

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИLMИЙ ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИLMИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.16/30.2019.К/Т.78.01 РАҚАМЛИ ИLMИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ ТЕХНОЛОГИЯ ИLMИЙ-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ**

ШАРИПОВ БЕГМУРОД ШАРОПОВИЧ

**ГУАНИДИН АСОСИДА КОРРОЗИЯ ИНГИБИТОРЛАРИНИ ОЛИШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА УЛАРНИ ҚЎЛЛАШ**

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 доктор философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Шарипов Бегмурод Шаропович

Гуанидин асосида коррозия ингибиторларини олиш технологиясини ишлаб
чиқиш ва уларни қўллаш.....3

Шарипов Бегмурод Шаропович

Разработка технологии получения ингибиторов коррозии на основе
гуанидина и их применение.....21

Sharipov Begmurod Sharopovich

Development of technology for obtaining corrosion inhibitors based on guanidine
and their application.....39

Элон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИLMИЙ ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИLMИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.16/30.2019.К/Т.78.01 РАҚАМЛИ ИLMИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ ТЕХНОЛОГИЯ ИLMИЙ-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ**

ШАРИПОВ БЕГМУРОД ШАРОПОВИЧ

**ГУАНИДИН АСОСИДА КОРРОЗИЯ ИНГИБИТОРЛАРИНИ ОЛИШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА УЛАРНИ ҚЎЛЛАШ**

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 ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2023.1.PhD/Т2788 рақам билан рўйхатга олинган

Диссертация Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:	Бекназаров Ҳасан Сойибназарович техника фанлари доктори, профессор
Расмий ошпонентлар:	Нурқулов Файзулла Нурмўминович техника фанлари доктори, профессор Ражабов Юсуфбой Нураддин ўгли техника фанлари бўйича фалсафа доктори, доцент
Етакчи ташкилот:	Бухоро мухандислик технология институти

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.16/30.12.2019.К/Т.87.01 рақамли илмий кенгашнинг «28» апрель 2023 йил соат 10:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 111116, Тошкент тумани, Ибрат МФЙ, Шўробозор. Тел.: (+99895) 144-67-83, E-mail: ooo_tniixt@mail.ru, TKTITI@exat.uz).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институтининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№ 2023/8 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 111116, Тошкент тумани Ибрат МФЙ п/б Шўробозор Тел.: (+99895) 144-67-83, E-mail: ooo_tniixt@mail.ru, TKTITI@exat.uz).

Диссертация автореферати 2023 йил «04» апрель куни тарқатилди.

(2023 йил «04» апрелдаги 2023/8 рақамли реестр баённомаси).



А.Т.Джалилов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
к.ф.д., проф., академик

Ширинов Ш.Д

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, т.ф.PhD., к.и.х.

Нурқулов 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 металллар коррозияси, шу жумладан, пўлат конструкцияларни коррозиядан сақловчи ва юқори самарали ингибиторларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга муаммо ҳисобланади. Саноати тез ривожланаётган мамлакатларда металл буюмларни кислотали ва тузли муҳитларда ишлатилувчи самарали ингибиторларга бўлган талабнинг ошишига сабаб бўлмоқда. Коррозия жараёнини бартараф этишда ингибиторларнинг тузилиши, миқдори, ҳарорат ҳамда таъсир қилувчи агрессив муҳит табиатининг ингибиторлар ҳимоялаш даражасига таъсир механизмини ўрганиш натижасида ингибирлаш хоссаларини таҳлил қилиш ва амалиётда қўллаш муҳим аҳамият касб этади.

Бугунги кунда дунёда коррозиянинг олдини олиш бўйича паст концентрацияда ҳам юқори самарадорликка эга, сувда эрувчан, экологик тоза органик коррозия ингибиторларини синтезлаш устида илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада таркибида азот, фосфор, кислород ва олтингугуртни ўз ичига олган π боғларга эга бўлган глицерин, ортофосфат кислота, гуанидин нитрат, карбамид ва тиокарбамид ҳосилалари органик ингибитор бирикмалар синтези, хомашёлар асосида органик ингибиторларнинг синтез жараёнларини, уларнинг физик-кимёвий хусусиятларини аниқлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда кимё саноатини модернизация қилишда, ишлаб чиқариш корхоналарини маҳаллий хомашё базаларига ўтказиш ва импорт ўрнини босадиган органик коррозия ингибиторларни ишлаб чиқариш ва қўллаш бўйича бир қанча илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «ички ва ташқи бозорларда миллий товарларнинг рақобатбардошлигини таъминлайдиган маҳсулот ва технологияларнинг тубдан янги турларини ишлаб чиқаришни ўзлаштириш»¹ бўйича муҳим вазибалар белгилаб берилган. Бу борада кимё саноатида металл буюмларни коррозиядан ҳимоя қилувчи N, P, O ва S тутган коррозия жараёнининг олдини олувчи ингибиторлар асосида ҳимоялаш механизмлари ва технологияларини такомиллаштириш ишлари олиб бориш ҳамда амалиётга жорий этишда муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида» ги, 2021 йил 9 июндаги ПФ-6244-сон «Худудларнинг саноат салоҳиятини оширишга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги, 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сон «Кимё ва биология йўналишларида

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисидаги” Фармони.

узлуксиз таълим сифатини ва илм-фан натижадорлигини ошириш чоратадбирлари тўғрисида»ги Фармон ва қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқот натижалари муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Гуанидин ҳосилаларидан металллар коррозиясини олдини олувчи органик ингибиторлар олиш усуллари ва хоссаларини ўрганиш бўйича И. Л. Федушкин, В.П. Анаников, Д.Б. Эгеми, Э.Г. Гордеев, И.П. Белетская, А.Д. Аверин, М.Н. Бочкарев, А.А. Трифонов, U.M. Dzhemilev, И.Л. Розенфелд, М.А. Quraishi, W.W. Frenier, С.М. Решетников, В.П. Батракова, П.С. Фахретдинов, В.И. Вигдорович, Н.В. Шел, Oguzie E.E, Hussain M. S, Jakeria M.R, Fazal M.A, Haseeb A, Khan R, Oyekunle D.T, Somers A.E, Hinton B.R, Bruin-dickason C.De, А.А. Анисимов, А.В. Arzumanyan, Ю.Н. Кононевич, М. Н. Темников, О. G. Sinyashin, Yu.H. Budnikova, А.Р. Бурилов, А.А. Карасик, В.Ф. Миронов, Р.А. Storozhenko, G.I. Shcherbakova, Б.А. Трофимов каби олимлар томонидан фундаментал тадқиқотлар олиб борилган.

МДХ давлатларида Ю.И. Кузнецов, С.М. Решетников, А.Г. Акимов, Я.М. Колотыркин, В.П. Батракова, П.С. Фахретдинов, В.И. Вигдорович, Н.В. Шель, Л.Е. Цыганкова, М. Хани, С.Н. Степин, О.П. Кузнецова, А.В. Вахин, П.В. Стрекалов каби олимлар ўзларининг самарали илмий фаолиятлари орқали полифункционал ингибиторларни яратиш ва уларнинг таъсир механизмларини ўрганиш бўйича фундаментал тадқиқотларни олиб бормоқдалар.

Коррозия ингибиторлари ва химояловчи материаллар технологиясини ривожлантириш бўйича асосий изланишлар пўлат асосидаги қурилиш ва ишлаб чиқариш конструкцион материаллар самарадорлигини ошириш учун органик ингибиторларни олишга йўналтирилган. Темир ва пўлат конструкцияларининг ишлаш муддатини ошириш, уларнинг эксплуатацион хусусиятларини яхшилаш, саноатдаги металл қурилмалар сифатини янада яхшилашнинг умумий муаммосини ҳал қилишдан иборатдир.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология илмий-тадқиқот институти МЧЖ илмий-тадқиқот ишлари режасининг X/III №12-06 «Маҳаллий хомашёлар асосида янги самарали олигомер коррозия ингибиторларини яратиш ва татбиқ этиш» (2007 й.), мавзусидаги хўжалик шартномаси ҳамда №A12-005 «Маҳаллий хомашёлар асосида янги самарали коррозия ингибиторларини олиш ва уларни қўллаш» (2015-2017 йй.) мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади N, P, O ва S тутган бирикмалар асосида кислотали ва тузли агрессив муҳитларда юқори самарадорликка эга органик коррозия ингибиторлар олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

таркибида амина, фосфат ва олтингугурт гуруҳлари бўлган органик коррозия ингибиторлари олишнинг мақбул шароитларини аниқлаш;

олинган органик коррозия ингибиторлар таркибидаги функционал гуруҳларнинг ингибирловчи хоссаларини тадқиқ этиш;

олинган органик ингибиторларнинг коррозион самарадорлигини ўрганиш бўйича лаборатория тажриба синовлари, гравиметрик ва электрохимёвий таҳлиллар ўтказиш;

ингибиторларни коррозия тезлиги, ҳимояланиш даражаси ва тормозланиш коэффициентини, ҳароратга, муҳитнинг pH қийматига, ингибиторлар концентрациясига ҳамда таркибига боғлиқлигини аниқлаш;

СЭМ ва атом куч микроскопия усуллари ёрдамида пўлат сиртининг морфологиясини ўрганиш;

органик коррозия ингибиторларни олиш технологияси ишлаб чиқиш ва амалиётга тадбиқ этиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида гуанидин нитрат, карбамид, фосфат кислотаси, глицерин ва тиокарбамид моддалар олинган.

Тадқиқотнинг предмети таркибида амина, фосфат ва олтингугурт гуруҳлари сақлаган моддалар асосида органик ингибиторлар олишнинг мақбул шароитларини ўрганиш, олинган янги ингибиторларни ҳар ҳил агрессив муҳит, ҳарорат ва ингибитор концентрациясига боғлиқ ҳолда ҳимоялаш даражаларининг ўзгариш қонуниятларни аниқлаш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида металл юзаси коррозиясини аниқлаш ҳамда олинган намуналарнинг тузилиш ва хоссаларини тадқиқ этишда инфрақизил спектроскопия (ИҚ-спектроскопия), сканерловчи электрон микроскопия (СЕМ), атом куч микроскопия (АКМ), термогравиметрик таҳлил (ДТА), гравиметрик ҳамда электрохимёвий таҳлил каби замонавий физик-химёвий тадқиқот усуллардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ортафосфат кислотаси, глицерин, гуанидин нитрат ва тиокарбамид асосида янги таркибли органик коррозия ингибиторлари олинган ҳамда жараённинг оптимал шароитлари аниқланган;

олинган органик коррозия ингибиторлар таркибидаги функционал гуруҳлар ва уларнинг физик-химёвий хоссалари аниқланган;

органик ингибиторларнинг кўп функцияли таъсир этувчи ингибиторлик хоссалари қонуниятлар ёрдамида аниқланган;

металлларнинг коррозиядан кейинги сирт-морфологик ўзгаришларини таҳлил қилиш орқали, органик ингибиторлар пўлат сиртида донор акцептор ва ковалент боғлар ёрдамида адсорбцияланиши натижасида химоя қопламаси ҳосил қилиши исботланган;

олинган органик ингибиторларнинг концентрациясига боғлиқ ҳолда коррозия тезлиги, ҳимояланиш ва сиртни тўла қоплаш даражаси, тормозлаш коэффицентлари аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

ортафосфат кислотаси, глицерин, гуанидин нитрат ва тиокарбамид асосида турли агрессив муҳитларга чидамли таъсир этувчи янги таркибли органик коррозия ингибиторлари олинган;

олинган органик коррозия ингибиторларининг физик-кимёвий ва ингибирловчи хусусиятлари даслабки моддаларнинг мол нисбатига боғлиқлиги аниқланган;

олинган органик коррозия ингибиторларнинг қўллаш технологияси ишлаб чиқилган ва иқтисодий самарадорлиги аниқланган;

синтез қилинган органик коррозия ингибиторлари ишлаб чиқариш корхоналаридаги турли агрессив муҳитларда синаб кўрилган ва ингибиторларнинг кислотали ва тузли муҳитлардаги самарадорлиги исботланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги диссертация тадқиқоти натижасида олинган коррозия ингибиторларининг физик-кимёвий хоссалари ва самарадорлигини аниқлашда замонавий физик-кимёвий тадқиқот (термодинамик, кинетик ва адсорбцион) таҳлил усулларида фойдаланилганлиги, шунингдек, назарий ва саноат синов натижаларининг ўзаро ишлаб чиқариш амалиётига мутаносиблиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти олинган органик ингибиторларнинг самарадорлиги, уларнинг таркиби, мақбул нисбатлари ва физик-кимёвий хоссаларининг ўзаро боғлиқлиги аниқланган ҳамда органик ингибиторлар олишнинг ҳавфсиз технологиясининг илмий асослари яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти олинган органик ингибиторлар ишлаб чиқариш саноатида кислотали, тузли ва айланма сувли турли агрессив муҳитдаги пўлатни коррозиядан юқори даражада ҳимоялаб, металл конструкцияларни узоқ муддат самарали ишлашига ва шунингдек саноат ҳамда ишлаб чиқариш корхоналарида металл конструкцияларининг коррозига учраши оқибатида келиб чиқадиган зарар ва йўқотишларни камайтиришга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилинганлиги. Гуанидин асосида металл коррозиясининг олдини оловчи ингибиторларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва уларни қўллаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

