини электрокимёвий ва гравиметрик усуллар ёрдамида тадқиқ қилиш ҳамда коррозия ингибиторларнинг пўлат юзасига адсорбция изотермалари ва термодинамик жараёнларини тадқиқ қилиш;

ингибирланган ва ингибирланмаган эритмалардаги пўлат юзасини сканерловчи электрон микроскоп ҳамда атом кучи микроскопи ёрдамида ўрганиш;

коррозия тезлиги ва ҳимоялаш даражасига ҳарорат ҳамда концентрациянинг таъсирини ўрганиш орқали ингибирлаш механизминини аниқлаш;

ингибирлаш самарадорлиги юқори бўлган коррозия ингибиторларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва иқтисодий самарадорлигини асослаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида *Salsola oppositifolia* ўсимлиги экстракти, моноэтаноламин, малеин ангдирид, п-фенилендиамин ва кротон альдегид асосида олинган коррозия ингибиторлари, кислотали ҳамда сувли айланма тизимлардаги пўлат материаллари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** коррозия ингибиторларининг ингибирлаш механизминини аниқлаш, турли концентрация ва ҳароратларда ингибирлаш самарадорлиги ҳамда ҳимоялаш даражаларини тадқиқ қилиш, шунингдек, коррозия ингибиторларини олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишида коррозия ингибиторларининг тузилиши ва физик кимёвий хоссаларини аниқлашда ИҚ-спектроскопия ҳамда ингибирлаш самарадорлигини аниқлашда электрокимёвий, гравиметрик, шунингдек, сирт морфологиясини ўрганишда сканерловчи электрон микроскоп ва атом куч микроскопи каби усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** куйидагилардан иборат:

*Salsola oppositifolia* ўсимлигидан олинган экстракт металлларни коррозиядан ҳимоя қилиш уқун “яшил коррозия ингибитор” сифатида қўллашнинг мақбул шароитлари аниқланган;

моноэтаноламин, малеин ангдирид, п-фенилендиамин ва кротон альдегид асосида юқори самарали ИКРК-1 ва ИКММ-1 маркали коррозия ингибиторларининг таъсир механизмлари аниқланган;

олинган коррозия ингибиторларнинг сув билан соғутиш тизимида ва турли кислотали муҳитларда металлларни коррозиядан ҳимоялаш даражаси аниқланган;

коррозия ингибиторларининг ингибирлаш механизми ва ингибирлаш самарадорлиги кинетик, термодинамик, гравиметрик ва электрокимёвий усуллар ёрдамида аниқланган;

сканерловчи электрон микроскоп ва атом куч микроскоп усуллари орқали олинган микрофотографиялар асосида ингибирланган пўлат сиртининг морфологик ўзгаришлари аниқланган;

*Salsola oppositifolia* ўсимлигидан “яшил коррозия ингибитор” ва ИКРК-1 ҳамда ИКММ-1 маркали коррозия ингибиторларини олишнинг экологик тоза технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:**

ўсимлик экстракти асосида яшил коррозия ингибиторини олиш ва малеин ангидриди, моноэтанолламин, п-фенилендиамин ҳамда кротон альдегидлари асосида коррозия ингибиторларини олиш технологиялари ишлаб чиқилган;

ингибирланган эритмалардаги пўлат намунаси сирт юза морфологияси сканерловчи электрон микроскоп ва атом кучи микроскопи ёрдамида таҳлил қилинганда, ингибирланмаган эритмадаги пўлат намуналарига нисбатан қавариқ ва ботик ҳамда чўққилар ўлчами кичиклиги аниқланган;

ўсимлик экстракти асосида олиган яшил коррозия ингибитори ҳамда моноэтанолламин, малеин ангидрид, п-фенилендиамин ва кротон альдегиди асосида синтез қилинган коррозия ингибиторларини сувли айланма совутиш ёки иситиш тизимларида, шунингдек, кислотали муҳитларда ингибирлаш самарадорлиги юқори эканлиги аниқланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** коррозия ингибиторларининг тузилиши ва ингибирлаш самарадорлиги ҳамда ингибирлаш механизми ИҚ-спектроскопия, сканерловчи электрон микроскоп, атом куч микроскопи, гравиметрик, электрохимёвий, термодинамик ва кинетик назариялар асосида ингибиторларнинг самарадорлиги аниқланганлиги, шунингдек, тажриба ва ишлаб чиқариш майдонларида ўтказилган синов натижаларининг ўзаро муносиблиги ҳамда ишлаб чиқаришга жорий этилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ўсимлик экстракти асосида олинган яшил коррозия ингибитори ҳамда моноэтанолламин, малеин ангидрид, п-фенилендиамин ва кротон альдегид асосида коррозия ингибиторлари олинганлиги, уларнинг тузилиши, физик-химёвий хусусиятларининг ўзаро боғлиқлигини, шунингдек, ингибирлаш механизмининг аниқланиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, яшил ва синтез қилинган коррозия ингибиторларини агрессивлиги юқори бўлган турли муҳитларда ҳамда айланма сувли тизимларда пўлатни коррозиядан юқори даражада ҳимоялаб, металл конструкцияларини узок муддат давомида самарали ишлашига хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Ўсимлик экстракти ҳамда синтетик бирикмалар асосида коррозия ингибиторларини олиш технологияси бўйича олинган илмий-амалий натижалар асосида:

синтез қилинган коррозия ингибиторини олиш технологияси «Ўзбекнефтгаз» АЖ «Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖ нинг “2022-2025 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган («Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖнинг 2022 йил 8 апрелдаги 107/ГК-04-сон маълумотномаси). Натижада, ички сувли айланма ва совутиш системаларида юзага келувчи коррозиядан пўлат материалларини ҳимоялаш имконини берган;

металл конструкцияларни коррозиядан химоя қилишда ишлатиладиган яшил коррозия ингибиторларини олиш технологияси «Навоий кон-металлургия комбинати» АЖнинг “2022-2025 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган («Навоий кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2022 йил 11 майдаги 23.01.01-07/343-сон маълумотномаси). Натижада, кислотали ювишдан ҳосил бўлувчи агрессив кислотали-тузли чиқинди сувларни ўтказувчи ва сақловчи пўлат конструкцияларни коррозиядан химоялаш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация ишининг асосий натижалари 9 та илмий-амалий, шу жумладан 3 та халқаро ва 6 та республика миқёсидаги анжуманларда маърузалар қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 17 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан 4 таси республика ва 4 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 108 бетни ташкил қилади.

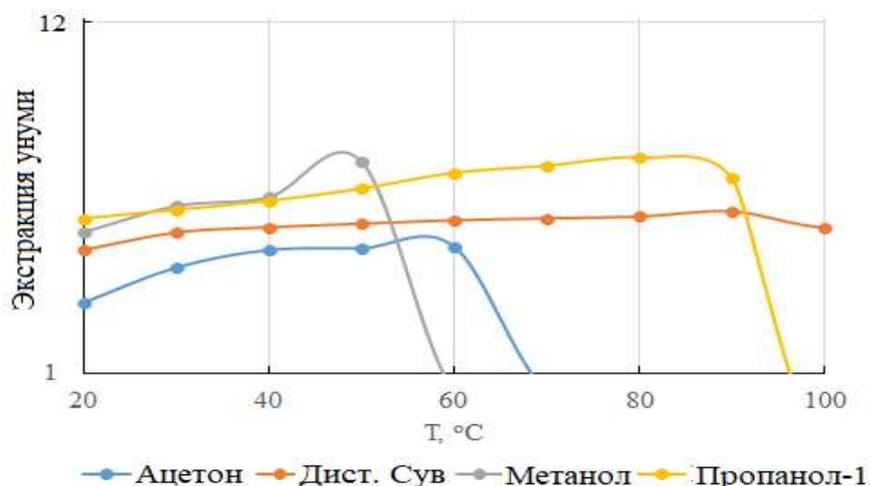
## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг **“Турли агрессив муҳитларда коррозия ингибиторларини қўллаш соҳасидаги тадқиқотларнинг ривожланиш истиқболлари”** деб номланган биринчи бобида мавзу бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари, хорижий ва маҳаллий адабиётлар таҳлили батафсил ёритилган. Маълумотлар умумлаштирилган ва илмий-таҳлилий хулосалар чиқарилган ҳамда илмий адабиётлардаги маълумотлардан келиб чиққан ҳолда диссертация ишининг мақсади, вазифалари, долзарблиги ва муҳимлиги белгилаб берилган.

Диссертациянинг **“Яшил ва синтетик коррозия ингибиторларини синтез қилиш тадқиқоти”** деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объектлари, синтез қилинган бирикмаларнинг физик-кимёвий хоссаларни ўрганиш, ИҚ-спектроскопия усулларида фойдаланган ҳолда синтез қилинган бирикмаларнинг тузилишини аниқлашга ёндашуви тасвирланган. Коррозия ингибиторларининг ингибирлаш самарадорлиги ва механизмини аниқлашда электрокимёвий, гравиметрик, адсорбцион ҳамда термодинамик тадқиқот усуллари келтирилган.

*Salsola oppositifolia* ўсимлик экстрактини яшил коррозия ингибитори сифатида қўллаш. Майдаланган ҳолатдаги ўсимлик намунаси бир неча турдаги экстрагентлар (сув, бензол, метанол, пропанол-1) билан экстракция қилинганда булар ичидан энг самарадорлиги юқори бўлгани пропанол-1 ва метанол эканлиги аниқланди. Олинган намуна пропанол-1 да 3-5 соат давомида аралаштириб турилди, бунда ҳарорат 95 °С дан ошмаган ҳолатда олиб борилди. Метанол паст ҳароратда унуми юқори бўлишига қарамасдан, атроф муҳитга захарлилиги юқори ҳароратда экстракциялаш имконини бермаслиги каби камчилликлари туфайли ундан асосий экстрагент сифатида фойдаланилмади (1-расм).



**1-расм. Экстракциялаш даражасининг ҳарорат ва экстрагент турига боғлиқлиги.**

1-расмдан кўриниб турибдики, бир қанча экстрагентлар ичида энг яхши натижани пропанол-1 берди. Пропанол-1, метанолга нисбатан унуми бироз пастирок ва юқори ҳароратда экстракция олиб борилишига қарамасдан асосий экстрагент сифатида олинди, бунинг асосий сабабларидан бири бу захарсиз ва 82-83 °С ҳароратда олинган экстрактнинг ингибирлаш самарадорлиги метанолда олинган экстрактнинг ингибирлаш самарадорлигига қараганда юқорилигидир.

**1-жадвал**

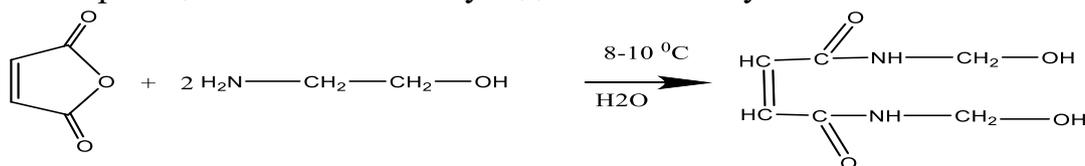
***Salsola oppositifolia* экстракт унумдорлиги ва ингибирлаш самарадорлигини мавсумга боғлиқлиги**

| Ой номи  | Ойнинг биринчи ярмидаги экстракт унуми % | Ингибирлаш самарадорлиги 1 г/л концентрацияда | Ойнинг иккинчи ярмидаги экстракт унуми % | Ингибирлаш самарадорлиги 1 г/л концентрацияда |
|----------|--|---|--|---|
| Апрель   | 2,5-3,1                                  | 65-67%  | 2,6-3,2                                  | 66-69%  |
| Май      | 2,9-3,3                                  | 67-69%  | 3,1-3,5                                  | 69-71%  |
| Июнь     | 3,7-3,8                                  | 71-73%  | 3,8-3,9                                  | 74-76%  |
| Июль     | 3,2-3,3                                  | 72-75%  | 3,7-3,9                                  | 76-78%  |
| Август   | 4,2-4,7                                  | 83-87%  | 4,8-5,1                                  | 93-94%  |
| Сентябрь | 5,3-5,6                                  | 94-96%  | 5,1-5,2                                  | 91-92%  |
| Октябрь  | 4,9-4,7                                  | 88-85%  | 4,1-3,                                   | 86-82%  |

*Salsola oppositifolia* ўсимлигидан экстрактни олиш унумдорлиги нафақат экстракциялашнинг шароитларига ва экстрагентнинг турига боғлиқ бўлибгина қолмай балки ўсимлик ўсадиган иқлим ва мавсумга ҳам боғлиқ бўлиб, бу боғлиқлик 1-жадвалда келтирилган. 1-жадвалдан маълумки, экстрактни олишнинг энг мақбул вақт бу августнинг иккинчи ярми ва сентябрнинг биринчи ярми бўлиб, айти шу вақтда олинган экстрактнинг унумдорлиги ва ингибирлаш самарадорлиги ҳам юқори бўлган.

*Salsola oppositifolia* ўсимлик экстракти таркибини ўрганилганда, унинг таркибида бир қатор флавоноидлар, изорамнетин-3-О-глюкозид ва изофлавоноидлардан изорамнетин-3-О-рутиноксид; органик кислоталардан метилпалмитин кислотаси, палмитин кислотаси, линолиен кислотанинг 2-гидрокси-1-гидроксиметил этил эфири ва тетрагидроизохинолин каби алкалоидлар топилган.

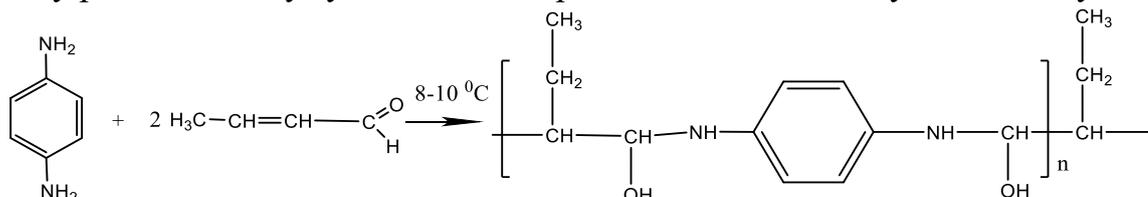
Моноетаноламин ва малеин ангидрид асосида ИКММ-1 маркали коррозия ингибиторини олиш. Моноетаноламин ва малеин ангидрид ўртасидаги реакциянинг маҳсулдорлиги ва тузилиши ҳам ҳароратга боғлиқ ва бу жараён экзотермик реакция бўлиб, реакция хона ҳароратидан пастроқ ҳароратда (8 ва 10 °С) амалга оширилди. Моноетаноламин ва малеин ангидриднинг ўзаро таъсирининг реакция механизмини қуйидагича ёзиш мумкин:



Реакция натижасида олинган маҳсулот қуйидаги физик-кимёвий хоссаларга эга: оч-қизғиш рангли, қуюқ-полимерсимон, сувда хона ҳароратида секинлик билан, қизидирлганда эса эрувчанлиги ва эриш тезлиги ортиб боради, шунингдек, ацетон, толуол, этанол ва метанолда яхши эрийди. Ҳосил бўлган маҳсулот масса жиҳатдан асосий таркибининг 92,35 % ини, қолган қўшимчалар(реакция натижасида ҳосил бўлган сув, реакция киришмай қолган бошланғич моддалар моноетаноламин ва малеин ангидрид) 5,65 % ни ташкил қилди.

П-фенилендиамин ва кротон альдегиди асосида ИКРК-1 маркали коррозия ингибиторини синтез қилиш. Ушбу реакциянинг энг муҳим параметрларидан бири бу ҳарорат бўлиб, бунда ҳарорат 5 ва 10 °С ҳарорат оралиғида олиб борилади. Дастлаб кротон альдегиди бир неча дақиқа совутилиб турилади сўнгра секин асталик билан п-фенилендиамин аралаштириб турган ҳолатда олиб борилади.

Бу реакциянинг умумий кимёвий реакция тенгламаси қуйидагича бўлади:



Олиб борган изланишларимиз шуни кўрсатдики, бу реакцияда энг муқобил моль нисбат 1:2 бўлиб унум бир мунча юқори ва ҳосил бўлган маҳсулот тозаллиги 92,45 % гача бўлади.

Жадвалдан кўришиб турибдики, ҳарорат 0-10 °С оралиғида ва дастлабки моддаларнинг моль нисбати 1:2 бўлганда энг юқори унумни ташкил этган ва бу боғлиқлар 2 жадвалда келтирилган.

2-жадвал

**ИКПК-1 коррозия ингибиторини синтез унумининг бошланғич моддаларнинг моль нисбати ва ҳароратга боғлиқлиги**

| Кротональдегид+<br>п-фенилендиамин<br>нисбати | Ҳарорат °С | Унум % | Ҳарорат °С | Унум % |
|---|------------|--------|------------|--------|
| 1:1   | 5÷10       | 65.67  | 15≤t       | 45.35  |
| 1:2   |            | 92.45  |            | 82.36  |
| 2:1   |            | 78.15  |            | 61.26  |
| 1:3   |            | 55.62  |            | 32.56  |
| 3:1   |            | 69.43  |            | 42.25  |

2 жадвалдан кўриш мумкинки ҳароратнинг ошиб бориши билан реакция унуми ҳам камайиб борган, Аммо, реакцияда экзотермик реакция кузатилганлиги сабабли, системадан иссиқликни совутувчи агентлар ёрдамида ажратиб олиб турилганда реакция мувозанати ўнг томонга силжиган.

Диссертациянинг “Коррозия ингибиторларининг пўлатни ингибирлашнинг асосий қонуниятларини ўрганиш тадқиқоти” деб номланган учунчи бобида синтез қилинган коррозия ингибиторларининг ингибирлаш самарадорлигини аниқлашда фойдаланилган электрохимий ва гравиметрик тадқиқот натижалари келтирилган.

Ишнинг асосий мақсади ўсимлик экстракти асосида олинган яшил ва ИКПК-1 ҳамда ИКММ-1 маркали коррозия ингибиторларининг турли кислотали муҳитда ва айланма сувли тизимларида Ст20 маркали пўлатни коррозиядан химоялашдир.

3-жадвал

**Турли ҳароратларда ва 360 соат давомида 1М НСl учун яшил, ИКПК-1 ва ИКММ-1 коррозия ингибирлаш коэффицентини ( $\gamma$ ), умумий сирт қоплами ( $\theta$ ), химоя даражаси ( $Z$ ) қийматлари**

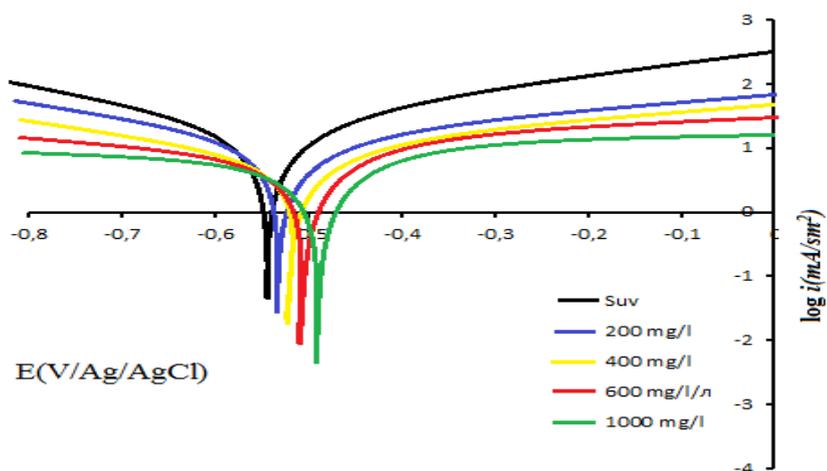
| Ингибитор номи | T, (K) | C, (мг /л) | $K_z/(cm^2 \cdot соат)$ | $\gamma$ | Z, (%) | ( $\theta$ ) |
|----------------|--------|------------|-------------------------|----------|--------|--------------|
| Яшил ингибитор | 333    | -          | <b>1,75</b>             | -        | -      | -            |
|                |        | 200        | 0,398                   | 6,07     | 73,56  | 0,7356       |
|                |        | 400        | 0,292                   | 7,16     | 80,92  | 0,8092       |
|                |        | 600        | 0,179                   | 11,78    | 91,15  | 0,9115       |
|                |        | 1000       | 0,124                   | 13,11    | 94,82  | 0,9482       |
| ИКПК-1         | 333    | -          | <b>1,75</b>             | -        | -      | -            |
|                |        | 100        | 0,5612                  | 7,25     | 79,24  | 0,7924       |
|                |        | 200        | 0,3562                  | 11,56    | 73,92  | 0,7392       |
|                |        | 300        | 0,2502                  | 14,81    | 94,15  | 0,9415       |
|                |        | 400        | 0,2234                  | 14,96    | 94,22  | 0,9422       |
| ИКММ-1         | 333    | -          | <b>1,75</b>             | -        | -      | -            |
|                |        | 100        | 0,5612                  | 7,25     | 81,12  | 0,8112       |
|                |        | 200        | 0,3562                  | 11,56    | 86,24  | 0,8624       |
|                |        | 300        | 0,2502                  | 14,81    | 91,01  | 0,9101       |
|                |        | 400        | 0,2234                  | 14,96    | 93,56  | 0,9356       |

Агрессив ва коррозия муҳит сифатида сув айланма тизимларида (ишчи сувнинг таркиби ва хоссалари қуйидагича: умумий қаттиқлиги 6,3 мг-экв/л, умумий ишқорийлиги 2,08 мг-экв/л, 6,3 мг-экв/л, умумий ишқорийлик 2,08 мг-экв/л,  $\text{Ca}^{2+}$ -4,2 мг-экв/л,  $\text{Mg}^{2+}$ - мг-экв/л,  $\text{HCO}_3^-$ -2,00 мг-экв/л,  $\text{CO}_3^{2-}$ -0,08 мг-экв/л,  $\text{pH}=8-9$  (бу таркиб “Шўртан” газ мажмуасининг совутиш тизимидаги сув таркибига яқин) ва 1 М  $\text{HCl}$  муҳит танлаб олинган.

Яшил, ИКПК-1 ва ИКММ-1 коррозия ингибиторларини сув билан совутиш тизимида пўлатни коррозиядан ҳимоя қилиш учун фойдаланилган ва натижалар қуйидаги 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвалда 60 °C ҳароратда 1 М  $\text{HCl}$  муҳитида уч турдаги коррозия ингибиторлари пўлатни ингибирлаш самарадорлигининг гравиметрик усули натижалари келтирилган. Бунда яшил коррозия ингибитори самарадорлиги 94,82 %, ИКПК-1 94,22 %, ИКММ-1 эса 93,56 % ни ташкил этди.

*Электрохимёвий тадқиқот натижалари.* Электрхимёвий дасталбки кириш диапазони 2,5 В, максимал потенциал рухсати эса 760 мВ ва потенциал аниқлиги 300  $\mu\text{V}$  бўлган шовкин модулини ўз ичига олган аппарат билан амалга оширилди. Барча олинган маълумотлар “ОРИГИН ЛАБ” дастури ёрдамида таҳрирланди ва умумлаштирилди.



**2-расм. Яшил коррозия ингибиторининг турли концентрацияларда 1 М  $\text{HCl}$  298±1 К да 2 соат давомида қайд этилган Ст20 маркали пўлат учун қутбланиш эгри чизиқлари.**

Электрохимёвий тадқиқот натижасида олинган натижалар 4-жадвалда келтирилган.

**4-жадвал**

**298±1 К ҳароратда 1 М  $\text{HCl}$  эритмасидаги қутбланиш эгри чизиқлари усулида олинган яшил коррозия ингибиторининг самарадорлиги**

| Ингибитор      | C, (мг/л) | $i_c$ (mA/cm <sup>2</sup> ) | $\gamma$ | $\theta$ | $\eta$ , (%) |
|----------------|-----------|-----------------------------|----------|----------|--------------|
| Сув            | -         | 0,98±0,11                   | -        | -        | -            |
| Яшил ингибитор | 200       | 0,21±0,08                   | 4,66     | 78,29    | 0,7829       |
|                | 400       | 0,15±0,05                   | 6,53     | 84,46    | 0,8446       |
|                | 600       | 0,11±0,03                   | 8,91     | 88,51    | 0,8851       |
|                | 1000      | 0,067±0,001                 | 14,63    | 92,47    | 0,9247       |

3-жадвалда яшил коррозия ингибитори мавжуд ва мавжуд бўлмаган эритманинг коррозия ток қиймати  $0,98 \pm 0,11$  и,  $(\text{мА}/\text{см}^2)$  дан  $0,067 \pm 0,001$   $i, (\text{мА}/\text{см}^2)$  гача камайган. Яшил коррозия ингибитори градерний сувдаги самарадорлигини электрокимёви усул ёрдамида олинган натижалар  $92,47\%$  самарадорликни намойён этди.

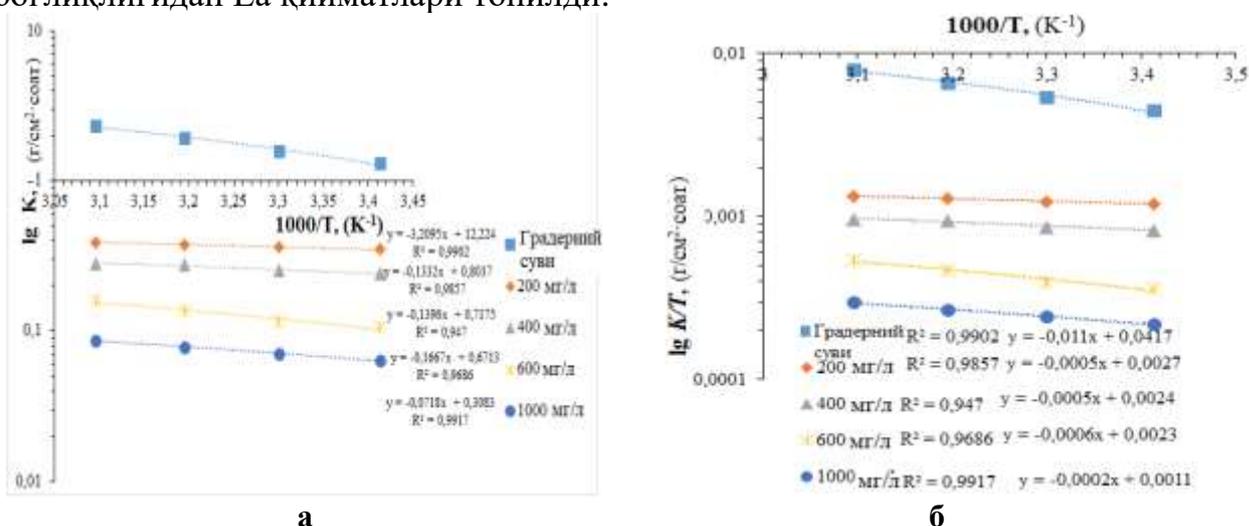
*Термодинамик ва кинетик тадқиқотлар.* *Salsola oppositifolia* ўсимлик экстракти асосида олинган экстрактнинг 200, 400, 600 ва 1000 мг/л, ҳамда ИКПК-1 ва ИКММ-1 маркали коррозия ингибиторларининг 100, 200, 300 ва 400 мг/л концентрациялардаги ингибиторлиш механизмини ингибиторли ва ингибиторсиз эритмалардаги активланиш энергияси ( $E_a$ ), энталпияси ( $\Delta H$ ) энтропияси ( $\Delta S$ ) каби турли параметрлар шунингдек, Аррениус графиги билан изоҳлашда кенг қўлланилади.

Активланиш энергияси ва энталпия қийматларини турли концентрацияли ингибиторли ва ингибиторсиз эритмаларда қийматларининг ўтиш ҳолатини ҳисоблаш орқали олинган. Бу чизмалар қияликларни ( $\text{қиялик} = \Delta H_a / 2,303R$ ) ва кесишмаларни ( $\text{кесишиш} = [\log Rn h + (\Delta S_a / 2,303R)]$ ) беради, бу эса  $\Delta H_a$  нинг қийматини ингибитор ва ингибиторсиз эритмаларда беради.

Активланиш энергиясининг юқори бўлиши физик адсорбцияни, агар ўзгармаса ёки камроқ бўладиган бўлса кимёвий адсорбция бўлади.

Аррениус тенгламаси ёрдамида коррозия ингибиторларининг градерний сувида ва 1 М НСl муҳитда пўлат сиртининг ингибиторсиз ва ингибиторли муҳитлардаги активланиш энергиялари, энталпия ва энтропия каби кинетик параметрлари ўрганилди.

Бунда ингибиторсиз ва ингибиторли муҳитлардаги  $\lg W$  ning  $1000/T$  га боғлиқлигидан  $E_a$  қийматлари топилди.



**3-расм. Яшил коррозия ингибитори киритилган системанинг (а) Аррениус ва (б) оралиқ ҳолат эгрлари.**

5-жадвалда келтирилган натижаларга кўра,  $E_a$  нинг қиймати ингибиторсиз эритмаларда  $41,96$  ( $\text{кЖ}/\text{моль}^{-1}$ ) ни ташкил этган, эритмага ингибитор киритилиши билан бу қиймат ошиб борган ва концентрация 1000 мг/л га етганда  $88,19$  ( $\text{кЖ}/\text{моль}^{-1}$ ) ни ташкил этган. Шунингдек,  $\Delta S_a$  қиймати ингибиторсиз эритмада мусбат қийматни  $101,25$   $\text{кЖ}/\text{моль}^{-1}$  қийматни қабул қилган аммо эритмага ингибитор қўшилиши билан бу қиймат манфий  $-75,21$  ( $\text{кЖ}/\text{моль}^{-1}$ ) гача тушган, бу қийматнинг қанчалик кичик бўлиши коррозия

ингибиторининг концентрациясига боғлиқ бўлиб, системада диссоцияланишдан кўра ассоцияланиш юқорилиги ва бу шундан далолат берадики, ингибитор билан металл ўртасида барқарор комплекс ҳосил бўлишини англатади. Олинган натижалар қуйидаги 5-жадвалда келтирилган.