синтез қилинган коррозия ингибиторини олиш технологияси «Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖ нинг “2021-2025 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган («Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖнинг 2022 йил 14 сентябрдаги 877/ГК-09-сон маълумотномаси). Натижада, агрессив муҳитларга чидамли

ҳамда металл конструкцияларни ҳимоялаш даражаси юқори бўлган ингибиторлар олиш имконини беради;

самарадорлигии 91,78 % дан юқори бўлган ФКГ2Т-4, ФКДИК-3, АТКА-2 ва ФКГ2Т-1 органик коррозия ингибиторлари «Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖ нинг сув айланма системаларидаги металл конструкцияларни коррозиядан ҳимоя қилишда “2021-2025 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган («Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖнинг 2022 йил 14 сентябрдаги 877/ГК-09-сон маълумотномаси). Натижада, сув айланма системаларидаги металл конструкцияларни ҳимоялашда ишлатиладиган ингибиторларни юқори самарадорликка эга бўлган маҳаллий коррозия ингибиторларига алмаштириш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 12 та, жумладан, 10 та республика миқёсидаги ва 2 та халқаро илмий амалий анжуманларда маърузалар қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 16 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 7 та мақола, жумладан 5 та республика ва 2 та хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 105 бетни ташкил қилади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

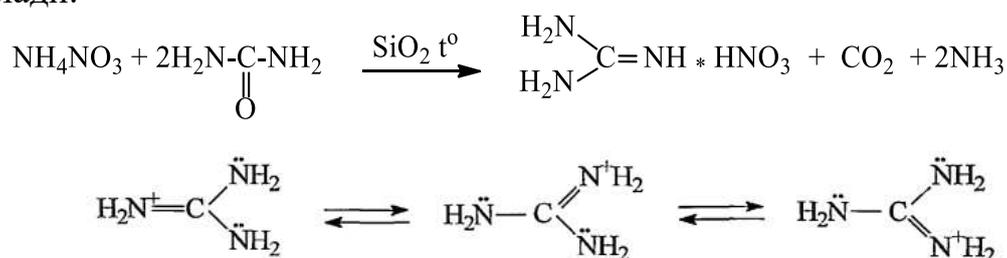
Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган,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

Диссертациянинг **“Гуанидин ҳосилаларини синтез қилишнинг ривожланиш истиқболлари ва коррозиявий муҳитларда ингибитор сифатида қўлланилиши”** га бағишланган биринчи бобида гуанидин ҳосилалари синтези, N, P, O ва S тутган органик коррозия ингибиторларини олиниши ва қўлланилиши, шунингдек уларнинг самарадорлигига доир кўплаб адабиётлар таҳлил қилинган. Турли хил агрессив муҳитларга қарши ҳар хил индивидуал таркибли гуанидинли ингибиторлар, шунингдек ўзининг кўпфункционаллиги билан паст концентрацияларда ҳам юқори ҳимоя

самарадорликка эга органик ингибиторларни олиниси ва уларни саноатда қўллаш усуллари бўйича илмий тадқиқотлар таҳлили ўрганиб чиқилган.

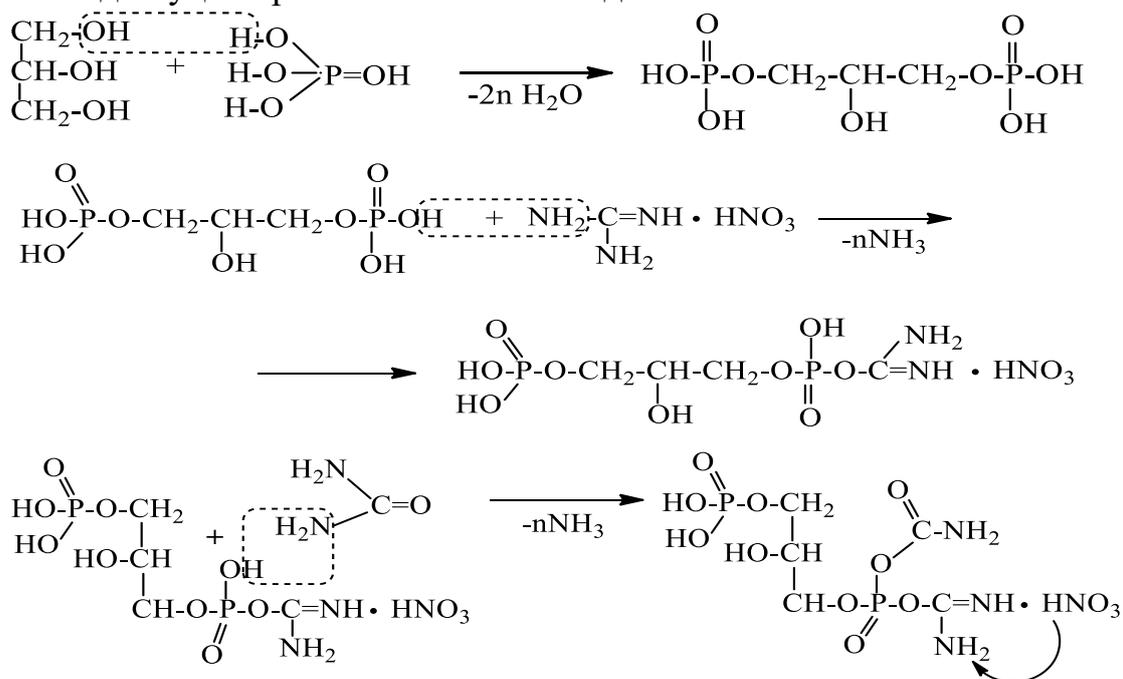
Диссертациянинг «Гуанидин сақловчи коррозия ингибиторининг синтези ва тадқиқот усуллари» деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объектлари ҳисобланган бирикмаларнинг синтези, олинган бирикмаларнинг физик-кимёвий хусусиятлари, реакция унумининг дастлабки моддалар мол нисбати, ҳарорат ва вақтга боғлиқлиги келтирилган. Шунингдек, синтез қилиб олинган бирикмаларда янги ҳосил бўлган функционал гуруҳларни (ИК) спектроскопия усули ёрдамидаги таҳлил натижалари келтирилган. Лаборатория тажриба-синов жараёнларида ишлатилган ишчи (соф) эритмалар ва пўлат пластинкасининг таркиби, электрокимёвий, гравиметрик, адсорбцион ва термодинамик тадқиқотлар ёрдамида ўрганилган таҳлиллар келтирилган.

Аммоний нитрат ва карбамид асосида гуанидин нитрат синтез қилиши. Бизга коррозия ингибиторларини синтез қилиш учун даслабки хомашё сифатида гуанидин нитрат синтез қилиш муҳим аҳамиятга эга бунинг учун, бир литрли идишга 60 г карбамид ва 120 г аммиакли селитра ва 40 г кремний (IV) оксид солиб яхшилаб аралаштирилади. Колба мой ёки кум ҳаммомида температураси секинлик билан 120°C гача кўтарилади, кейин эса жараёнга яна 1 мол карбамид солиб ярим соатда ҳаммом ҳароратини 180 °C га кўтарилади ва 2,5 соат давомида шу ҳароратда сақланади. Биринчи бир соатда кристаллар аммоний карбамад ҳосил қилиб эрийди ва шаффоф суюқликка айланади, сўнгра бутун массадан газ ажралиб чиқиши аста секин камая бошлайди, сўнгра маҳсулот совутилади ва ҳосил бўлган масса қайноқ сув ҳаммомида эритиб олинади. Бунда эритма таркибидаги аммелин ва аммелиднинг оқ аморф эримайдиган чўкмаси вакуумли филтирдан ўтказиб филтирлаб аржатиб олинади. Филтрланган эритма таркибида гуанидин нитрат билан бирга оз миқдорда аммоний нитрат ва жуда оз миқдорда карбамид ва бигуанидин нитрат қолади. Филтрланган эритма устига 1,8 л сув солиб эритманинг 1/2 қисмини буғлантирилади ва музли сув ҳаммомида 5-6 соат давомида қолдирилади. Эритма тубига гуанидин нитрат тўлиқ чўкиб бўлгандан кейин эритма вакуумли филтрдан ўтказиб олинади. Гуанидин нитратининг чиқиш унуми (70-72%) яъни 196-200 г бўлади. Филтрлаб олинган гуанидин нитрат махсус қуриштиш печида 50-60 °C 4-5 соат давомида қуриштилади.



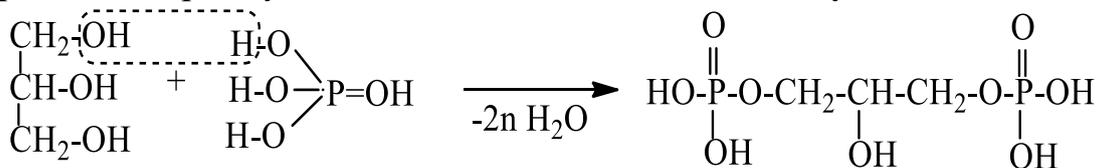
Синтез қилинган гуанидин нитрат тузининг хусусиятларини ўрганиш учун термогравиметрик ва ИК анализи асосида ўрганилди.

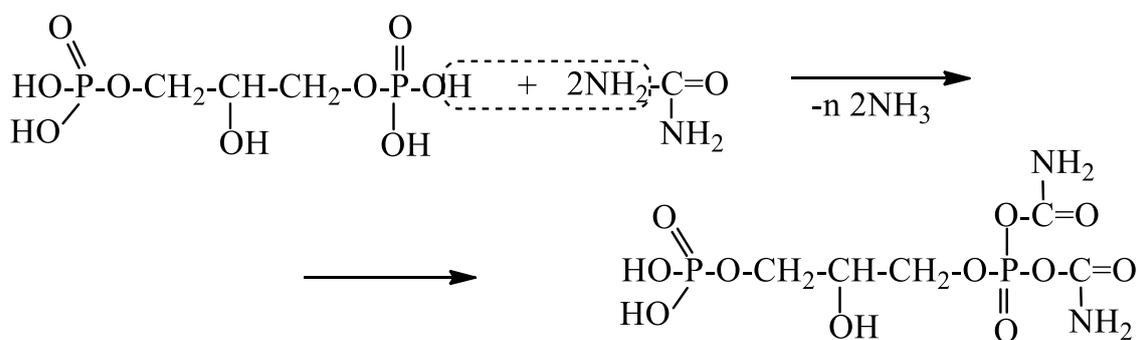
Азот, фосфор ва кислород сақловчи янги (ФКГ2К-1) коррозия ингибиторининг синтези. Коррозия ингибиторини олиш учун, 200 см³ ҳажмдаги аралаштиргич билан жиҳозланган идишга 19,6 г ортофосфат кислотаси устига 9,2 г глицерин солиб биров муддат қиздирилади кейин 12,2 г гуанидин нитрат қўшилади. Моддалар суяқланиб бир хил аралашма ҳосил бўлгунча қиздирилди ва аралаштириб турган ҳолда 6 г карбамид қўшилади. Газларнинг ажралиб чиқиши тўлиқ тўхтагунча (1,5 соат, 160 °С) давом этади ва оқ рангдаги модда олинади ва ингибитор хона ҳароратига қадар совутилганда муҳити рН =7 ни ташкил этади.



Агар реакция жараёнида глицерин, карбамид ва фосфор кислотаси миқдорлари етарли бўлмаса ёки кўп бўлса қуйидагиларга сабаб бўлади. Глицерин миқдорининг ортиқча бўлиши карбамид ва фосфат кислотаси миқдорларининг ортиқча сарфланишига бу эса маҳсулотнинг ингибитор таъсирини маълум даражада камайишига сабаб бўлади. Олинган бирикманинг тузилиши ИҚ-спектр анализ асосида ўрганилди.