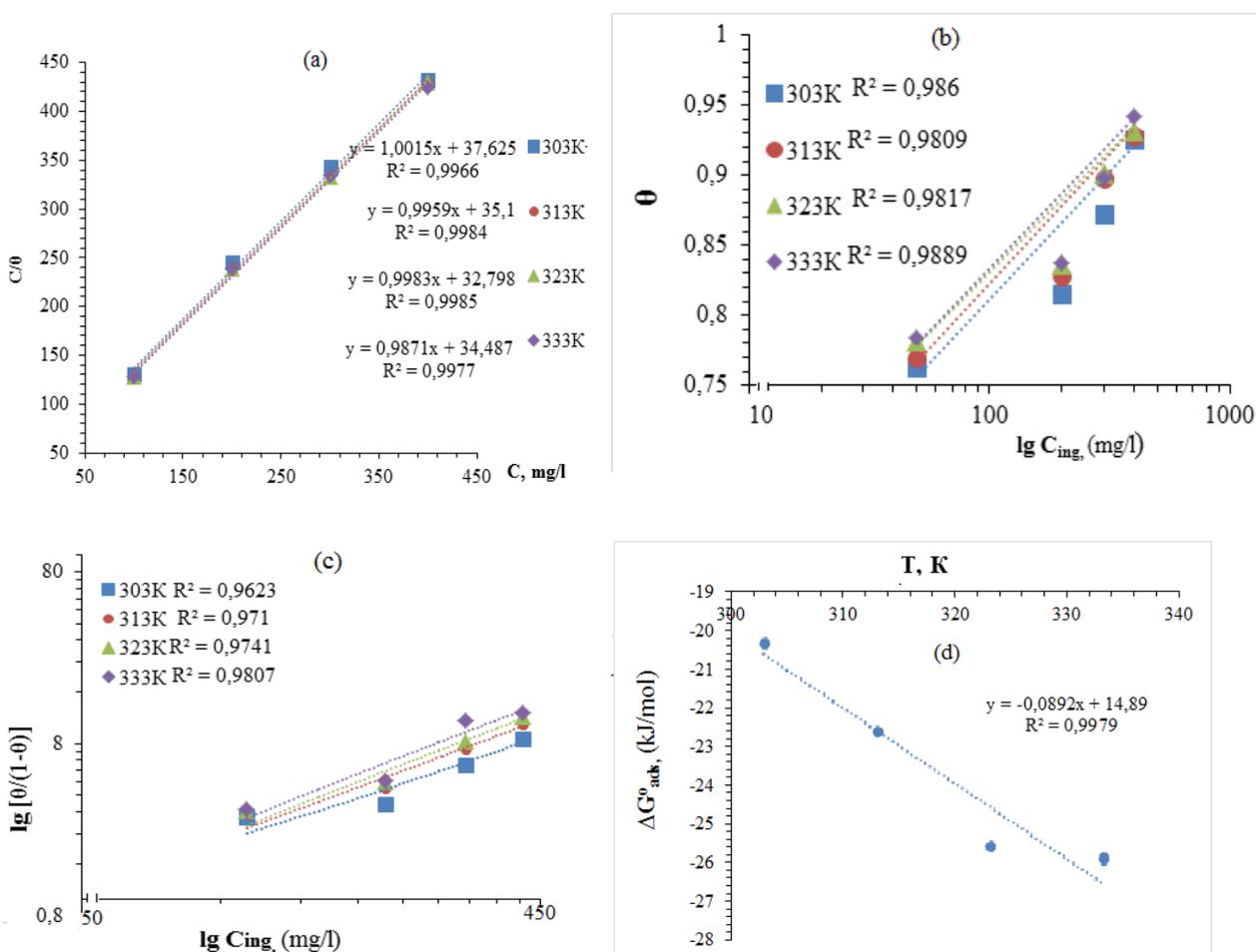
5-жадвал

**Ингибиторсиз ва яшил ингибитор иштирокида градерний сувдаги пўлат Ст20 учун активланиш параметрларининг қийматлари**

| Ингибитор концентрацияси | $E_a$ (кЖ/моль <sup>-1</sup> ) | $\Delta H_a$ (кЖ/моль <sup>-1</sup> ) | $\Delta S_a$ (кЖ/моль <sup>-1</sup> К <sup>-1</sup> ) | $E_a - \Delta H_a$ |
|--------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------|
| 0.0                      | 41,9,                          | 38,4                                  | 101,25  | 2,94               |
| 200                      | 54,24                          | 51,43                                 | -18,36  | 2,71               |
| 400                      | 63,42                          | 60,93                                 | -23,12  | 2,64               |
| 600                      | 75,21                          | 72,62                                 | -52,36  | 2,59               |
| 1000                     | 88,19                          | 85,72                                 | -75,21  | 2,47               |

Активланиш энергияси билан энталпия ўртасидаги ўртача энергия фарқи ингибиторсиз ва турли концентрациядаги ингибиторли намуналар учун тахминан ўртача қиймати 2,67 кЖ ни ташкил этди, бу Ст20 пўлатининг эриш вақтида ингибирланиши ва адсорбция жараёни боришини тасдиқлайди.

*Адсорбция изотермаси.* Яшил коррозия ингибиторининг Лангмуир (4а-расм), Темкин(4б-расм), ва Фрумкин (4с-расм) изотермалари ҳам чизилган.



4-расм. (а) Лангмуир, (б) Темкин ва (с) Фрумкин изотермаси ва (д)  $\Delta G_{ads}^0$  нинг ҳароратга боғлиқлиги

Олинган натижаларга кўра Фрумкин, Темкин ва Лангмуир изотермаларининг қийматлари солиштирилганда Лангмуир изотермасининг қиймати 0,99 дан юқори бўлган ва бу эса бизга термодинамик параметрларни ҳисоблаш учун экспериментал маълумотларга мос келишини кўрсатади.

Яшил коррозия ингибиторлари учун Ленгмюр, Фрумкин ва изотермалари ҳам ўрганилди. Турли ҳароратда кореляция коэффициентининг Темкин изотермаси қийматлари (0,986; 0,9809; 0,9817; 0,9889;) ва Фрумкин (0,9623; 0,971; 0,9741; 0,9807;)олинди. За ва Зб расмлардан кўришимиз мумкинки, Фрумкин ва Темкин адсорбция изотермаларининг кореляция коэффициентларининг қийматлари 1 га яқин эмаслигидан адсорбция жараёни ушбу изотермаларбўйича бормаслигини кўрсатди.

Ушбу изотермалар асосида олинган яшил коррозия ингибиторининг термодинамик параметрлари б жадвалда келтирилган

**б-жадвал**

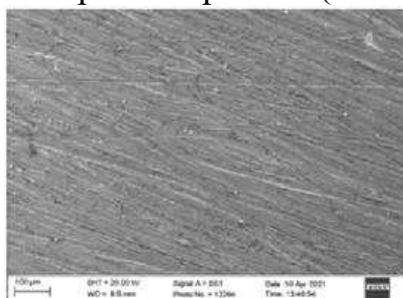
**Яшил коррозия ингибиторининг термодинамик параметрлари**

| Ҳарорат | $K_{адс}$ | $\Delta G_{адс}$ кЖ/моль | $\Delta H_{адс}$ (кЖ/моль) | $\Delta S_{адс}$ (кЖ/моль К) |
|---------|-----------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 303     | 357,2     | -23,11                   | -15,39                     | -127,4                       |
| 313     | 433,1     | -25,32                   |                            |                              |
| 323     | 490,7     | -26,41                   |                            |                              |
| 333     | 580,6     | -28,21                   |                            |                              |

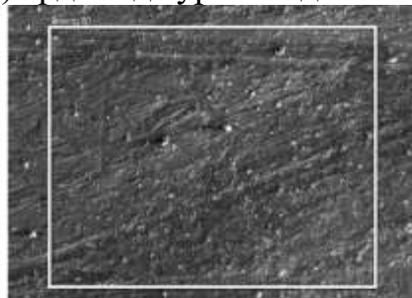
Шунда  $K_{адс}$  нинг қийматлари Лангмуир изотермаларидаги кесишуви асосида ҳисоблаб чиқилган.  $K_{адс}$  қийматларидан келиб чиқадики, яшил коррозия ингибиторининг металл юзасида адсорбцияси барча десорбциясидан устунрок эканлигини кўрсатади. б-жадвалдаги маълумотлардан хулоса қилиб айтадиган бўлсак,  $\Delta G^0_{адс}$  қийматлари 303–333 К оралиғида олинган бўлиб, натижалар манфий -23,11 кЖ/моль дан -28,21 кЖ/моль гача бўлган қийматларни берган, шундай қилиб яшил коррозия ингибитори металл юзасидаги адсорбцияси ўз-ўзидан содир бўлишини тасдиқлайди.

*Сканерловчи электрон микроскоп ва атом куч микроскопи ёрдамида пўлатнинг сирт юза морфологиясини тадқиқ қилиш,*

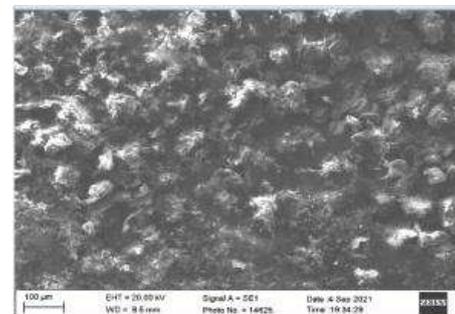
Ст20 маркали пўлат намунасининг сирт юза морфологиясини сканерлаш даражаси юқори аниқликдаги атом куч микроскоп(АКМ) ва сканерловчи электрон микроскоп (СЕМ) ёрдамида ўрганилди.



**5а-расм. Пўлат сиртининг дастлабки ҳолати.**



**5-расм. Ингибиторли эритмадаги пўлат сиртининг ҳолати.**

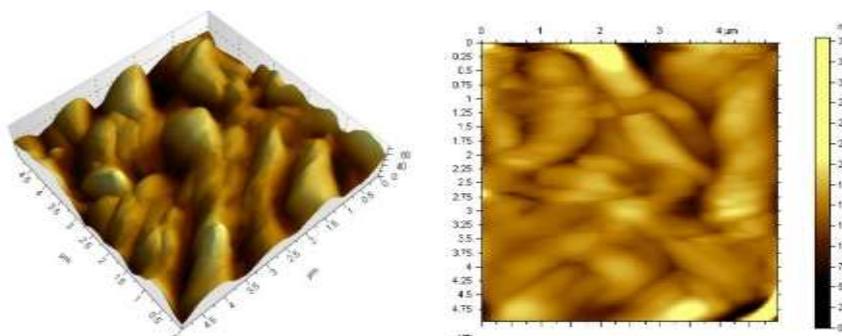


**5с-расм. инхибиторсиз эритмадаги пўлат сиртининг ҳолати.**

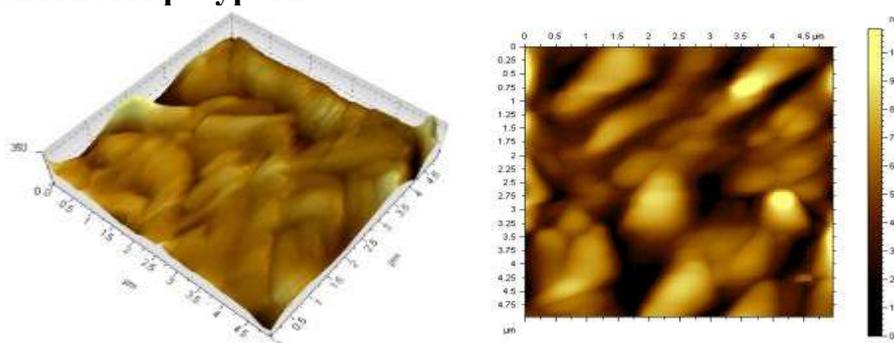
Ингибиторли ва инибиторсиз эритмалардаги пўлат намунасининг сирт юза морфологияси сканерловчи электрон микроскоп (СЕМ) орқали ўрганилганда

ингибиторли(5b-расм) муҳитда олинган пўлат сирт юзаси, дастлабки пўлат намунаси(5a-расм) каби эканлиги, ammo, ингибиторсиз эритмаларда(с-расм) эса коррозия жараён юқори даражада борганлигини кўришимиз мумкин

(АКМ)нинг сканерлаш даражаси нано-микро даражасида бўлиб, ингибиторларнинг таъсирини ва металл/эритма чегарасидаги коррозиянинг ҳосил бўлиши ва олдини олишга таъсирини ўрганиш учун юқори аниқликдаги замоавий қурилма ҳисобланади.



**6-расм. Ст20 маркли пўлат намунасининг ингибиторсиз 1 М хлорид кислота эритмасидаги сирт морфологиясининг атом куч микроскопи ёрдамида олинган микросурати.**



**7-расм. 1 М ли HCl эритмада яшил коррозия ингибитор билан ингибирланган пўлат сиртининг тузилиши атом куч микроскопида олинган 3Д микрографи.**

Ушбу 6 ва 7 расмларда Ст20 маркали пўлат юза  $4.5 \times 4.5 \mu\text{m}$  ўлчамда ўрганилиб таҳлил қилинган, олинган натижалардан кўришимиз мумкинки, ингибиторсиз эритмадаги каварик чўққиларининг ўлчами 350 нм бўлиб ингибирланган намунада эса 100 нм, ингибирланмаган намунадаги ботиқларнинг ўлчами эса 140 нм бўлиб, ингибирланган намунада 55 нм ташкил этганлигини кўришимиз мумкин. Бундан келиб чиқадики, ингибирланмаган намунада чўққиларнинг юқори бўлиши коррозия юқори даражада борганлигини, ингибирланган эритмаларда чўққиларининг ўлчамлари кичик бўлиши коррозия секинлашганини кўрсатади.

Диссертация ишининг “**Коррозия ингибиторлари синтезининг иқтисодий самарадорлиги ва технологик схемаси**” деб номланган тўртинчи бобида коррозия ингибиторларини ишлаб чиқариш технологиялари ёритилган.

Тадқиқотларимиз натижасида олинган коррозия ингибиторларинининг таннархи импорт қилинаётган биргина кўпгина саноат корхоналарида айни вақтда фойдаланилаётган хорижий Универсал маркали коррозия

ингибиторининг нархи билан солиштирилганда иқтисодий жиҳатдан самарали эканлигини қуйидаги 8 ва 9 жадвалларда келтирилган.

7-жадвал

**Коррозия ингибиторларини ишлаб чиқаришнинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари**

|                                   | <b>Яшил ингибитор</b> | <b>ИКММ-1, сўм</b> | <b>ИКРК-1, Сўм</b> |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Хомашёлар                         | 5 650 00              | 29 100 250         | 23 242 750         |
| Иш ҳақи                           | 900 000               | 300 000            | 300 000            |
| Ягона ижтимоий тўлов 15%          | 100 000               | 45 000             | 45000              |
| Қўшимча харажатлар                | 600 000               | 100 000            | 100 000            |
| Кўзда тутилмаган харажатлар       | 300 000               | 90 000             | 100 000            |
| Рентабеллик, 5%                   | 300 000               | 1 700 000          | 1 209 637          |
| ҚҚС, 15%                          | 1507 000              | 3 571 200          | 3553912,5          |
| <b>Жами</b>                       | <b>9 257 000</b>      | <b>33 331 450</b>  | <b>28 956299,5</b> |
| <b>1 кг маҳсулот таннари, сўм</b> | 9 257,000             | 33 331,450         | 28 956,99          |

Тадқиқотларимиз натижасида олинган коррозия ингибиторларининг таннари импорт қилинаётган биргина кўпгина саноат корхоналарида айни вақтда фойдаланилаётган хорижий Универсал маркали коррозия ингибиторининг нархи билан солиштирилганда иқтисодий жиҳатдан самарали эканлигини кўришимиз мумкин.

8-жадвал

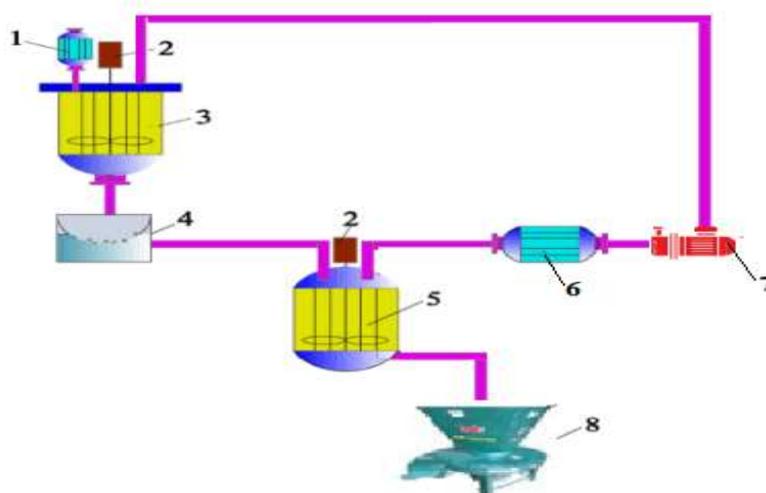
**Хорижий Универсал маркали коррозия ингибитори нархининг структураси**

| №           | Номланиши | Ўлчов бирлиги | Миқдори | Бир бирлигининг нархи, сўм | Умумий йиғинди, сўм |
|-------------|-----------|---------------|---------|----------------------------|---------------------|
| 1           | Универсал | кг            | 1000    | 38447                      | 38447000            |
| <b>Жами</b> |           |               |         |                            | <b>38447000</b>     |

Тавсия этилаётган коррозия ингибиторлари (яшил, ИКММ-1 ва ИКРК-1) импорт қилинаётган Универсал коррозия ингибитори билан алмаштирилиши натижасида ҳар бир тонна маҳсулот учун 29 190 000 (яшил), 5 115 550 (ИКММ-1) ва 9 490 100 (ИКРК-1) млн сўм фойда олиш мумкин.

Яшил коррозия ингибиторини олиш технологияси-бунда ҳеч қандай юқори ҳарорат ва босим талаб қилинмаслиги, қўлланиладиган экстрареагент(пропанол-1)ни жараён(бир марталик тозалашдан сўнг)га қайтариш мумкин. Шунини таъкидлаш жоизки, бунда ҳеч қандай атрофга зарарли бўлган чиқиндилар ҳосил бўлмаслиги энг аҳамиятли томонларидан биридир.

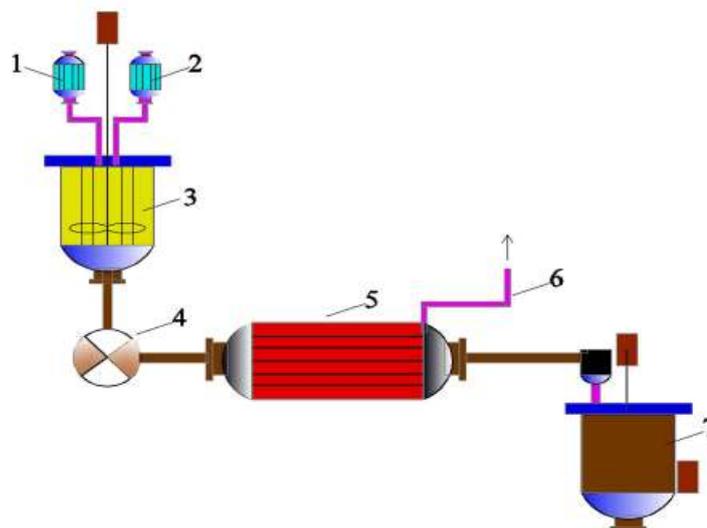
*Коррозия ингибиторларини синтез қилиш принципиал технологияси. Salsola oppositifolia ўсимлигидан яшил коррозия ингибиторини ишлаб чиқаришнинг принципал технологик схемаси 7-расмда келтирилган.*



1-дозатор (Пропанол-1 л); 2-электр двигател, 3,5-реактор; 4-фильтр; 6– конденсатланган иккиламчи пропанол-1 л; 7- насос; 8-тайёр маҳсулот;

### 8-расм. Яшил коррозия ингибиторини ишлаб чиқариш схемаси.

1-дозаторда маълум ҳажмда пропанол-1 бўлиб, жарёнга секин асталик билан киритилиб турилади. 3-реакторда ҳарорат  $80-85^{\circ}\text{C}$  гача бўлиб бу ерда экстракциялаш жараёни кетади. Жараёнинг давом этиш вақти 8-12 соатгача бўлиб, жараён доимий равишда 2-электр двигател ёрдамида аралштириб турилади. Жараён тугаллангандан кейин, реакторнинг ҳарорати  $25^{\circ}\text{C}$  ҳароратгача совутилади. Олинган бирламчи маҳсулот 4-филтиратда филтирланади ва 5-реакторга йўналтирилади. 5-реакторда ҳарорат 3-реакторга караганда бироз юқорироқ бўлиб,  $95-100^{\circ}\text{C}$  гача қиздирилади.



1,2-хомашё. 3-кимёвий реакция борадиган реактор. 4-компрессер, 5-барабанли печ типигади қуритгич. 6-ҳосил бўлган чиқариш найи. 7-маҳсулотни қадоққа тайёрлаш.

### 9-расм. ИКРК-1 ва ИКММ-1 маркали коррозия ингибиторларини ишлаб чиқариш.

Бунда пропанол-1 ( $91^{\circ}\text{C}$ ) ҳайдаб олиниб жараёнга қайта киритиш учун 6-иккиламчи пропанол-1, буғланиб қайта конденсатланиб суюқликка айланган пропанол-1, 7-насос конденсатланган пропанол-1 ни жараёнга қайтариш учун, 8-тайёр бўлган маҳсулот, қадоқлаш учун.

ИКРК-1 ва ИКММ-1 коррозия ингибиторларини ишлаб чиқариш технологик схемаси 10-расмда келтирилган бўлиб, технологик тизимнинг оддийлиги маҳсулот таннархининг пасайишига олиб келади.

1-дазаторда хомашё кротон альдегиди ёки моноетаноламин бўлиб, ундан 3-реакцияни олиб бориш учун реакторга қуйилади ва у ерда зарурий ҳароратгача соғутилади. Кейингиси 2-дазаторда п-фенилиндиамин ёки малеин ангидриди бўлиб кам миқдорда механик аралаштирилиб турган 3-реакторга киритилади. 4-компрессор бўлиб, унинг вазифаси 3-реакторда ҳосил бўлган қовушқоқлиги юқори бўлган куюқ моддани 5-барабанли печ типдаги курутгичга етказиб бериш вазифасини ўтайди. 5-печда ҳосил бўлган буғ ёки газларни 6-чиқариш найи орқали чиқариб юборилади. 7-ҳосил бўлган маҳсулотни қадоқлаш учун.

## Хулосалар

1. *Salsola oppositifolia* ўсимлиги экстракти асосида яшил коррозия ингибитори олинган ва малеин ангидриди, моноетаноламин, п-фенилендиамин ҳамда кротон альдегидлари асосида ИКРК-1 ва ИКММ-1 маркали коррозия ингибиторлари синтез қилишнинг оптимал шароитлари аниқланган.

2. Олинган яшил ва синтез қилинган коррозия ингибиторларининг тузилиши ИҚ-спектроскопия ҳамда физик-кимёвий усуллар ёрдамида тасдиқланган.

3. Коррозия ингибиторларининг ингибирлаш самарадорлигини электрокимёвий ва гравиметрик усуллар ёрдамида ҳамда ингибирлаш механизмини адсорбция жараёнини кинетик параметрлари ва термодинамик (фаолланиш энергияси, энталпияси ва энтропияси) параметрлар орқали изоҳланган.

4. Металл сиртининг тузилиши морфологияси сканерловчи электрон микроскоп ва атом кучи микроскоплари билан текширилди. Бунда, ингибиторсиз эритмадаги каварик чўққиларининг ўлчами 350 нм бўлиб ингибирланган намунада эса 100 нм, ингибирланмаган намунадаги ботикларнинг ўлчами эса 140 нм бўлиб, ингибирланган намунада 55 нм ташкил этганлигини аниқланди.

5. Коррозия ингибиторларини сувли айланма тизимларда ва турли кислотали агрессив муҳитларда гравиметрик ва электрокимёвий усули натижалари асосида яшил коррозия ингибитори учун 97,86%, ИКРК-1 учун 94,85 %, ИКММ-1 учун эса 93,86 % ни ташкил этиши кўрсатиб берилди.

6. Ўсимлик экстракти асосида яшил коррозия ингибитори ва ИКРК-1 ҳамда ИКММ-1 маркали коррозия ингибиторлари олиш технологияси ишлаб чиқилди. Олинган коррозия ингибиторлари “Муборак” МЧЖ ва “Навоий кон-металлургия комбинати” сувли айланма соғутиш тизимларида металл конструкцияларининг коррозияланишини олдини олишда фойдаланиш учун тавсия этилди.

**SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 AT TASHKENT SCIENTIFIC RESEARCH  
INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

---

**TASHKENT RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL  
TECHNOLOGY**

**NOMOZOV ABROR KARIM UGLI**

**TECHNOLOGY OF OBTAINING CORROSION INHIBITORS BASED  
ON PLANT EXTRACT AND SYNTHETIC COMPOUNDS**

02.00.14-Technology of organic substances and materials based on them

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

**Tashkent – 2023**

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2022.2.PhD/T2782

The dissertation has been prepared at the Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology.

The abstract of dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the scientific council ([www.iktiti.uz](http://www.iktiti.uz)) and on the website of «ZiyoNet» Information and Educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Research supervisor:** Beknazarov Khasan Soyibnazarovich  
Doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** Nurkulov Fayzulla Nurmuminovich  
Doctor of technical sciences, professor

Rajabov Yusufboy Nuraddin ugli  
doctor of chemical philosophy, (PhD)

**Leading organization:** Navoi State Mining and Technologies University

The dissertation will be defended on « 16 » May 2023 at 11<sup>00</sup> hours at a meeting of the Scientific Council DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 at the Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology at 111116, Tashkent region, p. Tashkent, st. Shurabazar, Phone: (+99895) 144-67-83, e-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz).

The dissertation has been registered at the Informational Resource Center of the Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology at: under № 2023/11 (Address: 111116, Tashkent region, p. Tashkent, st. Shurabazar. Phone: (+99895) 144-67-83, e-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)).

The abstract of the dissertation has been distributed on « 01 » May 2023 year.

Protocol at the register № 2023/11 dated « 01 » May 2023 year.



**A.T. Dzhaliyov**  
Chairman of the Scientific Council for Awarding of the scientific degrees, Doctor of Chemical Sciences, Akademik

**Sh.D. Shirinov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council for Awarding the scientific degrees, PhD tech. Senior Scientific Scientist

**F.N. Nurkulov**  
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific Council for awarding the scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The relevance and necessity of the dissertation topic.** Today, metal structures are the main devices of production enterprises in the world, the damage caused by the corrosion of these metal structures amounts to several hundred billion dollars. Today, various corrosion inhibitors are used to protect industrial metal structures from corrosion. In particular, the creation and development of green inhibitors based on natural compounds, new types of nitrogen-containing corrosion inhibitors are of great importance.

In the world, scientific and research activities aimed at obtaining environmentally safe, green inhibitors for preventing metal corrosion in various environments, which are recognized as "future corrosion inhibitors", are being conducted. In order to prevent the corrosion of metals, special attention is paid to the development of alternative technologies for obtaining effective corrosion inhibitors, to the study of their chemical composition and properties, taking into account the inhibition process, and to the development of obtaining technologies, are gaining urgent importance.

In our republic, scientific and practical results are being achieved in preventing the corrosion of metals in various aggressive and water cooling or heating systems from corrosion inhibitors obtained on the basis of local raw materials and secondary compounds. In the action strategy of the development of the Republic of Uzbekistan, «further modernization and diversification of the industry by moving high-tech processing industries, first of all, to a qualitatively new stage aimed at the rapid development of the production of finished products with high added value based on deep processing of local raw materials» and «the country's food Important tasks aimed at further strengthening food safety, expanding the production» of ecologically clean products have been defined. In this regard, the production of economically effective and ecologically safe corrosion inhibitors and the continuous improvement of existing technologies are of great importance in the prevention of corrosion of metal structures.

Decree of the President of the Republic of Uzbekistan dated January 28, 2022 No. PF-60 «On the Development Strategy of New Uzbekistan for 2022-2026», No. PQ-4805 dated August 12, 2020 «Chemistry and Biology» On measures to improve the quality of continuing education and the effectiveness of science" and PQ-3264 of August 29, 2017 On measures «to improve the export-import activities of chemical industry organizations» The results of this dissertation research serve to a certain extent in the implementation of the tasks defined in the decisions and other regulatory legal documents related to this activity.

**Relevant research priority areas of science and technology of the Republic of Uzbekistan.** This research was carried out in accordance with the priority directions of development of science and technology of the Republic: VII: "Chemical technology and nanotechnology".