Глицерин, ортофосфат кислота ва карбамиддан (ГПТК-2) коррозия ингибиторининг синтези. Глицерин ва ортофосфат кислота эритмаларидан 0,1 ва 0,2 молдан олиб биров муддат қиздирилади устидан 0,2 мол карбамид қўшамиз реакция ҳажми 400 мл бўлган идишда амалга оширилади, аралаштиргич ёрдамида бир жинсли аралашма ҳосил бўлгунча реакция температураси 135-145 °С ҳароратда давом эттирилади. Бир муддатдан кейин оқ рангли модда (ГПТК-2) ҳосил бўлади. Олинган органик модда хона ҳароратига қадар совутилганда юмшоқ ёпишқоқ масса бўлиб қолади.

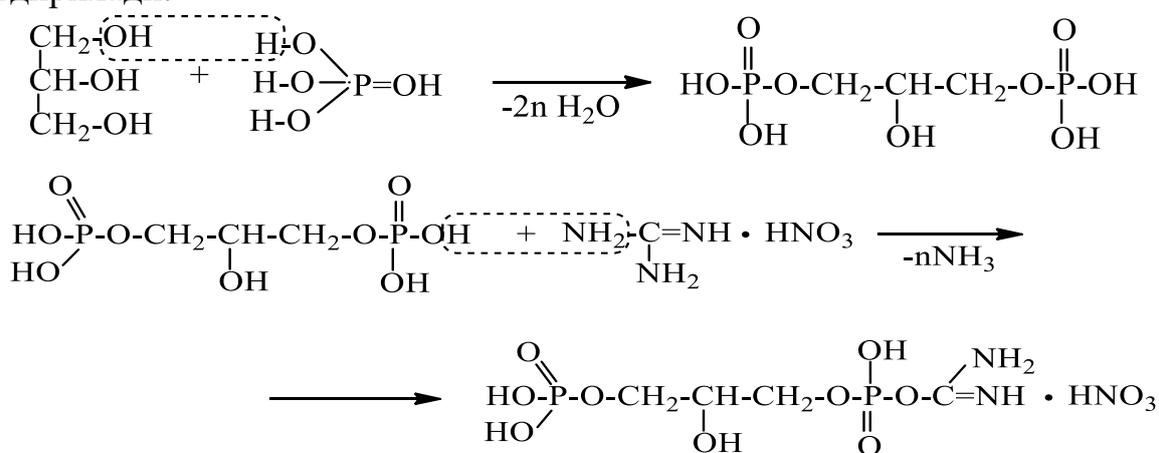




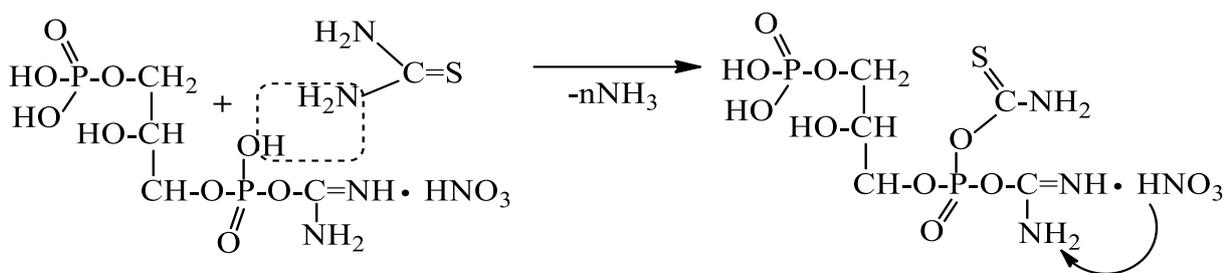
ГПТК-2 ингибиторининг даслабки реакцияда 0,2 мол карбамид кўшилди, бунга сабаб ҳосил бўлган ингибиторнинг кучли кислотали муҳит ҳосил қилиб ингибиторлик хоссасини камайтирмаслик учун олинган бирикманинг тузилиши ИҚ-спектр анализ асосида ўрганилди. Коррозия ингибиторининг муҳити рН= 6,5-7,5 ни ташкил этади.

Ортофосфат кислота, дициандиаמיד, глицерин ва карбамидан органик коррозия ингибитори (ФКДИГК-3) синтези. 200 см³ ҳажмли аралаштиргич билан жиҳозланган идишга 19,6 г ортофосфат кислота 9,2 г глицерин ва 8,4 г дициандиаמיד солиб қиздирилади. Солинган моддалар суюқланиб бир хил аралашма ҳосил қилганда 6 г карбамид кўшилади. Кимёвий жараёнда газлар ажралиб чиқиши тўхтагунча (1,5 соат, 160 °С) қиздирилади. Совутилганда реакция маҳсулоти юмшоқ ёпишқоқ оқ рангдаги масса бўлиб қолади, коррозия ингибиторининг муҳити рН=7,5 га тенг. Олинган бирикманинг тузилиши ИҚ-спектр анализ асосида ўрганилди.

Фосфат кислота, глицерин, гуанидин нитрат ва тиокарбамид асосидаги (ФКГ2Т-4) органик коррозия ингибиторининг синтези. 200 см³ ҳажмли аралаштиргич билан жиҳозланган идишга 19,6 г ортофосфат кислота ва 9,2 г глицерин солиб бироз муддат қиздирилади устидан эса 12,2 г гуанидин нитрат кўшилади. Моддалар суюқланиб бир хил аралашма ҳосил бўлгунча қиздирилди ва 7,6 г тиокарбамид жараёнга кўшилади. Кейин аралашма газларининг ажралиб чиқиши тўхтагунча (1,5 соат, 150 °С) қиздирилади.



Ингибитор модда хона ҳароратигача совутилганда маҳсулот юмшоқ сариқ рангли бўлиб қолади. Коррозия ингибиторида муҳит рН=7,5 га тенг. Олинган бирикманинг тузилиши ИҚ-спектр анализ асосида ўрганилди.



Диссертациянинг «Азот, фосфор, кислород, олтингугурт сақловчи ингибиторларнинг самарадорлик натижалари ва уларнинг муҳокамаси» деб номланган учинчи бобида синтез қилинган органик бирикмаларнинг тузилиши, ингибиторлик хоссалари, ингибиторларнинг электрохимёвий ва гравиметрик тадқиқотлар натижалари муҳокама қилинади.

Тажиба учун батафсил тавсифланган қўлланмалардан фойдаланилган. Ишда саноат суви коррозия воситаси бўлиб хизмат қилди. Кимёвий таркиби бўйича у ўртача даражадаги қаттиқ сувдир. Коррозия тадқиқотини гравиметрик усул билан ГОСТ 9.506-87 бўйича, ҳарорат 25-50 °С, Ст-20 металл намуналарини ўлчамлари 10x18x1 мм пластинкаларда ўрганилди.

Тадқиқотларда ишчи эритмалар сифатида 1М НСl кислотанинг (рН=4,56) бўлган (Соф-1), 250 мг/л NaCl бўлган нейтрал тузли (Соф-2) ва градерний суви бўлган (рН=4,5) (Соф-3) эритмаларида олиб борилди. Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, органик ингибиторнинг концентрация ва ҳароратга қараб коррозия тезлиги ва ингибиторнинг самарадорлиги турлича ўзгаради (1-жадвал).

1-жадвал

Ингибиторларнинг 298 К ҳароратдаги Соф-1, Соф-2 ва Соф-3 эритмалардаги самарадорлик қийматлари.

Ингибитор	Ингибитор микдори мг/л	Вақт (соат)	Соф-1		Соф-2		Соф-3	
			$K_{g/m^2 \cdot s}$	Z%	$K_{g/m^2 \cdot s}$	Z%	$K_{g/m^2 \cdot s}$	Z%
ФКГ2К-1	25	4	0,62	84,41	1,78	86,89	0,86	88,85
	50	6	0,86	88,67	0,98	88,78	0,89	90,78
	75	8	0,89	90,43	0,94	90,68	0,82	91,45
	100	10	0,95	92,56	0,92	91,75	0,85	92,89
ГПТК-2	25	4	0,76	86,34	1,84	88,56	0,87	90,46
	50	6	0,82	89,58	0,96	89,85	0,92	92,87
	75	8	0,87	92,78	0,95	90,86	0,86	93,67
	100	10	0,94	93,64	0,93	92,68	0,88	94,68
ФКДИГК-3	25	4	0,68	88,45	1,88	89,55	0,85	92,38
	50	6	0,84	91,75	0,97	90,78	0,87	93,66
	75	8	0,88	93,32	0,95	92,89	0,84	94,79
	100	10	0,96	94,68	0,93	94,88	0,82	95,87
ФКГ2Т-4	25	4	0,79	89,56	1,54	90,48	0,84	93,56
	50	6	0,87	92,68	0,94	92,87	0,86	94,78
	75	8	0,89	94,79	0,96	94,59	0,89	95,86
	100	10	0,98	96,89	0,95	95,68	0,85	96,78

Ушбу органик коррозия ингибиторларнинг таъсир механизми асосан маталлнинг химояланган юзасида, майда заррали молекулалар иштирокида, барқарор химоя қавати ҳосил қилиши аниқланди. 1-жадвалдаги маълумотлардан кўриниб турибдики, концентрациясининг ортиши билан химоялаш даражаси ортиб борди. Натижалар асосида шу нарсани айтиш мумкинки ФКДИГК-3 ва ФКГ2Т-4 ингибиторларнинг ингибирлаш хусусияти агрессив муҳитли Соф-2 ва Соф-3 ишчи эритмаларда қўлланиши бўйича нисбатан юқори эканлиги аниқланди.

Органик коррозия ингибиторларнинг агрессив муҳитларда, ҳарорат $T=298$ К, 100 мг/л концентрацияда, гравиметрик усулда бажарилган тадқиқотларда аниқланган тормозлаш коэффициенти (γ) ва химоялаш даражаси (Z) нинг қийматларига асосланиб, Ст-20 металл намунасининг коррозиядан химоялаш самарадорлиги (2-жадвал)да келтирилган.

2-жадвал

Турли вақт ва агрессив муҳитларда ингибиторларнинг тормозланиш ва химояланиш қийматлари.

	W, г/(см ² ·соат)	γ	Z, %	W, г/(см ² ·соат)	γ	Z, %
	120 соат			240 соат		
<i>Соф-1</i>	1,242	-	-	1,231	-	-
ФКГ2К-1	0,225	5,87	82,87	0,201	6,73	84,92
ГПТК-2	0,163	7,25	85,28	0,164	8,05	86,24
ФКДИГК-3	0,136	8,65	88,78	0,128	10,32	90,12
ФКГ2Т-4	0,124	11,29	92,18	0,087	13,53	94,53
<i>Соф-2</i>	1,118	-	-	1,104	-	-
ФКГ2К-1	0,138	8,34	87,27	0,128	8,36	89,87
ГПТК-2	0,132	9,16	89,17	0,108	10,23	91,35
ФКДИГК-3	0,108	10,76	90,68	0,096	10,83	91,62
ФКГ2Т-4	0,050	18,36	94,56	0,051	20,32	95,39
<i>Соф-3</i>	1,106	-	-	1,102	-	-
ФКГ2К-1	0,125	8,45	88,72	0,116	7,63	89,78
ГПТК-2	0,122	8,36	89,65	0,102	9,32	92,53
ФКДИГК-3	0,105	10,67	91,86	0,069	10,48	93,26
ФКГ2Т-4	0,042	17,63	94,65	0,043	19,23	96,67

Тадқиқотлар натижаларига кўра, турли хил агрессив муҳитли ишчи эритмаларда ФКГ2Т-4 ингибиторнинг мақбул миқдори 100 мг ни ташкил қилганда, тормозлаш коэффициенти 19,23 ни ва химоя қилиш самарадорлиги эса ўртача 96,67% ни ташкил этди.

ФКГ2Т-4 ингибиторнинг таъсир механизми ҳақида тўлиқроқ маълумот олиш мақсадида 298 К дан 323 К гача бўлган ҳарорат ораликларида ингибиторларнинг турли концентрацияларида гравиметрик тадқиқотлар олиб борилди. Бунинг натижасида ФКГ2Т-4 органик коррозия ингибиторининг химоялаш самарадорлик даражасининг ҳароратга боғлиқлиги (3-жадвал) ўрганилди.

Температуранинг ортиши билан химоялаш самарадорлигининг ортиши, ингибиторнинг пўлат сиртида, кимёвий адсорбция содир бўлаётганлигини

англатади. Ҳароратнинг мос равишда, ортиб бориши билан ҳимоялаш самарадорлигининг нисбатан камроқ ортиши эса, ингибирлаш жараёнида кимёвий адсорбция билан бир қаторда, физикавий адсорбция ҳам бораётган эканлигини англатади. Бир вақтнинг ўзида ҳам кимёвий ҳам физикавий адсорбция жараёнининг кузатилиши, органик ингибиторларнинг аралаш кўринишда таъсир кўрсатишини билдиради. Бу тажрибамиздан ФКГ2Т-4 органик коррозия ингибитори 323 К ҳароратда, 100 мг/л концентрациясида 94,36 % максимал ҳимоялаш самарадорлик даражасини намоён қилди.