**The degree of studying of the problem.** The following reputable researchers mainly worked in this direction: Singh P, Ebenso EE, Olasunkanmi LO, Obot IB,

Paul S, Koley I, Muraveva SA, Mel'nikov VG, Egorov VV, Kuznetsov YI, Kazanskaya GY, Tsirulnikova NV, Annand RR, Hurd RM, Hackerman N, Chernov V.Y., Rosenfeld I.L., Borisov D.N., Agafonkin A.V., Danilova G.N., Farkhutdinova A.R., Chepkasova O.A., Kuznetsov Yu.I., Vigdorovich V.I., Fedotova A.I., Levashova V.I., Tadzikhodjaev Z.A. from Uzbekistan, and Djalilov A.T., Beknazarov from Uzbekistan. H.S., Tillaev R.S., Siganov T.D., Kurbanov F.K., Akbarov X.I., Kholikov A.J., Ikramov A., Yusupov D., Kadirov X.I., Nurilloev Z.I., Narzullaev A.Kh., Eshmamatova N.B., Yodgorov N. and other scientists were conducted scientific research.

Scientific research conducted by these scientists aims to create a new generation of corrosion inhibitors based on natural resources, local raw materials, and industrial products, develop the theoretical and practical basis for their use in various aggressive environments, and as well as improve the production technologies of corrosion inhibitors.

At the current time, extensive scientific research is being conducted to study the corrosion mechanisms of inorganic salts, composites, composite compounds, polyelectrolytes, plant extracts, some organic hetero-compounds, and ionic liquids for steel materials in acidic and aqueous circulating systems in corrosion protection of metal structures in various aggressive environments is being research conducted.

**Relevance of the dissertation research with the plans of the scientific research works of the higher educational or scientific research institutions where the dissertation has been conducted.** Dissertation study of Tashkent Institute of Chemical Technology Scientific Research Plan of Research and Development Plan X/SH No. 12-06 "Development and use of new effective oligomer corrosion inhibitors based on local raw materials" (2007) and A12-005 has been carried out within the framework of the practical project entitled (2015-2017)"Obtaining and using new effective corrosion inhibitors based on local raw materials".

**The aim of this research** is to develop a technology for obtaining effective, environmentally safe corrosion inhibitors based on plant extracts and monoethanolamine, maleic anhydride, p-phenylenediamine, and croton aldehyde.

**The tasks of the research work are:**

study application of *Salsola oppositifolia* plant extract as a green corrosion inhibitor and determination of optimal conditions for the synthesis of corrosion inhibitors based on monoethanolamine, maleic anhydride, p-phenylenediamine, and croton aldehydes;

determination of the structure and properties of synthesized corrosion inhibitors using modern physicochemical methods;

research of inhibition effectiveness of corrosion inhibitors using electrochemical and gravimetric methods and research of adsorption isotherms and thermodynamic processes of corrosion inhibitors on the steel surface;

studying of steel surface in inhibited and uninhibited solutions by scanning electron microscope and atomic force microscope;

to determine the mechanism of inhibition by studying the effect of temperature and concentration on corrosion rate and degree of protection;

development of technology for obtaining corrosion inhibitors with high inhibition efficiency and justification of economic efficiency.

**The objects of the research work** as corrosion inhibitors based on *Salsola oppositifolia* plant extract, monoethanolamine, maleic anhydride, p-phenylenediamine, and croton aldehyde, steel materials in acidic and aqueous circulating systems.

**The subject of the study** is consists of determining the inhibition mechanism of corrosion inhibitors, researching the inhibition efficiency and protection levels at different concentrations and temperatures, as well as developing the technology for obtaining corrosion inhibitors.

**Methods of the research** are as follows: In the dissertation, In the thesis work, IR-spectroscopy was used to determine corrosion inhibitors' structure and physicochemical properties. The electrochemical, gravimetric, scanning electron microscope and atomic force microscope were used to study the surface morphology.

**The scientific novelty of the research work follows:**

The optimum conditions for the use of *Salsola oppositifolia* plant extract as a "green corrosion inhibitor" to protect metals from corrosion have been determined;

the mechanisms of action of highly effective corrosion inhibitors IKPK-1 and IKMM-1 based on monoethanolamine, maleic anhydride, p-phenylenediamine and croton aldehyde have been determined;

the degree of corrosion protection of metals in the water cooling system and in various acidic environments of the obtained corrosion inhibitors was determined;

the inhibition mechanism and inhibition efficiency of corrosion inhibitors were determined using kinetic, thermodynamic, gravimetric, and electrochemical methods;

morphological changes of the inhibited steel surface were determined based on microphotographs obtained by scanning electron microscope and atomic force microscope methods;

an environmentally friendly technology for obtaining "green corrosion inhibitor" and IKPK-1 and also IKMM-1 brand corrosion inhibitors from the *Salsola oppositifolia* plant has been developed.

**Practical results of the research work** include the following:

technologies for obtaining green corrosion inhibitors based on plant extracts and corrosion inhibitors based on maleic anhydride, monoethanolamine, p-phenylenediamine and croton aldehydes were developed;

when the surface morphology of the steel sample in annealed solutions was analyzed using a scanning electron microscope and an atomic force microscope, it was found that the size of the peaks was smaller than the convex and concave steel samples in the non-annealed solution;

green corrosion inhibitors based on plant extract and corrosion inhibitors synthesized based on monoethanolamine, maleic anhydride, p-phenylenediamine, and croton aldehyde have been found to have high inhibition efficiency in water circulation cooling or heating systems, as well as in acidic environments.

**The authenticity of the research results.** The structure and inhibition efficiency of corrosion inhibitors and the mechanism of inhibition were determined based on IR-spectroscopy, scanning electron microscope, atomic force microscope, gravimetric, electrochemical, thermodynamic, and kinetic theories, as well as the correlation of the test results conducted in the experimental and production areas and the introduction to production is explained by the fact that.

**The scientific and practical value of the research results.** The scientific significance of the research results is explained by the fact that the green corrosion inhibitor obtained on the basis of plant extract and corrosion inhibitors based on monoethanolamine, maleic anhydride, p-phenylenediamine and croton aldehyde, their structure, physical-chemical properties are interrelated, as well as the inhibition mechanism is determined.

The practical significance of the research results is that green and synthesized corrosion inhibitors provide high protection of steel against corrosion in various environments with high aggressiveness and circulating water systems, and serve for long-term effective operation of metal structures.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific and practical results obtained on the technology of obtaining corrosion inhibitors based on plant extracts and synthetic compounds:

Corrosion inhibitors are included in the "List of Prospective Developments for Implementation in 2022-2025" of «Mubarak Gas Refining Plant» LLC "Uzbekneftgaz" JSC (Reference No. 107/GK-04 dated April 8, 2022 of «Mubarak Gas Refining Plant» LLC). As a result, it made it possible to protect steel materials from corrosion in internal water circulation and cooling systems;

Corrosion inhibitors are included in the "List of Prospective Developments for Implementation in 2022-2025" JSC «Navoi Mining and Metallurgical Combine» to stop the corrosion process in aggressive environments resulting from acid processing. (Reference No. 23.01.01-07/343 dated May 11, 2022 of JSC «Navoi Mining and Metallurgical Combine»). As a result, it was possible to protect the steel structures from corrosion, which transmit and store the aggressive acidic-saline waste water produced by acid washing.

**Approbation of the research results.** The main results of the dissertation were presented and discussed at 9 scientific-practical conferences, including 3 international and 6 national conferences. These studies have been presented at 3 international and 6 Republic of conferences.

**Publication of the research results.** In total 17 scientific works have been published on the findings covered in this dissertation. A total of 17 scientific works were published on the subject of the dissertation, which of them 8 articles were published in scientific publications, including 4 national and 4 international

scientific journal recommended by the Supreme Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The length of the dissertation is 108 pages.

## MAIN CONTENT OF DISSERTATION

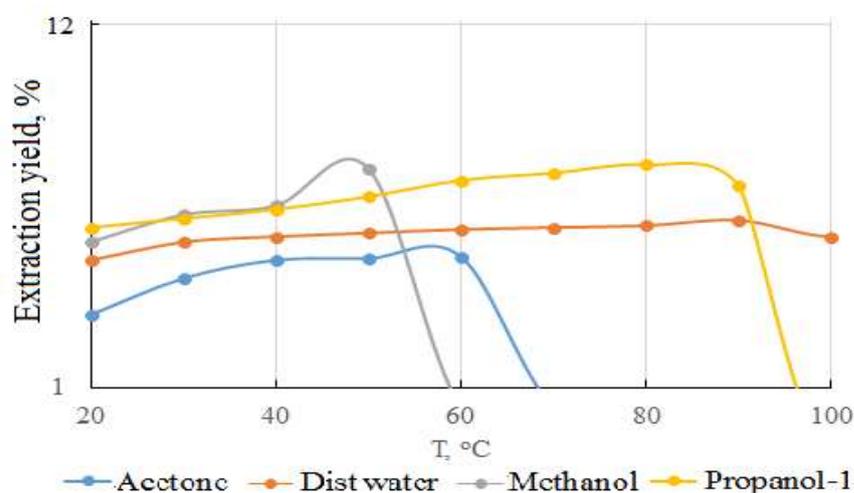
**In the introduction**, the relevance and necessity of the conducted research is based, the purpose and tasks, object and subject of the research are described, the compatibility with the priority directions of the development of science and technology of the republic is shown, the scientific novelty and practical results of the research are described, the reliability of the obtained results, scientific and the practical importance is revealed, information on the implementation of research results, published works and the structure of the dissertation is given.

The **first chapter** of the dissertation, which entitled "**Prospects of the development of research in the field of corrosion inhibitors in various aggressive environments**" details the results of the research conducted on the subject, the analysis of foreign and domestic literature. The data were summarized and scientific-analytical conclusions were drawn, and based on the information in the scientific literature, the purpose, tasks, relevance and importance of the dissertation work were determined.

The **second chapter** of the dissertation, which entitled "**Research on the synthesis of green and synthetic corrosion inhibitors**" describes the research objects, the study of the physico-chemical properties of the synthesized compounds, and the approach to determining the structure of the synthesized compounds using IR-spectroscopy methods. Electrochemical, gravimetric, adsorption, and thermodynamic research methods are presented to determine the mechanism of inhibition efficiency of corrosion inhibitors.

*Salsola oppositifolia* plant extract and use as a green corrosion inhibitor. When extracting a crushed plant sample with several types of extrareagents (water, benzene, methanol, propanol-1), it was found that propanol-1 and methanol turned out to be the most effective. The resulting sample was stirred in propanol-1 for 3-5 hours, while the temperature did not exceed 95 °C. Although methanol has a high yield at low temperature, it has not been used as the main extra reagent due to its environmental toxicity, which prevents extraction at high temperature (Fig. 1). Propanol-1 was obtained as the main extrareagent, although its yield was somewhat lower than that of methanol, and despite the fact that the extraction was carried out at a higher temperature, one of the main reasons for this is that the inhibitory efficiency of the extract obtained at a temperature of 82 -83 °C, higher than the inhibition efficiency of the extract obtained in methanol.

As can be seen from Pic. 1, propanol-1 gave the best result among several extra reagents.



**Pic. 1. Dependence of the degree of extraction on temperature and extrareagent**

The productivity of *Salsola oppositifolia* extract depends not only on the optimal conditions of extraction and the type of extrareagent, but also on the climate and season in which the plant grows, and this relationship is presented in Table 1.

**Table-1.**

**Seasonal dependence of *Salsola oppositifolia* extract yield and germination efficiency**

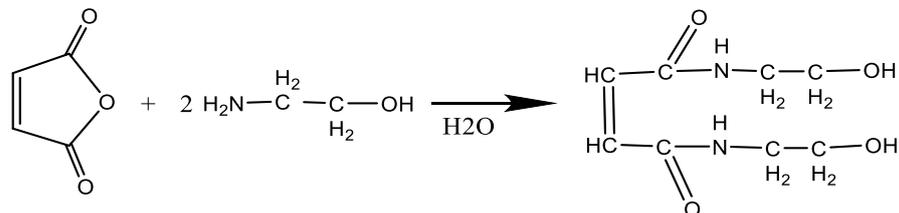
| Name of the month | In the first half of the month extract yield % | Inhibition efficiency at 1 g/l concentration | In the second half of the month extract yield % | Inhibition efficiency at 1 g/l concentration |
|-------------------|--|--|---|--|
| April             | 2,5-3,1  | 65-67%                                       | 2,6-3,2   | 66-69%                                       |
| May               | 2,9-3,3  | 67-69%                                       | 3,1-3,5   | 69-71%                                       |
| June              | 3,7-3,8  | 71-73%                                       | 3,8-3,9   | 74-76%                                       |
| July              | 3,2-3,3  | 72-75%                                       | 3,7-3,9   | 76-78%                                       |
| August            | 4,2-4,7  | 83-87%                                       | 4,8-5,1   | 93-94%                                       |
| September         | 5,3-5,6  | 94-96%                                       | 5,1-5,2   | 91-92%                                       |
| October           | 4,9-4,7  | 88-85%                                       | 4,1-3,  | 86-82%                                       |

It is known from Table 1 that the most optimal time for obtaining the extract is the second half of August and the first half of September, and the productivity of the extract obtained at this time and the effectiveness of the germination were also high.

When analyzing the composition of *Salsola oppositifolia* plant extract, it contains a number of flavonoids, isorhamnetin-3-O-glucoside and isorhamnetin-3-O-rutinoxide from isoflavonoids; from organic acids, alkaloids such as methylpalmitic acid, palmitic acid, 2-hydroxy-1-hydroxymethyl ethyl ether of linoleic acid and tetrahydroisoquinoline were found.

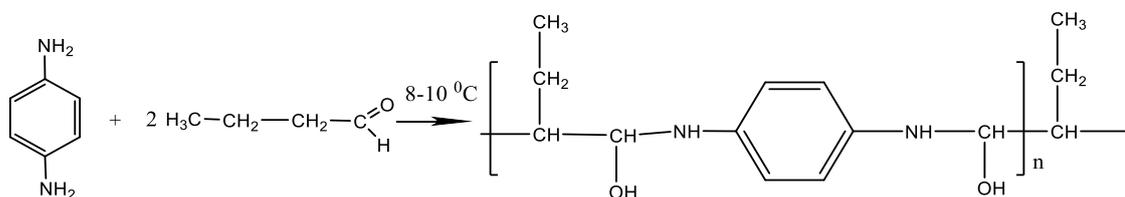
*Synthesis of IKMM-1 corrosion inhibitor based on monoethanolamine and maleic anhydride.* The productivity and structure of the reaction between

monoethanolamine and maleic anhydride also depends on temperature, and this process is an exothermic reaction, and the reaction was carried out at a temperature lower than room temperature (8 and 10 °C). The reaction mechanism of the interaction of monoethanolamine and maleic anhydride can be written as follows:



The product obtained as a result of the reaction has the following physicochemical properties: it is light-red, dark-polymeric, slowly soluble in water at room temperature, and when heated, its solubility and dissolution rate increase and it also dissolves well in acetone, toluene, ethanol, and methanol. The mass of the resulting product was 92.35% of the main composition, and the rest of the additives (water formed as a result of the reaction, unreacted initial substances monoethanolamine and maleic anhydride) made up 5.65%.

*Synthesis of IKPK-1 brand corrosion inhibitor based on p-phenylenediamine and croton aldehyde.* One of the most important parameters of this reaction is the temperature, in which the temperature is kept between 5 and 10 °C. First, croton aldehyde is allowed to cool for a few minutes, and then p-phenylenediamine is slowly added while stirring. The general chemical reaction equation for this reaction is as follows:



Our research has shown that the most suitable ratio in this reaction is 1:2 моль ratio, which is slightly higher and the purity of the product is up to 92.45%.

As can be seen from the table, the highest productivity was achieved when the temperature was in the range of 0-10 °C and the mole ratio of the starting materials was 1:2, and these relationships are presented in Table 2.

**Table 2**

**The yield of IKPK-1 inhibitor depends on the temperature and the mol ratio of the starting materials**

| Crotonaldehyde+<br>ratio of p-<br>phenylenediamine | Temperature<br>°C | Yield % | Temperature °C | Yield % |
|--|-------------------|---------|----------------|---------|
| 1:1  | 5÷10              | 65.67   | 15≤t           | 45.35   |
| 1:2  |                   | 92.45   |                | 82.36   |
| 2:1  |                   | 78.15   |                | 61.26   |
| 1:3  |                   | 55.62   |                | 32.56   |
| 3:1  |                   | 69.43   |                | 42.25   |

Table 2 shows that with increasing temperature, the yield of the reaction also decreased, however, due to the fact that the reaction was exothermic, the reaction equilibrium shifted to the right when heat was removed from the system using refrigerants.

The **third chapter** of the dissertation, entitled «**Investigation of the main regularities of corrosion inhibition of steel by crude corrosion inhibitor and synthetically synthesized corrosion inhibitors**» presents the results of electrochemical and gravimetric research used to determine the inhibition efficiency of synthesized corrosion inhibitors.

The main purpose of the work is to protect St20 steel from corrosion in various acidic environments and circulating water systems of green corrosion inhibitors obtained on the basis of plant extracts and corrosion inhibitors of IKPK-1 and IKMM-1 brands.

As a working solution, solutions with the following composition were obtained in the cooling system with 1 M HCl and water (the composition and properties of the working water are as follows: total hardness 6.3 mg-eq/l, total alkalinity 2.08 mg-eq/l,  $\text{Ca}^{2+}$ -4.2 mg-eq/l,  $\text{Mg}^{2+}$ -2.1 mg-eq/l,  $\text{HCO}_3^-$ -2.00 mg-eq/l,  $\text{CO}_3^{2-}$ -0.08 mg-eq/l, pH=8-9. This composition is close to the composition of the water in the cooling system of the "Shortan" gas complex) and the medium chosen was 1 M HCl.

Green, IKPK-1 and IKMM-1 Corrosion Inhibitor was used to protect steel from corrosion in a water cooling system and the results are shown in Table 3 below.

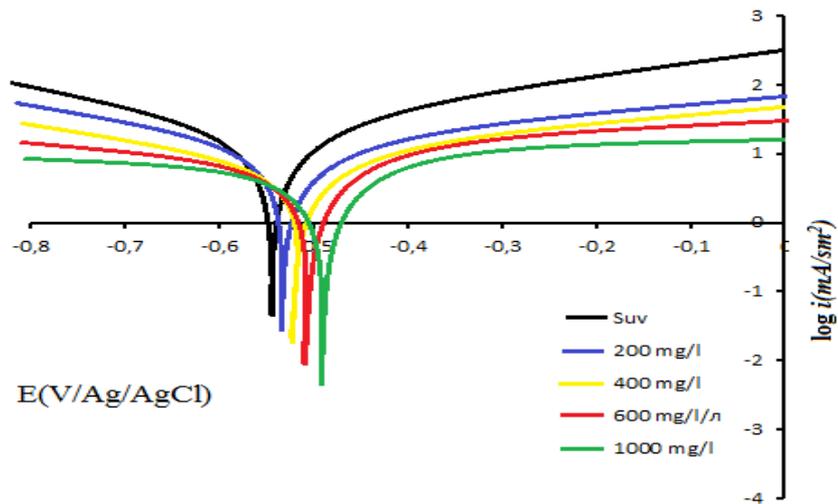
**Table 3**

**Corrosion inhibition coefficient ( $\gamma$ ), total surface coverage ( $\theta$ ), protection level (Z) values of green, IKPK-1 and IKMM-1 for 1M HCl at different temperatures and for 360 hours**

| Inhibitor       | T, (K) | C, (mg/l) | $K, \text{gr}/(\text{sm}^2 \cdot \text{hour})$ | $\gamma$ | Z, (%) | $\theta$ |
|-----------------|--------|-----------|--|----------|--------|----------|
| Green inhibitor | 333    | -         | 1,75   | -        | -      | -        |
|                 |        | 200       | 0,398  | 6,07     | 73,56  | 0,7356   |
|                 |        | 400       | 0,292  | 7,16     | 80,92  | 0,8092   |
|                 |        | 600       | 0,179  | 11,78    | 91,15  | 0,9115   |
|                 |        | 1000      | 0,124  | 13,11    | 94,82  | 0,9482   |
| IKPK-1          | 333    | -         | 1,75   | -        | -      | -        |
|                 |        | 100       | 0,5612   | 7,25     | 79,24  | 0,7924   |
|                 |        | 200       | 0,3562   | 11,56    | 73,92  | 0,7392   |
|                 |        | 300       | 0,2502   | 14,81    | 94,15  | 0,9415   |
|                 |        | 400       | 0,2234   | 14,96    | 94,22  | 0,9422   |
| IKMM-1          | 333    | -         | 1,75   | -        | -      | -        |
|                 |        | 100       | 0,5612   | 7,25     | 81,12  | 0,8112   |
|                 |        | 200       | 0,3562   | 11,56    | 86,24  | 0,8624   |
|                 |        | 300       | 0,2502   | 14,81    | 91,01  | 0,9101   |
|                 |        | 400       | 0,2234   | 14,96    | 93,56  | 0,9356   |

Table 3 presents the results of the gravimetric method of the effectiveness of three types of corrosion inhibitors on steel inhibition in 1M HCl at a temperature of 60 0C. The efficiency of green corrosion inhibitor was 94,82%, IKPK-1 was 94,22%, and IKMM-1 was 93,56%.

*Results of electrochemical studies.* Electrochemical initialization was performed with an apparatus containing a noise module with an input range of 2.5 V, a maximum potential resolution of 760 mV, and a potential accuracy of 300  $\mu$ B. All obtained data were edited and summarized using the ORIGIN LAB software.



**Pic. 2. Polarization curves for steel grade St20 recorded for 2 h at 298±1 K in 1 M HCl with different concentrations of green corrosion inhibitor.**

The results of the electrochemical study are presented in the table. 4.

**Table-4.**

**Efficiency of Green Corrosion Inhibitor Obtained by Polarization Curve Method in 1 M HCl solution at 298±1**

| Inhibitor              | C, (mg/l) | $i_c$ (mA/sm <sup>2</sup> ) | $\Gamma$ | $\theta$ | $\eta$ , (%) |
|------------------------|-----------|-----------------------------|----------|----------|--------------|
| Water                  | -         | 0,98±0,11                   | —        | —        | —            |
| <b>Green inhibitor</b> | 200       | 0,21±0,08                   | 4,66     | 78,29    | 0,7829       |
|                        | 400       | 0,15±0,05                   | 6,53     | 84,46    | 0,8446       |
|                        | 600       | 0,11±0,03                   | 8,91     | 88,51    | 0,8851       |
|                        | 1000      | 0,067±0.001                 | 14,63    | 92,47    | 0,94,47      |

In Table 4, the corrosion current value of the solution with and without green corrosion inhibitor decreased from 0.98±0.11  $i_c$ (mA/cm<sup>2</sup>) to 0,067±0.001  $i_c$ (mA/cm<sup>2</sup>). According to the results obtained by the electrochemical method, the effectiveness of the green corrosion inhibitor in graded water was 92.47%.

*Adsorption isotherms and thermodynamics.* 200, 400, 600 and 1000 mg/l of Salsola oppositifolia plant extract, and IKPK-1 and IKMM-1 brand corrosion inhibitors at concentrations of 100, 200, 300 and 400 mg/l are inhibitory and Various parameters such as activation energy (Ea), enthalpy ( $\Delta$ H) and entropy ( $\Delta$ S)

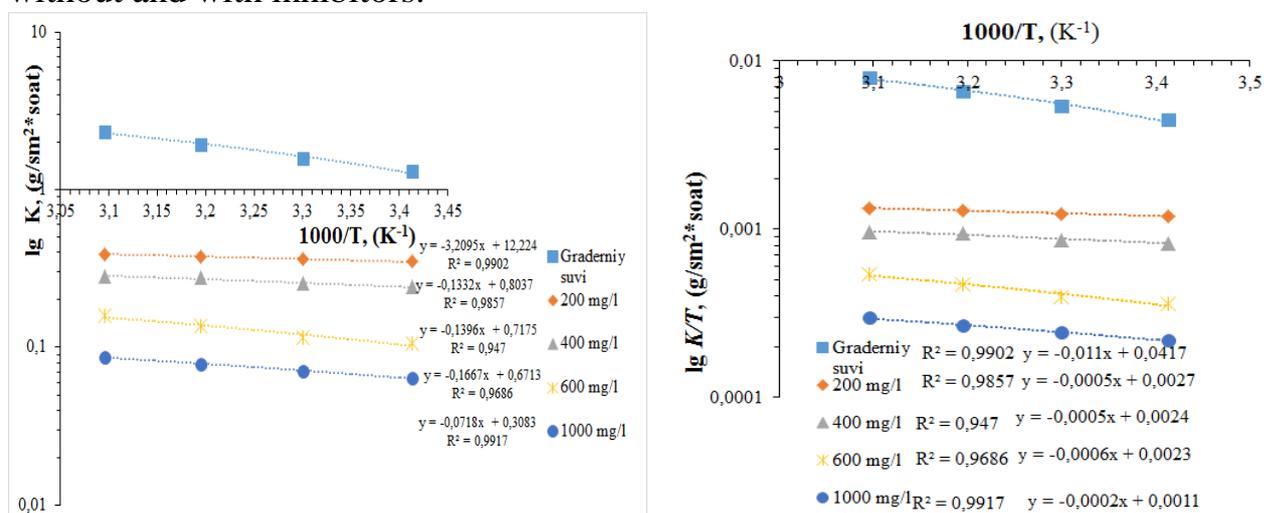
in solutions without inhibitors are also widely used in interpretation with Arrhenius graph.

The activation energy and enthalpy values were obtained by calculating the transition state values in solutions with and without inhibitors of different concentrations. These plots give the slopes (slope =  $\Delta H_a/2.303R$ ) and intercepts (intercept =  $[\log RNh + (\Delta S_a/2.303R)]$ ), which gives the value of  $\Delta H_a$  in inhibitor and non-inhibitor solutions.

A higher activation energy indicates physical adsorption, and if it does not change or decreases, it indicates chemical adsorption.

Kinetic parameters such as activation energies, enthalpy and entropy of the steel surface in environments without and with inhibitors were studied using the Arrhenius equation in graded water and 1M HCl medium of corrosion inhibitors.

In this case,  $E_a$  values were found as a function of  $1000/T$  of  $\lg W$  in mediums without and with inhibitors.



**Pic. 3. (a) Arrhenius and (b) intermediate state curves of the system with green inhibitor incorporated**

According to the results presented in Table 5, the value of  $E_a$  was  $41.96 \text{ (kJ/mol}^{-1}\text{)}$  in solutions without inhibitor, this value increased when the inhibitor was added to the solution, and  $88.19 \text{ (kJ/mol}^{-1}\text{)}$  when the concentration reached  $1000 \text{ mg/l}$  formed. Also, the value of  $\Delta S_a$  took a positive value of  $101.25 \text{ kJ/mol}^{-1}$  in the solution without inhibitor, but with the addition of the inhibitor to the solution, this value decreased to negative  $-75.21 \text{ (kJ/mol}^{-1}\text{)}$ , how small this value is depends on the concentration of the corrosion inhibitor. depends on the fact that association is higher than dissociation in the system, which indicates that a stable complex is formed between the inhibitor and the metal. The obtained results are presented in Table 5 below

This is association is higher than dissociation in the system, which indicates that a stable complex is formed between the inhibitor and the metal. The average energy difference between activation energy and enthalpy for samples without inhibitor and with different concentrations of inhibitor was approximately  $2.67 \text{ kJ}$ , which confirms the inhibition and adsorption process of St20 steel during melting.