3-жадвал

Турли ҳарорат ва концентрация оралиқларида ФКГ2Т-4 ингибиторининг Соф-3 ишчи эритмадаги ҳимоялаш самарадорлиги.

Ингибитор	T, (K)	C, (мг/л)	W, г/(см ² ·соат)	γ	Z, %	θ
ФКГ2Т-4	298	-	1,32	-	-	-
		25	0,292	4,12	76,01	0,7601
		50	0,228	5,28	81,23	0,8123
		75	0,139	8,35	88,45	0,8845
		100	0,108	11,86	91,67	0,9167
	303	-	1,46	-	-	-
		25	0,351	4,25	78,61	0,7861
		50	0,262	5,73	83,45	0,8345
		75	0,158	9,42	88,76	0,8876
		100	0,115	13,32	92,45	0,9245
	313	-	1,75	-	-	-
		25	0,389	4,34	76,26	0,7626
		50	0,286	5,89	82,45	0,8245
		75	0,172	9,72	90,72	0,9072
		100	0,117	14,21	93,67	0,9367
	323	-	1,95	-	-	-
		25	0,429	4,41	76,34	0,7634
		50	0,312	6,06	84,63	0,8463
		75	0,186	9,83	88,86	0,8886
		100	0,125	14,61	94,36	0,9436

Энг юқори коррозия ҳимоялаш хоссасига эга бўлган ФКГ2Т-4 ингибитор хориждан келтириладиган ингибитор PuRO-Tech^R iChem 1011-A билан ингибитори билан Соф-3 ишчи эритмада ҳимоялаш самарадорлиги таққослаб кўрилди (4-жадвал). Импорт қилиб олиб келинадиган ингибиторига нисбатан ҳимоялаш хоссаси юқори эканлигини тажриба натижасида аниқланди.

Ингибитор таъсир механизмини, чуқурроқ ўрганишда термодинамик таҳлиллар, таснифлашнинг муҳим усуллари билан бири ҳисобланади. Бунинг учун E_a зоҳирий активланиш энергиясини таққослаш орқали аниқланиши мумкин. Активланиш параметрлари, E_a энталпия активлиги, (ΔH_a) ва энтропия активлиги, (ΔS_a) Ст-20 металлининг Соф-3 ишчи эритма таркибидаги ФКГ2Т-4 ингибиторини турли хил концентрацияларда, ингибитор ва ингибиторсиз шароитда, ҳарорат (25-50 °C) бўлганда коррозия

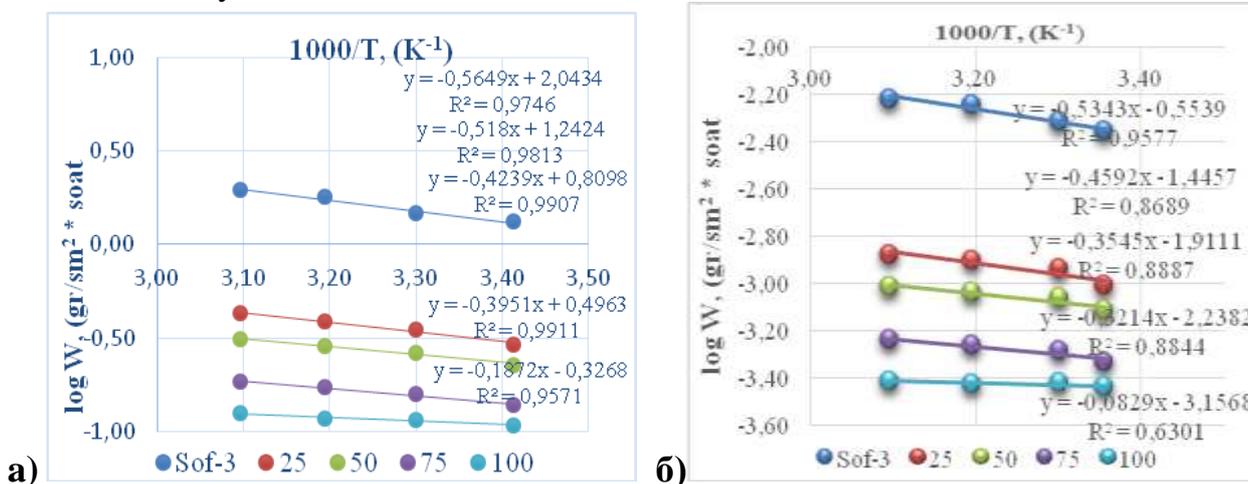
жараёнлари ўртасидаги боғлиқликни Аррениус тенгламасига қўйиш орқали орқали таҳлил қилинди.

4-жадвал

303 К 120 соатда Соф-3 ишчи эритмада ФКГ2Т-4 ва PuRo-Tech^R 1011А коррозия ингибиторлар устида синов ўтказиш.

Намуна номи	Миқдори (мг)	Эритма ҳажми (мл)	Масса айирмаси	Химоя даражаси, %
		Соф-3		
PuRO-Tech ^R iChem 1011 A	25	1000	0,0073	83,5
	50	1000	0,0069	85,7
	75	1000	0,006	87,6
	100	1000	0,0056	92,5
	25	1000	0,0056	87,8
ФКГ2Т-4	50	1000	0,005	90,7
	75	1000	0,0047	92,6
	100	1000	0,0032	96,5

Биринчи (а) ва (б) расмлардаги графикларни, турли концентрациялар ва ҳароратда олинган коррозия тезликлари орқали тўғри чизиқли $\log W_{\text{Graw}}/1000/T$ га боғлиқлик графиги чизиб, чизиқнинг оғиш бурчаги тангенсини топилади. Ушбу маълумотлардан Аррениус тенгламалари ва ўтиш ҳолати $\text{tg}\alpha$ активланиш энергияси билан қуйидагича боғланган: $\text{tg}\alpha = -E_a/2,303 \cdot R$. $\log W_{\text{Graw}}/T$ нинг $1000/T$ га боғлиқлик эгрилари чизиб, графикнинг қиялик бурчак тангенсини орқали ($\text{tg}\alpha = -\Delta H_a/2,303 \cdot R$) активланиш энталпияси, ордината ўқи билан кесишиш нуқтасидан $[\log = \frac{R}{Nh} + (\frac{\Delta S_a}{2.303 \cdot R})]$ активланиш энтропиясини ҳисоблаш мумкин.



1-расм. ФКГ2Т-4 ингибитори учун термодинамик тадқиқотлар асосида олинган активланиш энергияси учун Аррениус (а) ва ўтиш ҳолат графиги (б).

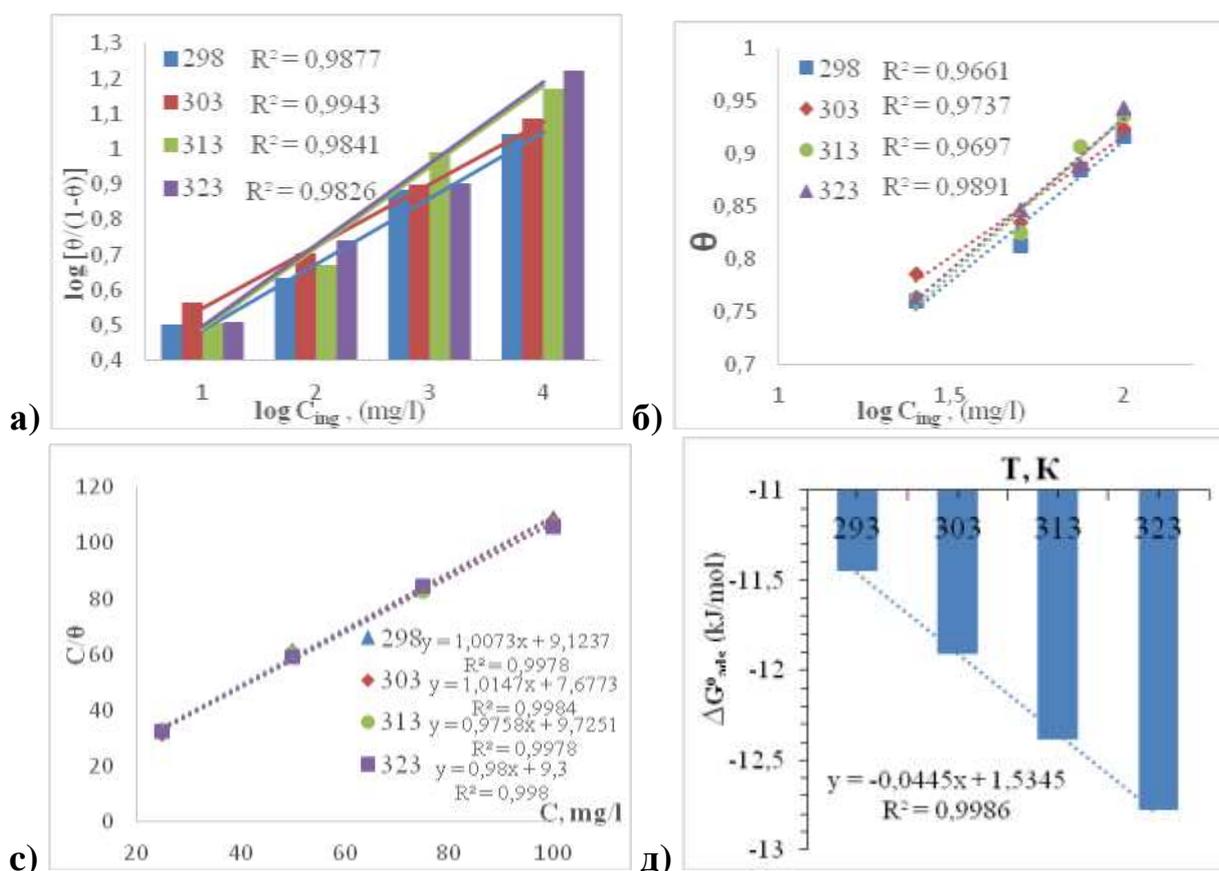
Одатда активланиш энталпия қиймати, мусбат қийматларни қабул қилади. Ингибиторсиз муҳитда, мусбат қиймат катта бўлади, ингибитор киритилгач эса мусбат қиймат камайиши кузатилди. Бу эса ингибиторсиз коррозион муҳитнинг активланиши учун ингибиторли муҳитга қараганда, кўпроқ энергия кераклигини англатади (5-жадвал).

**ФКГ2Т-4 иштирокида Соф-3 ишчи эритмадаги активланиш
жараёни учун термодинамик таҳлил натижалари.**

$C_{инг}$ (мг/л)	Соф-3	25 мг/л	50 мг/л	75 мг/л	100 мг/л
E_a (кЖ/мол)	39,40	8,16	5,02	2,81	0,96
ΔH (кЖ/мол)	134,03	28,72	17,23	9,57	3,83
ΔS (мол К)	346,20	-82,70	-124,82	-155,45	-178,43

Системага ингибитор киритилгач, фаолланиш энтальпиясининг камайиши аниқланди. Ингибиторсиз муҳитда активланиш энтропиясининг қиймати, мусбат бўлиши коррозия жараёнининг ўз-ўзича бориши мумкинлигини аниқлатса, ингибитор киритилгач, актив марказларни камайтириши ҳисобига пўлат юзасида коррозия секинлашади, шу сабабли энтропия манфий қийматларни қабул қилишини, тажрибалар давомида кўришимиз мумкин.

Ўзининг юқори самарадорлигини намоён этган ФКГ2Т-4 ингибиторнинг пўлат сиртига, адсорбцияланиш механизми ҳақида, тўлиқ маълумот олиш учун турли ҳарорат ва концентрацияларда Фрумкин, Тёмкин ва Ленгмюр изотерма тенгламалар ёрдамида аниқланди.



2-расм. ФКГ2Т-4 нинг металл сиртига Фрумкин (а), Тёмкин (б) Ленгмюр (с) адсорбция изотермалари ва Эллингем (д) диаграммаси.

Ленгмюр изотермасидаги $C_{инг}$ ва $C_{инг}/\theta_{инг}$ боғлиқлигидан ва $K_{адс}$ адсорбцион мувозанат константаси қийматидан фойдаланиб, 25-50 °С температура оралиғида, адсорбцион жараённинг стандарт Гиббс энергияси $\Delta G_{адс}^{\circ}$ аниқланди: $\Delta G_{адс}^{\circ} = -RT \ln(1000/K_{адс})$ (9).

Бу ерда 1000 – эритмадаги сувнинг миқдори (г/л).

Стандарт Гиббс энергиясининг температурага боғлиқлик графиги (Эллингем диаграммаси) олинди (2д-расм).

$$\Delta G^{\circ}_{\text{адс}} = \Delta H^{\circ}_{\text{адс}} - T\Delta S^{\circ}_{\text{адс}} \quad (10) \text{ тенглама ёрдамида}$$

$$\ln K_{\text{адс}} = \frac{-\Delta H^{\circ}_{\text{адс}}}{RT} + \frac{-\Delta S^{\circ}_{\text{адс}}}{RT} + \frac{1}{1000} \quad (11) \text{ нинг қийматлари топилди.}$$

Ленгмюр изотермасига асосланган ҳолда шуни айтишимиз мумкинки, жараён мономолекуляр адсорбция назариясига мувофиқ, пўлат юзаси ва ингибитор ўртасидаги ўзаро таъсирлашув механизми ҳақида кўпроқ маълумот олиш имконини беради. Ҳисоблашлар орқали Гиббс энергияси қиймати манфий бўлиши аниқланди, бу жараённинг ўз-ўзидан борганини кўрсатади.

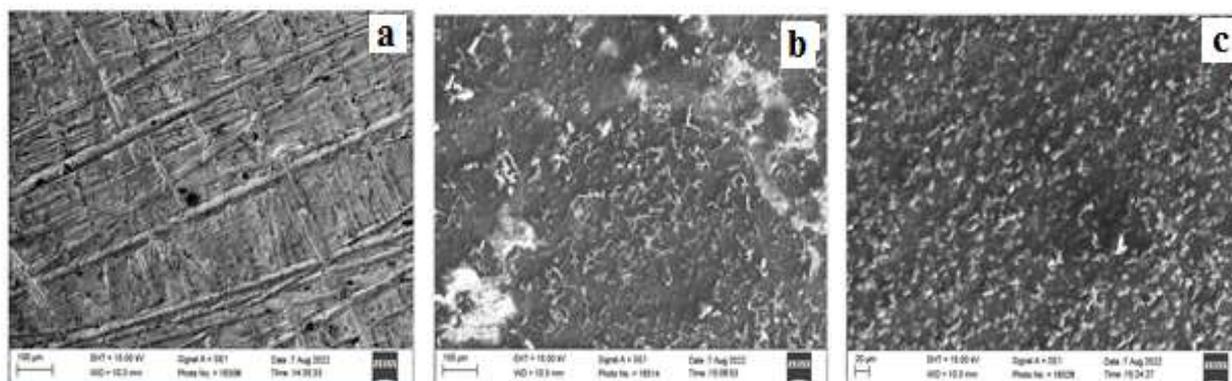
Пўлат юзасининг сув билан таъсирлашиш тезлигига нисбатан ингибитор молекулалари билан таъсирлашиб комплекс ҳосил қилиш эҳтимоли катталиги сабабли тартибсизлик ортади. Шунинг учун адсорбция энтропияси мусбат қийматга эга (6-жадвал).

6-жадвал

ФКГ2Т-4 органик ингибиторнинг Соф-3 ишчи эритмадаги адсорбция жараёнининг термодинамик параметрлари.

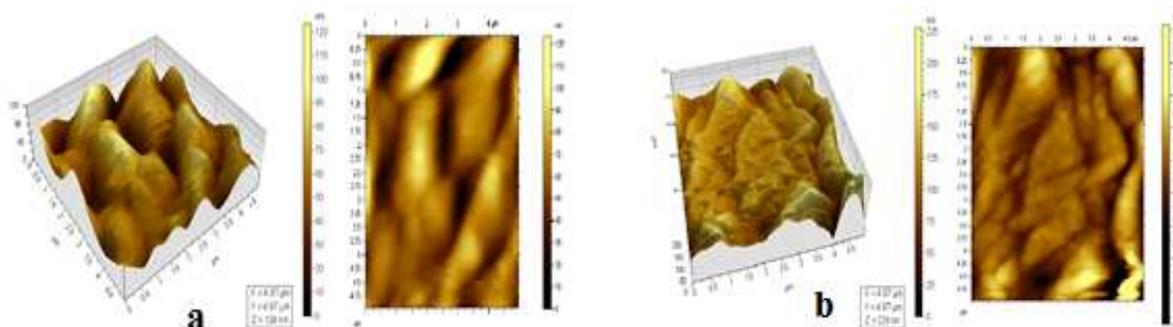
Т, К	$K_{\text{адс}}$	R^2	$\Delta G^{\circ}_{\text{адс}}$	$\Delta H^{\circ}_{\text{адс}}$, кЖ/МОЛ	$\Delta S^{\circ}_{\text{адс}}$, кЖ/МОЛ
298	0,1096	0,9998	-11,44	1,59	0,0456
303	0,1302		-12,26		
313	0,1028		-12,05		
323	0,108		-12,56		

Ингибиторларнинг металл юзасида ҳосил қилувчи юпқа ҳимоя қаватининг тузилишини сканерловчи электрон микроскопда олинган СЕМ микрофотография анализи ёрдамида ўрганилди (3-расм).



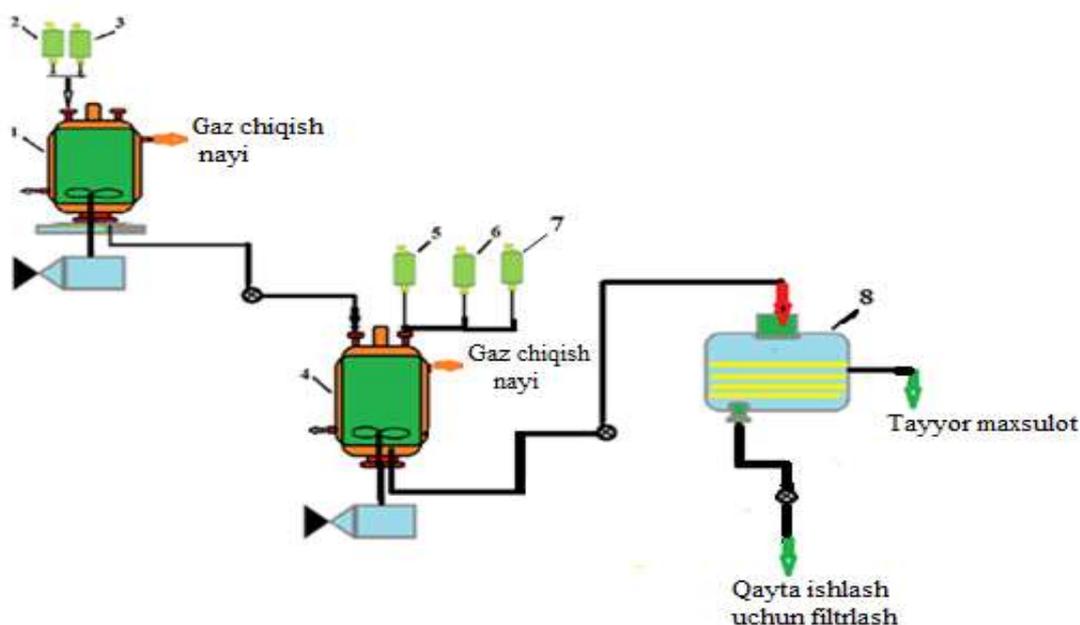
3-расм. Металл сиртининг дастлабки (а), коррозия учраган (б) ва органик ингибитор билан ингибирланган СЕМ-микрофотографиялари.

Атом куч микроскопи (АКМ) ёрдамида ҳосил бўлган ҳимоя қаватининг тузилиш морфологияси (4-расм) да ўрганилди.



4-расм. Дастлабки (а) ва органик ингибитор билан ингибирланган (б) металл юзасининг АКМ-микрофотографиялари.

ФКГ2Т-4 маркали органик коррозия ингибиторини синтез қилиш жараёни қуйидагича амалга оширилади. Биринчи навбатда, 1-реакторга ортофосфат кислота ва глицерин солиб аралаштиргич ёрдамида яхшилаб аралаштирган ҳолда 120 °С ҳароратда бир хил аралашма ҳосил бўлгунча қиздирилади. Реакция натижасида 1-реакторда ҳосил бўлган маҳсулот насос ёрдамида 4-реакторга юборилади. Аралаштирган ҳолда устидан гуанидин нитрат, 5-идиш орқали қўшамиз.



5–расм. ФКГ2Т-4 маркали органик коррозия ингибиторини ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси

1. Моддаларни аралаштириш учун реактор; 2. Ортофосфат кислотаси учун идиш; 3. Глицерин учун идиш; 4. Органик коррозия ингибиторини синтезловчи реактор; 5. Гуанидин нитрат учун идиш; 6. Тиокарбамид учун идиш; 7. Этил спитр учун идиш; 8. Тайёр маҳсулот ва уни филтрлаш учун идиш.

Бироз вақтдан кейин эса худди шундай 6-идиш орқали етарли миқдорда тиокарбамид қўшилади, аралашма бир хил масса ҳосил бўлгунча (40 минут, 120 °С) ҳароратда қиздирилади. Кейин аралашмадаги газлар ажралиб чиқиши тўлиқ тўхтагунча (1,5 соат, 135 °С) ҳароратда қиздириб

турилади, ҳосил бўлган маҳсулотга этил спирт (7) қўшиб реакция маҳсулоти 30 °С га қадар совутилади. Реакцион масса хона ҳароратига қадар совутилгандан кейин филтрлаш ва тайёр маҳсулотни ажратиш учун 8-идишга насос ёрдамида юборилади бу ерда филтрлаб олинган спиртни системага қайтариш учун идишга қуйиб олинади, тайёр маҳсулот эса махсус идишларга қуйиб олинади ва омборхонага жўнатилади. Ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси 5-расмда келтирилди.

ХУЛОСА

1. Ортофосфат кислота, глицерин, гуанидин нитрат, карбамид ва тиокарбамид асосида, таркибида N, P, O ва S бўлган янги органик коррозия ингибиторлари яратилди ва олиш технологияси ишлаб чиқилди.

2. Олинган органик коррозия ингибиторларнинг унумига турли омилларнинг таъсири, коррозия тезлиги, ҳимоялаш даражаси, тормозлаш коэффициенти, адсорбция жараёндаги мувозанат константаси замонавий тадқиқот усуллари ёрдамида аниқланди.

3. Ишчи эритмаларда ва сувни ёпиқ циклда қайта айлантириб совутиш системаларида, синтезланган органик ингибиторлардан фойдаланилганда уларнинг самарадорлиги 94,36 % эканлиги аниқланди.

4. Соф ишчи эритмаларда ва сувли айланма совутиш системаларида синтез қилинган ингибиторлар қўлланилганда юқори ҳимоялаш даражасини сақлаб қолади ва ишлаб чиқаришда ишлатиладиган PuRO-Tech^R iChem 1011 A коррозия ингибиторидан гуанидин асосли ФКГ2Т-4 органик ингибитори самаралироқ эканлиги кўрсатилган.

5. Синтезлаб олинган ФКГ2Т-4 ва ФҚДИГК-3 органик ингибиторлари пўлатдан ясалган ускуналарни сувли айланма совутиш системалар ва коррозия агрессивлиги юқори бўлган сувлар учун коррозия ингибиторлар сифатида тавсия этилган.

6. Тадқиқотлар натижасида фосфат кислотаси, глицерин, гуанидин нитрати карбамид ва тиокарбамид асосида синтез қилинган коррозия ингибиторлари “Муборак газни қайта ишлаш заводи” МЧЖ нинг сув айланма совутиш системаларида татбиқ қилинган. PuRO-Tech^R iChem 1011 A саноат коррозия ингибиторини гуанидин асосидаги ФКГ2Т-4 органик коррозия ингибиторига алмаштирилганда 1т маҳсулотдан олинандиган соф иқтисодий фойда 3 223 001 сўмни ташкил қилиши кўрсатиб берилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.16/30.12. 2019.К/Т.87.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ ХИМИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ**

**ТАШКЕНТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

ШАРИПОВ БЕГМУРОД ШАРОПОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ИНГИБИТОРОВ
КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ ГУАНИДИНА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ**

02.00.14–Технология органических веществ и материалы на их основе

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

Ташкент–2023

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день коррозия металлов, в том числе разработка высокоэффективных ингибиторов, защищающих стальные конструкции от коррозии является актуальной проблемой в мире. В быстро индустриализирующихся странах растет потребность в использовании эффективных ингибиторах металлопродукции, применяемых в кислых и соленых средах. Для устранения коррозионного процесса важен анализ и применение ингибиторных свойств в результате изучения механизма влияния состава, количества, температуры и характера агрессивной среды на уровень защиты ингибиторов.