**Table-5**

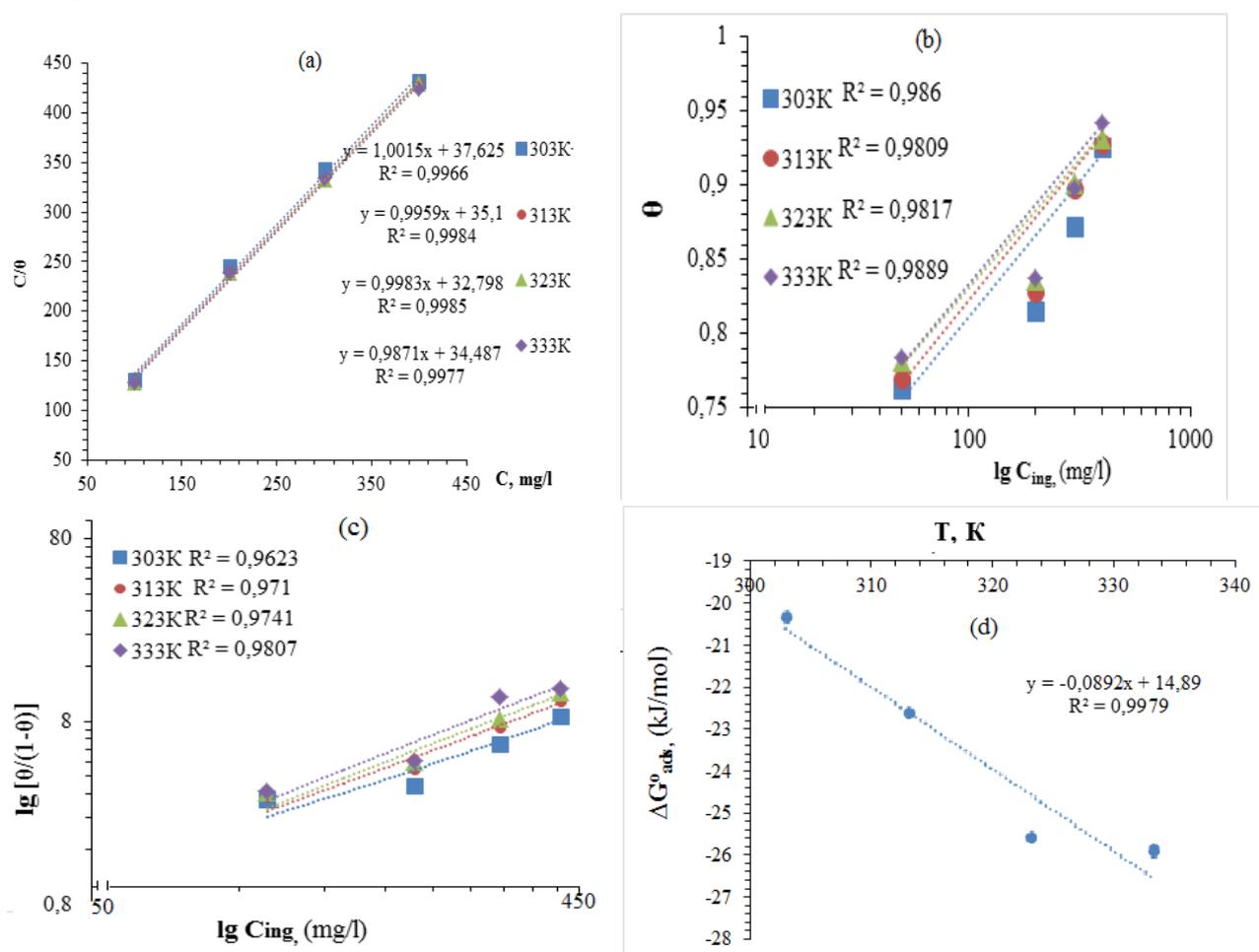
**Values of activation parameters for steel St20 in graded water without inhibitor and in presence of green inhibitor**

| Inhibitor concentration mg/l | $E_a$ (kJ/mol <sup>-1</sup> ) | $\Delta H_a$ (kJ/mol <sup>-1</sup> ) | $\Delta S_a$ (kJ/mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ) | $E_a - \Delta H_a$ |
|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------|
| 0.0                          | 41.96                         | 38.4                                 | 101.25   | 2.94               |
| 200                          | 54.24                         | 51.43                                | -18.36   | 2.71               |
| 400                          | 63.42                         | 60.93                                | -23.12   | 2,64               |
| 600                          | 75.21                         | 72.62                                | -52.36   | 2.59               |
| 1000                         | 88.19                         | 85.72                                | -75.21   | 2.47               |

*Adsorption isotherms.*

Temkin (pic. 4a), Frumkin (pic. 4b) and Langmuir (pic. 4c) isotherms of green corrosion inhibitor are also plotted. According to the obtained results, comparing the values of Frumkin, Temkin and Langmuir isotherms, the value of Langmuir isotherm is higher than 0.99, which indicates that it is consistent with the experimental data for the calculation of thermodynamic parameters.

Langmuir, Frumkin and isotherms for green corrosion inhibitors were also studied.



**Pic. 4. (a) Temkin, (b) Frumkin, and (c) Langmuir isotherms, and (d) temperature dependence of  $\Delta G^0_{ads}$**

Temkin isotherm (0,986; 0,9809; 0,9817; 0,9889;) and Frumkin (0,9623; 0,971; 0,9741; 0,9807;) values of the correlation coefficient at different temperatures were obtained. We can see from Figures 3a and 3b that the values of the correlation coefficients of the Frumkin and Temkin adsorption isotherms are not close to 1, indicating that the adsorption process does not follow these isotherms. The thermodynamic parameters of the green corrosion inhibitor obtained on the basis of these isotherms are presented in Table 6

**Table-6**

**Thermodynamic parameters of green corrosion inhibitor**

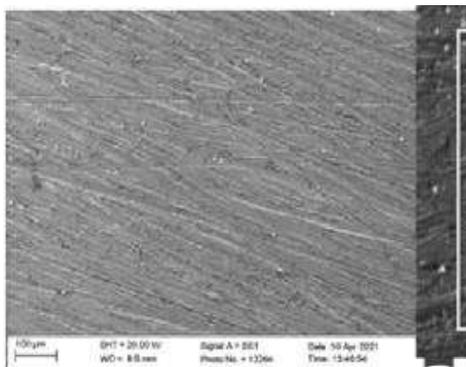
| Temperature | $K_{ads}$ | $\Delta G_{ads}$<br>кЖ/МОЛЬ | $\Delta H_{ads}$ ,<br>(кЖ/МОЛЬ) | $\Delta S_{ads}$ , (кЖ/МОЛЬ<br>К) |
|-------------|-----------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 303         | 357,2     | -23,11                      | -15,39                          | -127,4                            |
| 313         | 433,1     | -25,32                      |                                 |                                   |
| 323         | 490,7     | -26,41                      |                                 |                                   |
| 333         | 580,6     | -28,21                      |                                 |                                   |

Then the values of  $K_{ads}$  were calculated based on the intersection of Langmuir isotherms. It follows from the values of  $K_{ads}$  that the adsorption of green corrosion inhibitor on the metal surface is superior to all desorption. To conclude from the data in Table 6.

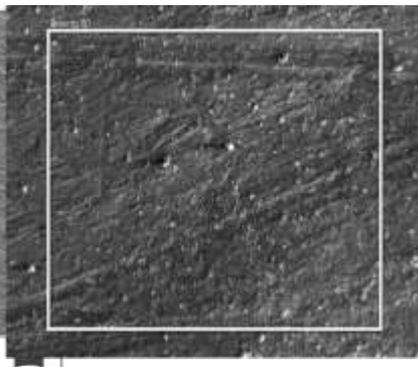
The values of  $\Delta G_{ads}^0$  were obtained in the range of 303–333 K, and the results gave values from negative -23.11 kJ/mol to -28.21 kJ/mol, so that the adsorption of the green corrosion inhibitor on the metal surface is self confirms that it will happen.

*Study of surface morphology of steel using scanning electron microscope and atomic force microscope.*

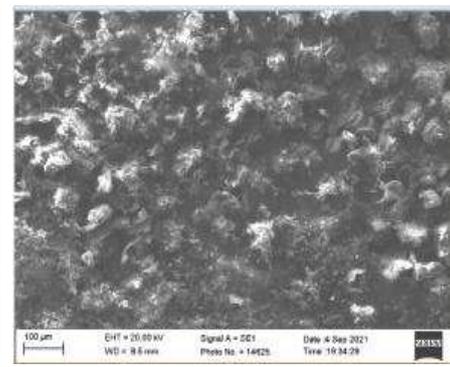
The degree of scanning of the surface morphology of the St20 steel sample was studied using high-resolution atomic force microscopy (AFM) and scanning electron microscopy (SEM).



**Pic. 5a. The initial state of the steel surface**



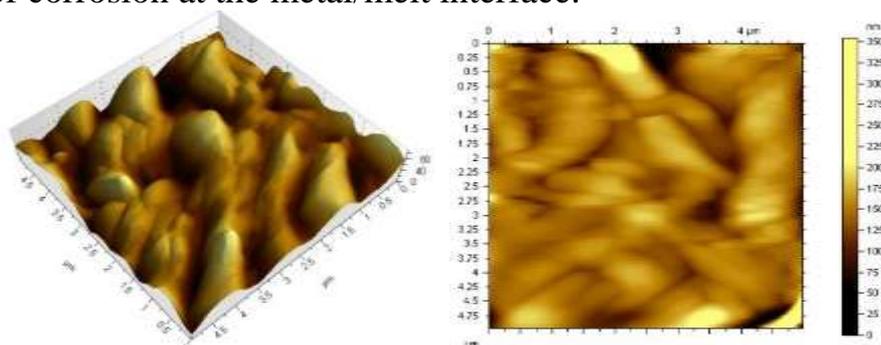
**Pic. 5b. Condition of steel surface in inhibitor solution**



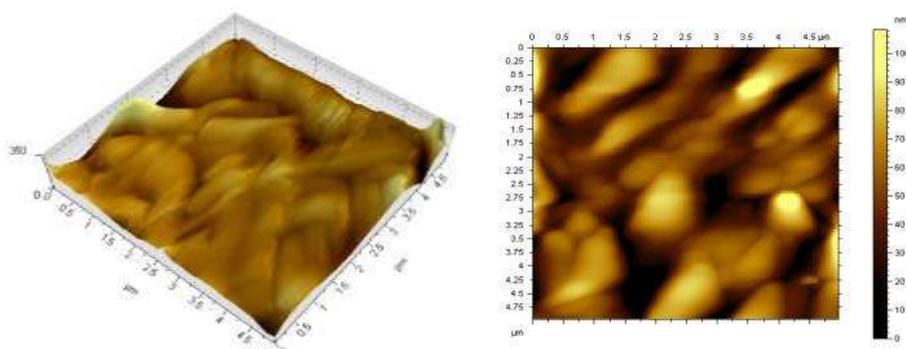
**Pic. 5c. condition of steel surface in solution without inhibitor**

When the surface morphology of the steel sample in solutions with and without inhibitor was studied by scanning electron microscope (SEM), the surface of the steel obtained in the environment with inhibitor (Fig. 5b) was similar to the original steel sample (Fig. 5a), but in solutions without inhibitor (Fig. 5c) we can see that the corrosion process is at a high level.

Also, the surface morphology of the St20 steel sample was studied using an atomic force microscope (AFM), which is a very high-resolution scanning type. AFM has a nano-micro scale scan level and is a high-precision state-of-the-art device for studying the effects of inhibitors and their effects on the formation and prevention of corrosion at the metal/melt interface.



**Pic. 6. Micrograph of surface morphology of St20 steel sample in 1 M hydrochloric acid solution without inhibitor, taken by atomic force microscope**



**Pic. 7. A 3D micrograph of the structure of a steel surface inhibited by green corrosion inhibitor in 1 M HCl solution taken under an atomic force microscope.**

In these pictures 6 and 7, we can see that the size of the convex peaks in the non-inhibitor solution is 350 nm, compared to 100 in the inhibited sample, when the St20 steel surface is studied and analyzed at a size of 4.5x4.5 mm. we can see that the size of the depressions in the non-incubated sample is 140 nm and in the annealed sample it is 55 nm. It follows from this that the high number of peaks in the non-inhibited sample indicates a high level of corrosion, and the small size of the peaks in the inhibited solutions indicates that corrosion has slowed down.

The **fourth chapter** of the dissertation, which entitled "**Economic efficiency and technological scheme of synthesis of corrosion inhibitors**" describes the production technologies of corrosion inhibitors.

Table 7

**Technical and economic indicators of production of corrosion inhibitors**

|                                   | <b>Green inhibitor</b> | <b>IKMM-1,<br/>soum</b> | <b>IKPK-1,<br/>soum</b> |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Raw materials                     | 5 650 00               | 29 100 250              | 23 242 750              |
| Salary                            | 900 000                | 300 000                 | 300 000                 |
| Single social payment<br>15%      | 100 000                | 45 000                  | 45000                   |
| Additional costs                  | 600 000                | 100 000                 | 100 000                 |
| Unforeseen expenses               | 300 000                | 90 000                  | 100 000                 |
| Profitability, 5%                 | 300 000                | 1 700 000               | 1 209 637               |
| VAT, 15%                          | 1507 000               | 3 571 200               | 3553912,5               |
| <b>Total</b>                      | <b>9 257 000</b>       | <b>33 331 450</b>       | <b>28 956299,5</b>      |
| Cost of 1 kg of product,<br>soums | 9 257,000              | 33 331,450              | 28 956,99               |

We can see that the price of corrosion inhibitors obtained as a result of our research is economically effective when compared with the price of foreign Universal brand corrosion inhibitor, which is used at the same time in many imported industrial enterprises.

Table-8

**Price structure of foreign Universal brand corrosion inhibitor**

| <b>№</b>     | <b>The name of<br/>the inhibitor</b> | <b>Unit of<br/>measure</b> | <b>The<br/>quantity</b> | <b>The price of<br/>one unit,<br/>soum.m</b> | <b>Total<br/>amount,<br/>soums</b> |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------|--|------------------------------------|
| 1            | Universal                            | kg                         | 1000                    | 38447  | 38447000                           |
| <b>Jami:</b> |                                      |                            |                         |  | <b>38447000</b>                    |

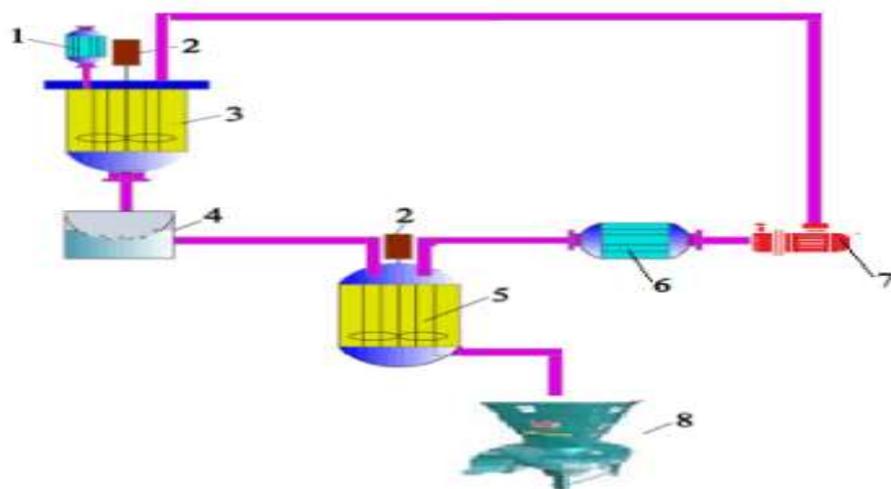
29 190 000 (Green inhibitor), 5 115 550 (IKMM-1) and 9 490 100 ( IKPK-1) million soums can profit.

The technology of obtaining a green corrosion inhibitor does not require any high temperature and pressure, and the used extra reagent (methanol) can be returned to the process (after one-time cleaning). It is worth noting that one of the most important aspects is that no environmentally harmful waste is generated.

*Principle technology of synthesis of corrosion inhibitors.*

The principle technological scheme of production of green corrosion inhibitor from the *Salsola oppositifolia* plant is presented in Pic. 8.