На сегодняшний день, в мире ведутся научно-исследовательские работы по синтезу водорастворимых экологически чистых органических ингибиторов коррозии с высокой эффективностью даже при малых концентрациях для предотвращения коррозии. В связи с этим особое внимание уделяется процессам синтеза органических ингибиторов на сырьевой основе и синтез органических ингибирующих соединений из глицерина, ортофосфорной кислоты, нитрата гуанидина, производных мочевины и тиомочевины с π -связями, содержащих азот, фосфор, кислород и серу и определению их физико-химических свойств.

Достигнут ряд научных и практических результатов в модернизации химической промышленности нашей республики, переводе производственных предприятий на местные сырьевые базы, производстве и применении импортозамещающих органических ингибиторов коррозии. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи по «освоению производства принципиально новых видов продукции и технологий, обеспечивающих конкурентоспособность национальных товаров на внутреннем и внешнем рынках».¹ В связи с этим в химической промышленности важное значение имеет совершенствование механизмов и технологий защиты на основе ингибиторов коррозии, содержащих N, P, O, S, защищающих металлические изделия от коррозии, и внедрение их в практику.

Данное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О новой стратегии развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы», № УП-6244 от 9 июня 2021 года «О дополнительных мерах по повышению промышленного потенциала регионов». Результаты исследования данной диссертации служат в определенной степени реализации задач, определенных в постановлении и указах от 12 августа 2020 года № ПП-4805 «О мерах по повышению качества непрерывного образования и результативности науки по направлениям

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП №4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

химия и биология», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. Научные исследования по получению органических ингибиторов, предотвращающих коррозию металлов из производных гуанидина велись учеными И. Л. Федущкин, В.П. Анаников, D.B. Eremin, Э.Г. Гордеев, И.П. Белетская, А.Д. Аверин, М.Н. Бочкарев, А.А. Трифонов, U.M. Dzhemilev, И.Л. Розенфелд, М.А. Quraishi, W.W. Frenier, С.М. Решетник, В.П. Батракова, П.С. Фахретдинов, В.И. Вигдорович, Н.В. Шел, Oguzie E.E, Hussain M. S, Jakeria M.R, Fazal M.A, Haseeb A, Khan R, Oyekunle D.T, Somers A.E, Hinton B.R, Bruin-dickason C.De, А.А. Анисимов, А.В. Arzumanyan, Ю.Н. Кононевич, М. Н. Темников, О. G. Sinyashin, Yu.H. Budnikova, А.Р. Бурилов, А.А. Карасик, В.Ф. Миронов, Р.А. Storozhenko, G.I. Shcherbakova, Б.А. Трофимов и др.

В странах СНГ ученые, как Ю.И. Кузнецов, С.М. Решетников, А.Г. Акимов, Я.М. Колотыркин, В.П. Батракова, П.С. Фахретдинов, В.И. Вигдорович, Н.В. Шель, Л.Е. Цыганкова, М. Хани, С.Н. Степин, О.П. Кузнецова, А.В. Вахин, П.В. Стрекалов продолжают проводить фундаментальные исследования по созданию полифункциональных ингибиторов и изучению механизмов их действия.

Основные исследования по разработке технологии ингибиторов коррозии и защитных материалов направлены на получение органических ингибиторов для повышения эффективности металлоконструкций и производства строительных материалов. Они заключаются в решении общей задачи увеличения срока службы металлических и стальных конструкций, повышении их эксплуатационных характеристик, дальнейшем повышении качества металлических устройств в промышленности.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ в ООО Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии в рамках хоздоговора № 12/06 «Разработка и применение новых эффективных олигомерных ингибиторов коррозии на основе местного сырья» (2007 г.), и по гранту А12-005 «Создание и применение новых эффективных ингибиторов коррозии из местного сырья» (2015-2017 г.).

Целью исследования является разработка технологии получения высокоэффективных органических ингибиторов коррозии в кислых и соленых агрессивных средах на основе соединений, содержащих N, P, O и S.

Задачи исследования:

определение оптимальных условий получения органических ингибиторов коррозии, содержащих amino-, фосфатные и сернистые группы; исследование ингибирующих свойств функциональных групп в полученных органических ингибиторах коррозии;

проведение лабораторных экспериментальных испытаний, гравиметрических и электрохимических анализов для изучения коррозионной эффективности полученных органических ингибиторов;

определение скорости коррозии ингибиторов, уровня защиты и коэффициента ингибирования, зависимости от температуры, значения pH среды, концентрации и состава ингибиторов;

изучение морфологии поверхности сталей (до и после коррозии) методами СЭМ и атомно-силовой микроскопии;

разработка и внедрение технологии получения органических ингибиторов коррозии.

Объектами исследования являются нитрат гуанидина, мочевины, фосфорная кислота, глицерин и тиомочевинные вещества.

Предметом исследования является изучение приемлемых условий получения органических ингибиторов на основе веществ, содержащих amino-, фосфатные и сернистые группы, определение закономерностей изменения уровней защиты новых ингибиторов в зависимости от различных агрессивных сред, температуры и концентрации ингибитора.

Методы исследования. В диссертационной работе для изучения структуры и свойств полученных образцов использовались современные физические методы, такие как инфракрасная спектроскопия (ИК-спектроскопия), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), атомно-силовая микроскопия (АСМ), термогравиметрический анализ (ТГА), гравиметрический и электрохимический анализы для определения коррозии поверхности металла.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

получены органические ингибиторы коррозии нового состава на основе ортофосфорной кислоты, глицерина, нитрата гуанидина и тиомочевины и определены оптимальные условия проведения процесса;

определены функциональные группы в полученных органических ингибиторах коррозии и изучены их физико-химические свойства;

научно обосновано многофункциональные ингибирующие свойства органических ингибиторов;

путем анализа поверхностно-морфологических изменений металлов после коррозии доказано, что органические ингибиторы образуют защитное покрытие в результате адсорбции на поверхности стали с помощью донорно-акцепторных и ковалентных связей;

определено зависимость скорости коррозии, степени защиты и полного покрытия поверхности, коэффициента торможения от концентрации полученных органических ингибиторов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

получены органические ингибиторы коррозии нового состава, устойчивые к различным агрессивным средам, на основе ортофосфорной кислоты, глицерина, нитрата гуанидина и тиомочевины;

установлено, что физико-химические и ингибирующие свойства полученных органических ингибиторов коррозии зависят от мольного соотношения исходных материалов;

разработана технология применения полученных органических ингибиторов коррозии и определена экономическая эффективность;

синтезированные органические ингибиторы коррозии прошли испытания в различных агрессивных средах на производственных объектах, доказана эффективность ингибиторов в кислых и солевых средах.

Достоверность результатов исследования. При изучении органических соединений-ингибиторов получены обоснованные выводы и рекомендации, разработаны современные методы физического (гравиметрический, ИК-спектроскопия, элементный анализ, сканирующая электронная микроскопия и атомно-силовая микроскопия) и физико-химического исследования (термодинамический, кинетический и адсорбционный). Технологические методы приготовления ингибиторов апробированы в опытно-промышленных испытаниях и объясняются их совместимостью с производственной практикой.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований объясняется установлением эффективности полученных органических ингибиторов, их состава, допустимые пропорции и взаимозависимость их физико-химических свойств, а также научная основа безопасной технологии получения органических ингибиторов.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что органические ингибиторы защищают сталь от коррозии в различных агрессивных средах в кислой, солевых и оборотной водой в производственных отраслях, служат для обеспечения длительной эффективной работы металлоконструкций, а также снижения ущерба и убытки, вызванные коррозией металлоконструкций на промышленных и производственных предприятиях.

Внедрение результатов исследования. На основании научных результатов, полученных при разработке технологии получения ингибиторов коррозии металлов, на основе гуанидина и их применении:

технология получения синтезированного ингибитора коррозии включена в «Перечень перспективных разработок для внедрения в 2021-2025 годах» ООО «Мубаракский ГПЗ» (справка от 14 сентября 2022 г. ООО «Мубаракский ГПЗ» № 877/ГК-09). В результате удалось получить ингибиторы, устойчивые к агрессивным средам и обладающие высоким уровнем защиты металлоконструкций;

органические ингибиторы коррозии ФКГ2Т-4, ФКДИК-3, АТКА-2 и ФКГ2Т-1 с эффективностью более 91,78 % включены в «Перечень

перспективных разработок для внедрения в 2021-2025 годах» для защиты металлоконструкций в системах водооборота ООО «Мубаракский ГПЗ» (справка от 14 сентября 2022 г. ООО «Мубаракский ГПЗ» № 877/ГК-09). В результате появляется возможность замены ингибиторов, используемых при защите металлоконструкций в системах водооборота, на локальные ингибиторы коррозии с высокой эффективностью.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были представлены в виде доклада и обсуждены на 10 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 16 научных работ. Из них 7 научных статей, в том числе 5 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных результатов докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 105 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

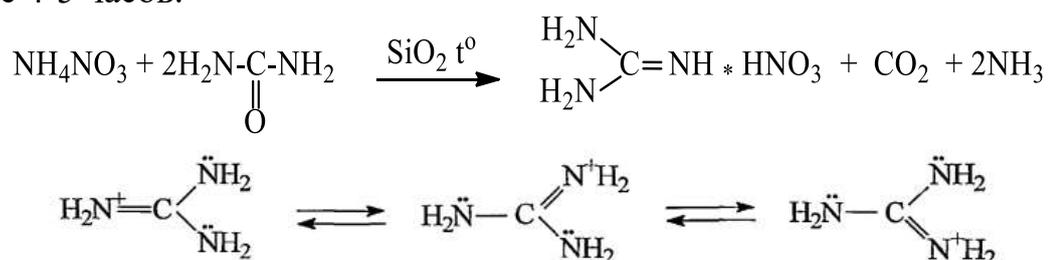
Во введении сформулированы актуальность и востребованность проведенной диссертационной работы, цель, задачи, предмет и объекты исследований, а также обосновано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, представлены сведения о внедрении, апробации результатов исследования и структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации «Перспективы синтеза производных гуанидина и их использование в качестве ингибиторов в агрессивных средах» показаны синтез производных гуанидина, получение и применение органических ингибиторов коррозии, содержащих N, P, O и S, а также анализируется их эффективность. Проведен анализ научных исследований по получению гуанидиновых ингибиторов коррозии различного индивидуального состава против различных агрессивных сред, а также органических ингибиторов, обладающих высокой защитной эффективностью даже при низких концентрациях, благодаря их многофункциональности и промышленному применению.

Во второй главе диссертации «Синтез и методы исследования гуанидинсодержащих ингибиторов коррозии» представлены синтез соединений, физико-химические свойства полученных соединений, молярное соотношение исходных материалов, температура и время выхода реакции. Также представлены результаты анализа новообразованных функциональных групп (ИК) в синтезированных соединениях спектроскопическим методом. Представлены составы рабочих (Соф) растворов и стальных пластинок,

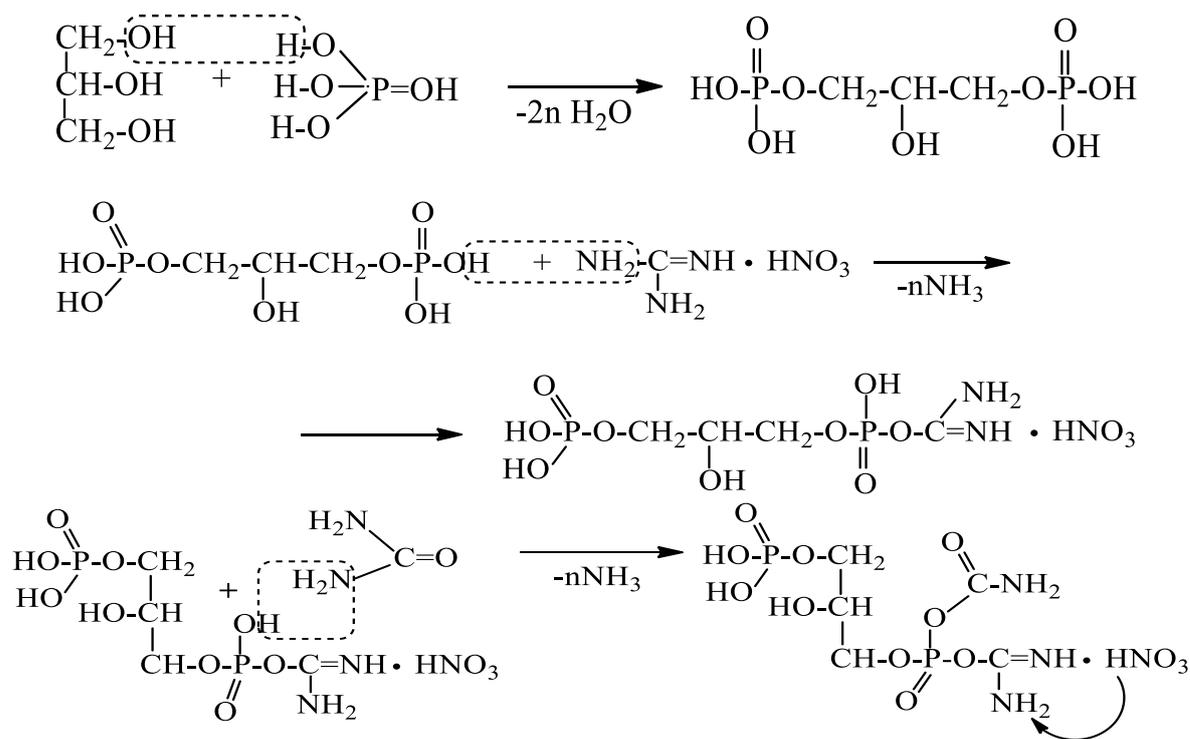
использованных в лабораторных экспериментальных процессах, анализы изучены с помощью электрохимических, гравиметрических, адсорбционных и термодинамических исследований.

Синтез нитрата гуанидина на основе нитрата аммония и мочевины. В круглодонную колбу объемом 1 л добавляют 60 г (1 моль) мочевины, 120 г (1,5 моля) нитрата аммония и 40 г (0,67 моля) оксида кремния (IV) и тщательно перемешивают. Колбу помещают в масляную или песочную баню, температуру которой медленно поднимают до 120°C, затем в процесс добавляют 60 г мочевины, через полчаса температуру бани повышают до 180°C, и выдерживают при этой температуре 3 часа. В течение первого часа кристаллы растворяются с образованием карбамата аммония и превращаются в прозрачную жидкость, затем вся масса начинает медленно затвердевать. Через 3 часа нагревания масляную или песчаную баню снимают, изделие охлаждают и полученную затвердевшую массу растворяют на кипящей водяной бане. При этом белый аморфный нерастворимый в растворе осадок аммелина и аммелида удаляют путём фильтрации его через вакуум-фильтр. Отфильтрованный раствор содержит нитрат гуанидина вместе с небольшими количествами нитрата аммония и очень небольшими количествами мочевины и нитрата бигуанидина. Отфильтрованный раствор разбавляют добавлением 1,8 л воды, 1/2 полученного раствора выпаривают и оставляют на бане с ледяной водой на 5-6 часов. Это связано с тем, что нитрат гуанидина начинает кристаллизоваться вскоре после понижения температуры, а после того, как кристаллизованный нитрат гуанидина полностью опустится на дно раствора, раствор фильтруют через вакуум-фильтр. Общий выход сырого нитрата гуанидина составляет 196-200 г (70-72%). Отфильтрованный нитрат гуанидина сушат в специальном сушильном шкафу при температуре 50-60°C в течение 4-5 часов.



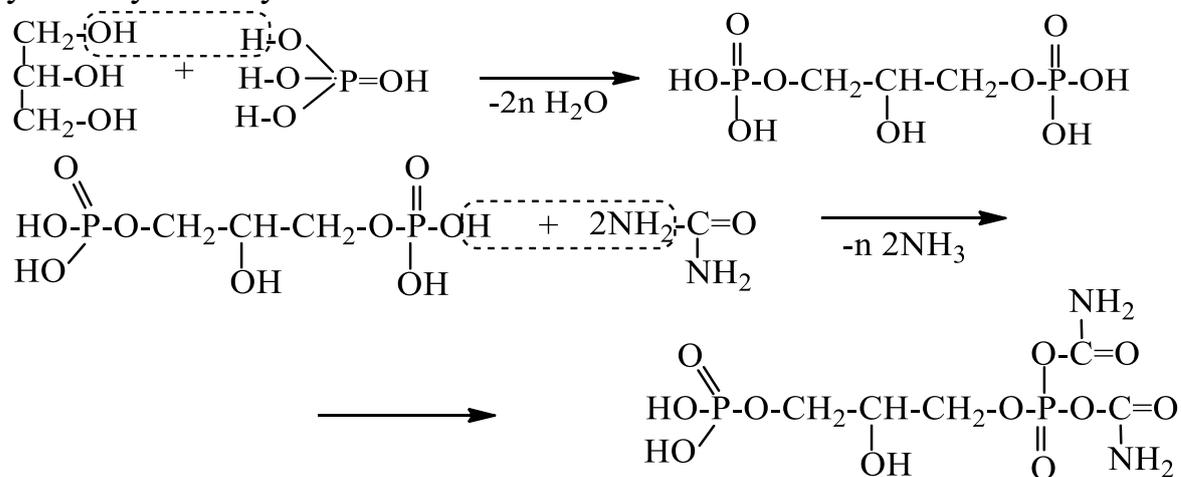
Для изучения свойств синтезированной нитратной соли гуанидина ее исследовали на основе термотермогравиметрического и ИК-анализа.

Синтез нового азот-фосфор-кислород содержащего (ФКГ2К-1) ингибитора коррозии. Для получения ингибитора коррозии в емкость, объемом 200 см³, снабженный мешалкой, помещают 9,2 г глицерина и 19,6 г ортофосфорной кислоты, нагревают некоторое время, затем добавляют 12,2 г нитрата гуанидина. Вещества нагревают до образования однородной смеси и при перемешивании добавляют 6 г мочевины. Продолжают процесс до полной дегазации (1,5 ч, 160°C) и получения белого твердого вещества, а рН ингибитора, при охлаждении до комнатной температуры, будет равен 7.



Если в ходе реакции количество глицерина, мочевины и фосфорной кислоты будет недостаточным или избыточным, произойдет следующее. Избыточное количество глицерина приводит к избыточному расходу мочевины и фосфорной кислоты, что вызывает некоторое снижение ингибирующего действия продукта. Структуру полученного соединения исследовали на основе анализа ИК-спектра.

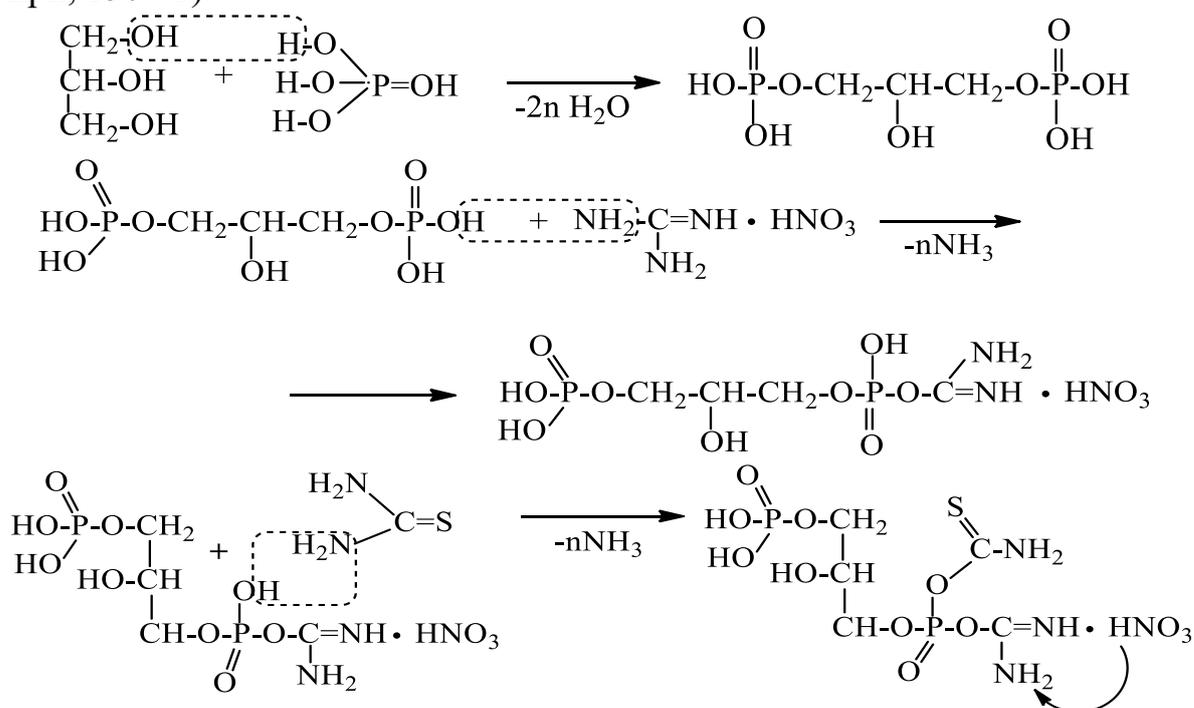
Синтез ингибитора коррозии из глицерина, ортофосфорной кислоты и мочевины (ГПТК-2). 0,1 и 0,2 моля растворов глицерина и ортофосфорной кислоты нагревают и добавляют 0,2 моль мочевины. Реакцию проводят в емкости объемом 400 мл. Температуру реакции удерживают при 135-145°C до образования однородной смеси с помощью мешалки. Через некоторое время образуется белое вещество (ГПТК-2). Полученное органическое вещество при охлаждении до комнатной температуры превращается в мягкую вязкую массу.



В исходную реакцию ингибитора ГПТК-2 добавляют 0,2 моля мочевины, чтобы не снижать ингибирующие свойства полученного ингибитора за счет создания сильноокислой среды. Строение полученного соединения изучали на основе ИК спектрального анализа. Среда ингибитора коррозии имеет рН= 6,5-7,5.

Синтез органического ингибитора коррозии из фосфорной кислоты, дициандиамида, глицерина и мочевины (ФКДИГК-3). В емкость объемом 200 см³, снабженном мешалкой, нагревают 19,6 г ортофосфорной кислоты, 9,2 г глицерина и 8,4 г дициандиамида. После того, как ингредиенты стали жидкими и образовали однородную смесь, добавляют 6 г мочевины. Химический процесс продолжается до прекращения выделения газов (1,5 часа, 160 °С). При охлаждении продукт реакции превращается в мягкую вязкую массу белого цвета, среда ингибитора коррозии имеет рН=7,5. Структуру полученного соединения исследовали на основе анализа ИК-спектра.

Синтез органического ингибитора коррозии на основе фосфорнокислого глицеролгуанидиннитрата тиомочевины (ФКГ2Т-4). В круглодонную многорную колбу вместимостью 200 см³, снабженную мешалкой, добавляют количество веществ, соответствующее количеству веществ, участвующих в синтезе ингибитора ФКГ2К-1. То есть количество веществ будет следующим: к 19,6 г (0,2 моля) ортофосфорной кислоты прибавляют 9,2 г (0,1 моль) глицерина, перемешивают и нагревают некоторое время, прибавляют к массе 12,2 г (0,1 моль) нитрата гуанидина. Добавляемые вещества нагревают до образования однородной смеси и при перемешивании добавляют 7,6 г (0,1 моль) тиомочевины. Затем смесь нагревают до окончания газовой выделения (1,5 часа при, 150 °С).



Когда ингибитор охлаждается до комнатной температуры, продукт приобретает нежно-желтый цвет. В ингибиторе коррозии среда имеет

pH=7,5. Структуру полученного соединения исследовали на основе анализа ИК-спектра.

В третьей главе диссертации «**Результаты эффективности ингибиторов коррозии из азота, фосфора, кислорода, серы и их обсуждение**» рассмотрены структура синтезированных органических соединений, ингибирующие свойства, результаты электрохимических и гравиметрических исследований ингибиторов.

Для эксперимента использовались подробные руководства. В работе коррозионным агентом служила техническая вода. По своему химическому составу это вода средней жесткости. Коррозионные исследования проводили гравиметрическим методом по ГОСТ 9.506-87 при температуре 25-50 °С на образцах металла Ст-20 размерами 10x18x1 мм.

Рабочими растворами в исследованиях были 1 М соляная кислота (pH=4,56) (Соф-1), нейтральный солевой раствор с 250 мг/л NaCl (Соф-2) и градерная вода (pH=4,5) (Соф-3). Результаты исследований показали, что скорость коррозии и эффективность ингибитора изменяются в зависимости от концентрации и температуры органического ингибитора (табл. 1).

Таблица 1
Показатели эффективности ингибиторов ФКГ2К-1, ГПТК-2, ФКДИГК-3 и ФКГ2Т-4 в растворах Соф-1, Соф-2 и Соф-3 при 298 К.

Ингибитор	Количество ингибитора мг/л	Время (час)	Соф-1		Соф-2		Соф-3	
			$K_{g/m^2 \cdot s}$	Z%	$K_{g/m^2 \cdot s}$	Z%	$K_{g/m^2 \cdot s}$	Z%
ФКГ2К-1	25	4	0,62	84,41	1,78	86,89	0,86	88,85
	50	6	0,86	88,67	0,98	88,78	0,89	90,78
	75	8	0,89	90,43	0,94	90,68	0,82	91,45
	100	10	0,95	92,56	0,92	91,75	0,85	92,89
ГПТК-2	25	4	0,76	86,34	1,84	88,56	0,87	90,46
	50	6	0,82	89,58	0,96	89,85	0,92	92,87
	75	8	0,87	92,78	0,95	90,86	0,86	93,67
	100	10	0,94	93,64	0,93	92,68	0,88	94,68
ФКДИГК-3	25	4	0,68	88,45	1,88	89,55	0,85	92,38
	50	6	0,84	91,75	0,97	90,78	0,87	93,66
	75	8	0,88	93,32	0,95	92,89	0,84	94,79
	100	10	0,96	94,68	0,93	94,88	0,82	95,87
ФКГ2Т-4	25	4	0,79	89,56	1,54	90,48	0,84	93,56
	50	6	0,87	92,68	0,94	92,87	0,86	94,78
	75	8	0,89	94,79	0,96	94,59	0,89	95,86
	100	10	0,98	96,89	0,95	95,68	0,85	96,78

Установлено, что механизм действия этих органических ингибиторов коррозии заключается в основном в образовании устойчивого защитного слоя на защищаемой поверхности металла с участием молекул малых частиц. Как видно из данных табл. 1, степень защиты увеличивалась с увеличением концентрации. На основании полученных результатов можно сказать, что

ингибирующие свойства ингибиторов ФКДИГК-3 и ФКГ2Т-4 относительно высоки при использовании в агрессивных средах рабочих растворов Соф-2 и Соф-3.

Исходя из значений коэффициента ингибирования (γ) и степени защиты (Z) органических ингибиторов коррозии в агрессивных средах, при температуре $T=298$ К, концентрации 100 мг/л, определенных гравиметрическим методом, была определена антикоррозионная эффективность Ст-20 (табл. 2).

Таблица 2

Ингибирующие и защитные свойства ингибиторов в агрессивных средах в разных промежутках времени.

	W, г/(см ² ·ч)	γ	Z, %	W, г/(см ² ·ч)	γ	Z, %
	120 часов			240 часов		
Соф-1	1,242	-	-	1,231	-	-
ФКГ2К-1	0,225	5,87	82,87	0,201	6,73	84,92
ГПТК-2	0,163	7,25	85,28	0,164	8,05	86,24
ФКДИГК-3	0,136	8,65	88,78	0,128	10,32	90,12
ФКГ2Т-4	0,124	11,29	92,18	0,087	13,53	94,53
Соф-2	1,118	-	-	1,104	-	-
ФКГ2К-1	0,138	8,34	87,27	0,128	8,36	89,87
ГПТК-2	0,132	9,16	89,17	0,108	10,23	91,35
ФКДИГК-3	0,108	10,76	90,68	0,096	10,83	91,62
ФКГ2Т-4	0,050	18,36	94,56	0,051	20,32	95,39
Соф-3	1,106	-	-	1,102	-	-
ФКГ2К-1	0,125	8,45	88,72	0,116	7,63	89,78
ГПТК-2	0,122	8,36	89,65	0,102	9,32	92,53
ФКДИГК-3	0,105	10,67	91,86	0,069	10,48	93,26
ФКГ2Т-4	0,042	17,63	94,65	0,043	19,23	96,67

По результатам исследований при оптимальном количестве ингибитора ФКГ2Т-4 100 мг в рабочих растворах с различными агрессивными средами коэффициент ингибирования составляет 19,23, а эффективность защиты составляет в среднем 96,67%.

Для получения более подробной информации о механизме действия ингибитора ФКГ2Т-4 были проведены гравиметрические исследования при различных концентрациях ингибиторов в интервале температур от 298 К до 323 К. В результате была изучена температурная зависимость защитной эффективности органического ингибитора коррозии ФКГ2Т-4 (табл. 3).

Повышение эффективности защиты с повышением температуры означает, что на поверхности стали происходит химическая адсорбция ингибитора. Относительно меньшее увеличение эффективности защиты с повышением температуры означает, что физическая адсорбция увеличивается наряду с химической адсорбцией в процессе ингибирования. Одновременное наблюдение как химических, так и физических процессов адсорбции свидетельствует о неоднозначном действии органических

ингибиторов. В этом эксперименте органический ингибитор коррозии ФКГ2Т-4 показал максимальную эффективность защиты 94,36% при температуре 323 К и концентрации 100 мг/л.

Таблица 3

Защитная эффективность ингибитора ФКГ2Т-4 в рабочем растворе Соф-3 в различных диапазонах температур и концентраций

Ингибитор	T, (К)	C, (мг/л)	W, г/(см ² ·ч)	γ	Z, %	θ
ФКГ2Т-4	298	-	1,32	-	-	-
		25	0,292	4,12	76,01	0,7601
		50	0,228	5,28	81,23	0,8123
		75	0,139	8,35	88,45	0,8845
		100	0,108	11,86	91,67	0,9167
	303	-	1,46	-	-	-
		25	0,351	4,25	78,61	0,7861
		50	0,262	5,73	83,45	0,8345
		75	0,158	9,42	88,76	0,8876
		100	0,115	13,32	92,45	0,9245
	313	-	1,75	-	-	-
		25	0,389	4,34	76,26	0,7626
		50	0,286	5,89	82,45	0,8245
		75	0,172	9,72	90,72	0,9072
		100	0,117	14,21	93,67	0,9367
	323	-	1,95	-	-	-
		25	0,429	4,41	76,34	0,7634
		50	0,312	6,06	84,63	0,8463
		75	0,186	9,83	88,86	0,8886
		100	0,125	14,61	94,36	0,9436

Ингибитор ФКГ2Т-4, обладающий наиболее высокими антикоррозионными свойствами, сравнивали с импортным ингибитором PuRO-Tech^R iChem 1011-A в рабочем растворе Соф-3 (табл. 4). В результате эксперимента установлено, что защитное свойство синтезированного нами ингибитора выше, чем у импортного ингибитора.

Таблица 4

Испытание ингибиторов коррозии ФКГ2Т-4 и PuRo-tech 1011A в водной и нейтрально-солевой средах при 303 К в течение 120 часов

Ингибитор	Количество (мг)	Раствор (мл)	Разница в массе	Уровень защиты, %
		Соф-3		
PuRO-Tech ^R iChem 1011 A.	25	1000	0,0073	83,5
	50	1000	0,0069	85,7
	75	1000	0,006	87,6
	100	1000	0,0056	92,5
	25	1000	0,0056	87,8
ФКГ2Т-4	50	1000	0,005	90,7
	75	1000	0,0047	92,6
	100	1000	0,0032	96,5

Термодинамический анализ является одним из важных методов классификации при более глубоком изучении механизма действия

ингибиторов. Для этого можно определить E_a путем сравнения кажущейся энергии активации. Активационные параметры E_a , энтальпийная активность (ΔH_a) и энтропийная активность (ΔS_a) коррозии металла Ст-20 в рабочем растворе Соф-3 были определены с добавлением ингибитора ФКГ2Т-4 в различных концентрациях с ингибитором и без него, при температуре (25-50 °С). Связь между процессами анализировалась с применением уравнения Аррениуса. Построив графики на первом (а) и (б) рисунках через скорости коррозии, полученные при различных концентрациях и температурах, строим прямую линию относительно $\log W_{\text{Grav}} 1000/T$, а тангенс угла определяется по отклонению составляющей линии. Из этих данных уравнения Аррениуса и переходное состояние tga связаны с энергией активации следующим образом: $tga = -E_a/2,303 \cdot R$. Построение $\log W_{\text{Grav}} 1000/T$ в зависимости от $1000/T$, энтальпии активации через тангенс угла наклона графика ($tga = -\Delta H_a/2,303 \cdot R$), от точки пересечения с осью ординат [$\log = \frac{R}{Nh} + \left(\frac{\Delta S_a}{2.303 \cdot R}\right)$] энтропии активации.

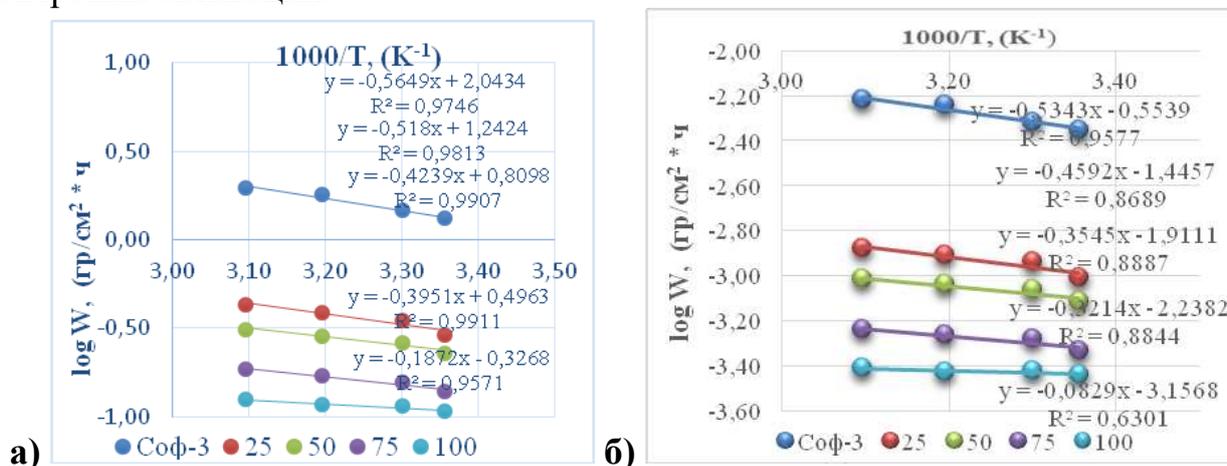


Рисунок 1. График Аррениуса (а) и график переходного состояния (б) для энергии активации, полученный в результате термодинамических исследований ингибитора ФКГ2Т-4.

Обычно значение энтальпии активации принимает положительные значения. В среде без ингибитора положительное значение велико, а при введении ингибитора наблюдается уменьшение положительного значения. Это означает, что для активации коррозионной среды без ингибитора требуется больше энергии, чем в среде с ингибитором (табл. 5).

Таблица 5

Результаты термодинамического анализа процесса активации Соф-3 в растворе в присутствии ФКГ2Т-4

$C_{\text{инг}}$ (мг/л)	Соф-3	25 мг/л	50 мг/л	75 мг/л	100 мг/л
E_a (кДж/моль)	39,40	8,16	5,02	2,81	0,96
ΔH (кДж/моль)	134,03	28,72	17,23	9,57	3,83
ΔS (моль К)	346,20	-82,70	-124,82	-155,45	-178,43

При введении в систему ингибитора энтальпия активации уменьшалась. Если значение энтропии активации в среде без ингибитора положительное, то это означает, что процесс коррозии может протекать сам по себе, при введении ингибитора коррозия на поверхности стали замедляется за счет восстановления активных центров, поэтому мы можем видеть, что энтропия принимает отрицательные значения во время экспериментов.

Для получения полной информации о механизме адсорбции на поверхности стали ингибитора ФКГ2Т-4, показавшего свою высокую эффективность, были получены изотермы Фрумкина, Темкина и Ленгмюра при различных температурах и концентрациях.

Используя соотношение между $C_{инг}$ и $C_{инг}/\theta_{инг}$ на изотерме Ленгмюра и значение константы адсорбционного равновесия $K_{адс}$, в интервале температур 25-50 °С определяли стандартную энергию Гиббса процесса адсорбции $\Delta G^{\circ}_{адс}$:

$$\Delta G^{\circ}_{адс} = -RT \log(1000/K_{адс}) \quad (9).$$

Здесь 1000 – количество воды в растворе (г/л).

Получен график температурной зависимости (диаграмма Эллингема) стандартной энергии Гиббса (рис. 2д).

$$\Delta G^{\circ}_{адс} = \Delta H^{\circ}_{адс} - T\Delta S^{\circ}_{адс} \quad (10) \text{ используя уравнение}$$

$$\ln K_{адс} = \frac{-\Delta H^{\circ}_{адс}}{RT} + \frac{-\Delta S^{\circ}_{адс}}{RT} + \frac{1}{1000} \quad (11) \text{ нашел значения.}$$