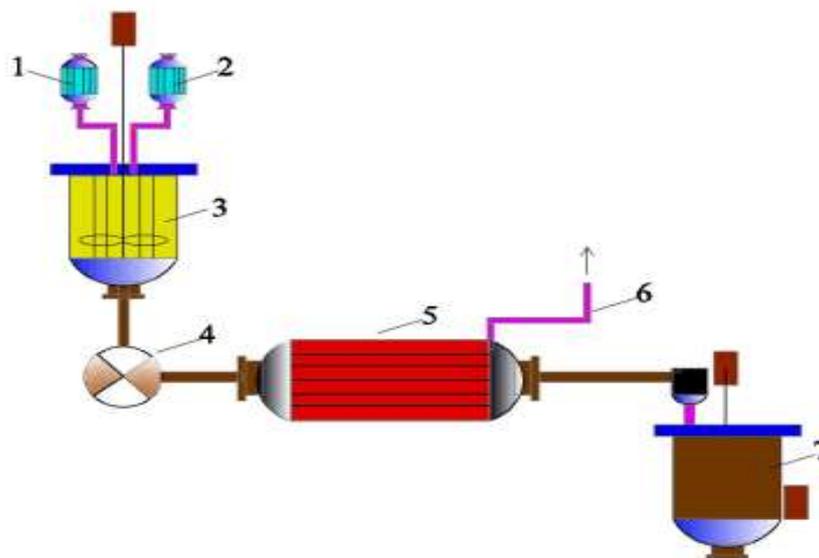
Dispenser 1 contains a certain amount of propanol-1, which is slowly introduced into the stream. In the 3<sup>rd</sup> reactor, the temperature is 80-85 °C, where the extraction process takes place. The duration of the process is 8-12 hours, and the process is constantly stirred using the 2<sup>nd</sup> electric motor. After the process is completed, the temperature of the reactor is cooled down to a temperature of 25 °C.



1-doser (Propanol-1 l); 2-electric engine, 3.5-reactor; 4th filter; 6– condensed secondary propanol-1 l; 7- pump; 8-finaly product;

**Pic. 8. Production scheme of green corrosion inhibitor**

The obtained primary product is filtered in the 4<sup>th</sup> filter and sent to the 5<sup>th</sup> reactor. In reactor 5, the temperature is slightly higher than in reactor 3, and it is heated to 95-100 °C.



1.2 raw materials. 3-reactor for chemical reaction. 4-compressor, 5-drum oven type dryer. The 6th derivative is the exhaust pipe. 7. Preparing the product for packaging.

**Pic 9. Production of corrosion inhibitors of the IKPK-1 and IKMM-1 brands**

In the 1<sup>st</sup> reactor, the raw material is croton aldehyde or monoethanolamine, from which it is poured into the reactor to carry out the 3<sup>rd</sup> reaction, where it is cooled to the required temperature. Next, p-phenylenediamine or maleic anhydride is introduced into the 3<sup>rd</sup> reactor, which is mechanically stirred in a small amount in the 2<sup>nd</sup> mixer. The 4th compressor is responsible for delivering the high-viscosity thick substance produced in the 3<sup>rd</sup> reactor to the 5<sup>th</sup> drum oven type dryer. The generated steam or gases formed in furnace 5 are discharged through outlet 6. 7. For packaging the resulting product.

## Conclusions

1. A green corrosion inhibitor was obtained based on *Salsola oppositifolia* plant extract, and optimal conditions for the synthesis of IKPK-1 and IKMM-1 brand corrosion inhibitors based on maleic anhydride, monoethanolamine, p-phenylenediamine and croton aldehydes were determined.

2. The structure of the obtained green and synthesized corrosion inhibitors was confirmed by IR-spectroscopy and physico-chemical methods.

3. The inhibition efficiency of corrosion inhibitors was explained using electrochemical and gravimetric methods, and the mechanism of inhibition was explained by the kinetic parameters and thermodynamic (activation energy, enthalpy and entropy) parameters of the adsorption process.

4. The morphology of the metal surface structure was investigated by scanning an electron microscope and atomic force microscope. It was found that the size of the convex peaks in the solution without inhibitor was 350 nm and 100 nm in the inhibited sample, and the size of the depressions in the uninhibited sample was 140 nm and 55 nm in the inhibited sample.

5. Based on the results of the gravimetric and electrochemical method of corrosion inhibitors in aqueous circulation systems and various acidic aggressive environments, it was shown that the green corrosion inhibitor is 97.86%, IKPK-1 is 94.85%, and IKMM-1 is 93.86%.

6. The technology of obtaining green corrosion inhibitor and IKPK-1 and IKMM-1 corrosion inhibitors based on plant extract was developed. The obtained corrosion inhibitors were recommended for use in the prevention of corrosion of metal structures in water circulation cooling systems of "Mubarak" LLC and "Navoi mining-metallurgical combine".

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.16/30.12.2019.К/Т.87.01 ПО  
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ ХИМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**НОМОЗОВ АБРОР КАРИМОВИЧ**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ НА  
ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ И СИНТЕТИЧЕСКИХ  
СОЕДИНЕНИЙ**

**02.00.14–Технология органических веществ и материалы на их основе**

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

**Ташкент – 2023**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Высшего образования, наука и инноваций Республики Узбекистан за номером B2022.2.PhD/Г2782

Диссертация выполнена в Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии.

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

**Научный руководитель:** Бекназаров Хасан Сойибназарович  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Нуркулов Файзула Нурмунинович  
доктор технических наук, профессор  
Раджабов Юсуфбой Нураддина.  
доктор технических наук (PhD)

**Ведущая организация:** Навоийский государственный  
горно-технологический университет

Защита диссертации состоится « 16 » май 2023 г. в « 11<sup>00</sup> » часов на заседании Ученого совета DSc.16/30.12.2019.К/Т.87.01 при Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии по адресу: 111116, Ташкентская область, Ташкентский район, п/о Шурабазар. Тел.: (+99895) 144-67-83, e-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии за № 2023/11, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (111116, Ташкентская область, Ташкентский р-н, п/о Шурабазар, Тел.: (+99895) 144-67-83, e-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)).

Автореферат диссертации разослан « 01 » май 2023 года.  
(протокол рассылки № 2023/11 от « 01 » май 2023 г.).



**А.Т. Джалилов**  
Председатель научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
д.х.н., проф., академик

**Ш.Д. Ширинов**  
Членский секретарь научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
PhD тех., с.н.с.

**Ф.Н. Нуркулов**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., проф.

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

**Целью исследования** является разработка технологии получения эффективных экологически безопасных ингибиторов коррозии на основе растительных экстрактов и моноэтаноламина, малеинового ангидрида, п-фенилендиамина и кротонового альдегида.

**В качестве объекта** исследования были взяты ингибиторы коррозии на основе экстракта растения *Salsola oppositifolia*, моноэтаноламина, малеинового ангидрида, п-фенилендиамина и кротонового альдегида, стальных материалов в кислых и водных оборотных системах.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

определены оптимальные условия применения экстракта растения *Salsola oppositifolia* в качестве «ингибитора зеленой коррозии» для защиты металлов от коррозии;

установлены механизмы действия высокоэффективных ингибиторов коррозии ИКПК-1 и ИКММ-1 на основе моноэтаноламина, малеинового ангидрида, п-фенилендиамина и кротонового альдегида;

определена степень защиты металлов от коррозии в системе водяного охлаждения и в различных кислых средах полученных ингибиторов коррозии;

механизм ингибирования и эффективность ингибирования ингибиторами коррозии определены кинетическими, термодинамическими, гравиметрическими и электрохимическими методами;

морфологические изменения поверхности отожженной стали определяли по микрофотографиям, полученным методами растрового электронного микроскопа и атомно-силового микроскопа;

разработана экологически чистая технология получения «зеленого ингибитора коррозии» и ингибиторов коррозии ИКПК-1 и ИКММ-1 из растения *Salsola oppositifolia*.

**Внедрение результатов исследования.** На основании научно-практических результатов, полученных по технологии получения ингибиторов коррозии на основе растительных экстрактов и синтетических соединений:

технология получения синтезированного ингибитора коррозии включена в «Перечень перспективных разработок для внедрения в 2022-2025 годах» ООО «Мубаракский ГПЗ» АО «Узбекнефтегаз» (справка ООО «Мубаракский ГПЗ» №107/GK-04 от 8 апреля 2022 года). В результате удалось защитить стальные материалы от коррозии в системах внутренней циркуляции воды и охлаждения;

технология получения ингибиторов зеленой коррозии, используемых при защите металлоконструкций от коррозии, включена в «Перечень перспективных разработок для внедрения в 2022-2025 годах» АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» № 23.01.01-07/343 от 11 мая 2022 г.). В

результате появилась возможность защитить от коррозии стальные конструкции, передающие и накапливающие агрессивные кислотно-соленые сточные воды, образующиеся при кислотной промывке.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 108 страниц.

**E‘LON QILINGAN ISHLAR RO‘YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo‘lim (I часть; I part)**

1. Номозов А. К. У., Бекназаров Х. С., Абдусаломов А. Р. У. Получение экстракта из растений *Salsola oppositifolia* и применение его в качестве зеленого ингибитора коррозии // *Universum: технические науки*. – 2021. – №. 11-4 (92). – С. 63-67. (02.00.00; №2).

2. Nomozov A. K., Beknazarov Kh. S., Jalilov A. T. Synthesis of corrosion inhibitors containing phosphorus and sulfur based on 2-ethylhexanol, and studying its practical significance // *ISJ Theoretical & Applied Science*. ISSN: 2409-0085 (Online). 2021. Vol.102, Issue 10, pp. 239-243. Impact Factor: SJIF. IF- 9.035. №23.

3. Nomozov A., Beknazarov Kh., Khodzhamkulov S., Yuldasheva S. The studying of application of *salsola oppositifolia* extract in 0.5 M l of sulfuric acid as a green inhibitor for corrosion of carbon steel//*ISJ Theoretical & Applied Science*. ISSN: 2409-0085 (Online). 2022. Vol.108, Issue 4, pp. 70-77. Impact Factor: SJIF. IF-7,18. №23.

4. Nomozov A., Beknazarov K., Dzhililov A. Synthesis of Corrosion Inhibitor IKPK-1 and its Application for Corrosion Protection of Steel ST20 in 1M HCl // *Eurasian Journal of Engineering and Technology*. ISSN 2795-7640 (Online) Volume №2 .Issue 10, September 2022 pp 23-28. SJIF. 2022-5.68. (№15. Directory o Research Journals Indexing, №23. Scientific Journal Impact Factor, №43,3/x Universal Impact Factor).

5. Nomozov A. K., Beknazarov H. S., Jalilov A.T. *Salsola oppositifolia* o‘simligidan kuydirish metodiga asoslanib green ingibitorini olish va uning amaliy qo‘llash tadqiqoti// *Namangan davlat Universiteti ilmiy axborotnomasi*. Наманган 2021 йил 12-сон. 60-65 б. (02.00.00; №18).

6. Nomozov A. K., Beknazarov X. S., Yo‘Ldosheva S. G. *Salsola oppositifolianing* ekstraktini suv bilan sovutish tizimida samarali ingibitor sifatida qo‘llash tadqiqoti // *Academic research in educational sciences*. – 2022.– №. 3. – С. 745-752.(02.00.00; №2)

7. Номозов А.К., Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т. Исследование применения экстракта *Salsola oppositifolia* в качестве ингибитора зеленой коррозии углеродной стали в 1 М растворе фосфатной кислоты // *Развитие науки и технологий*. Бухара 2022. -№ 1. –С.48-55. (02.00.00; №14)

8. Nomozov A.K., Beknazarov Kh.S., Dzhililov A.T. Synthesis and investigation of characteristics of corrosion inhibitor IKMM-1 St20 steel in 1 M HCl solution// “Композицион материаллар” Илмий-теникавий ва амалий журнали № 3/2022. Тошкент 2022 йил 51-53 б. (02.00.00; №13)

## II bo‘lim (II часть; II part)

9. Nomozov A. K., Beknazarov H. S., Salsola oppositifolia o‘simligidan olingan yashil ingibitorining amaliy tajribasining SEM analizi tahlili va tadqiqoti // «Kimyo, oziq-ovqat hamda kimyoviy texnologiya mahsulotlarini qayta ishlashdagi dolzarb muammolarni yechishda innovatsion texnologiyalarning ahamiyati» Xalqaro ilmiy amaliy konferensiya materiallari to‘plami. Namangan-2021. 479-481-b.

10. Nomozov A.K., Beknazarov H.S., Jalilov A.T Salsola soda va salsola oppositifolia o‘simligidan yashilkorroziya ingibitorini olish tadqiqoti // «Комплекс бирикмалар кимёсининг долзарб муаммольари» Республика илмий-амалий конференция. Ташкент – 2021. 147-149-b.

11. Номозов А.К., Бекназаров Н.С., Абдусаламов А. Р. Стиролни олитингугрт билан модификациялаш жараёни // “Металлорганик юкори мольекулали бирикмалар соҳасидаги долзарб муаммольарнинг инновацион ечимлари” Халқаро илмий-амалий онлайн-конференция Ўзбекистон Республикаси Тошкент ш. -2021. 39-41-b.

12. Номозов А К., Бекназаров Х. С. Получение зеленого ингибитора на основе метода сжигания из salsola oppositifolia и анализ TGA, DTA //Современная наука 3. – 2022. – С. 15.

13. Nomozov A.K., Beknazarov H.S., Jalilov A.T. Yashil korroziya ingibitorining termodinamik parametlarini o‘rganish// Fan va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida Kimyo texnologiya, Kimyo, va Oziq-ovqat sanoatidagi muammolalar va ularni bartaraf etish yo‘llari. Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami II qism. Namangan-2022. 12-13-b.

14. Nomozov A.K., Beknazarov H.S. Kroton aldegidi va p-fenilendiamin asosida olingan IKPK-1markali korroziya ingibitorining IQ-spektroskopik tahlili//Innovative aporouches to the development education-cluster in the oil and gas field proccesiding of the international conference.Tashkent. -2022. 231-233-b.

15. Nomozov A.K., Beknazarov H.S., Jalilov A.T. Salsola oppositifolia o‘simligidan olingan yashil korroziya ingibitorining sovutish tizimidagi suvda va 1 M HCl da eritmalaridagi elektrokimyoviy tadqiqoti//Международная научно-практическая конференция «интеграция науки, образования и производства – залог прогресса и процветания», том II, город Навои, Республика Узбекистан, -2022. 204-206-b.

16. Номозов А. К., Бекназаров Х. С., Юлдошева С. Г. Исследование применения экстракта соляника опозитифолистного в качестве эффективного ингибитора в системе водяного охлаждения //World Science: problems and innovations 3. – 2022. – С. 27.

17. A. Nomozov, Kh. Beknazarov, A. Dzhililov . Synthesis of corrosion inhibitor based on p-phenylenediamine and crotonaldehyde and its IR spectrum analyses// «Результаты инновационных исследований в области химических и технических наук в XXI веке». Душанбе. - 2022. -С 214-217

Автореферат «Ўзбекистон кимё журналы» тахририятида тахрир қилинди

Босишга рухсат этилди: 27.04.2023 йил  
Бичими 60x84 <sup>1</sup>/16, «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи 2,8. Адади 100. Буюртма №113  
Тел: (99) 832 99 79, (97) 815 44 54  
Гувоҳнома reestr № 10-3279

“IMPRESS MEDIA” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.  
100031, Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй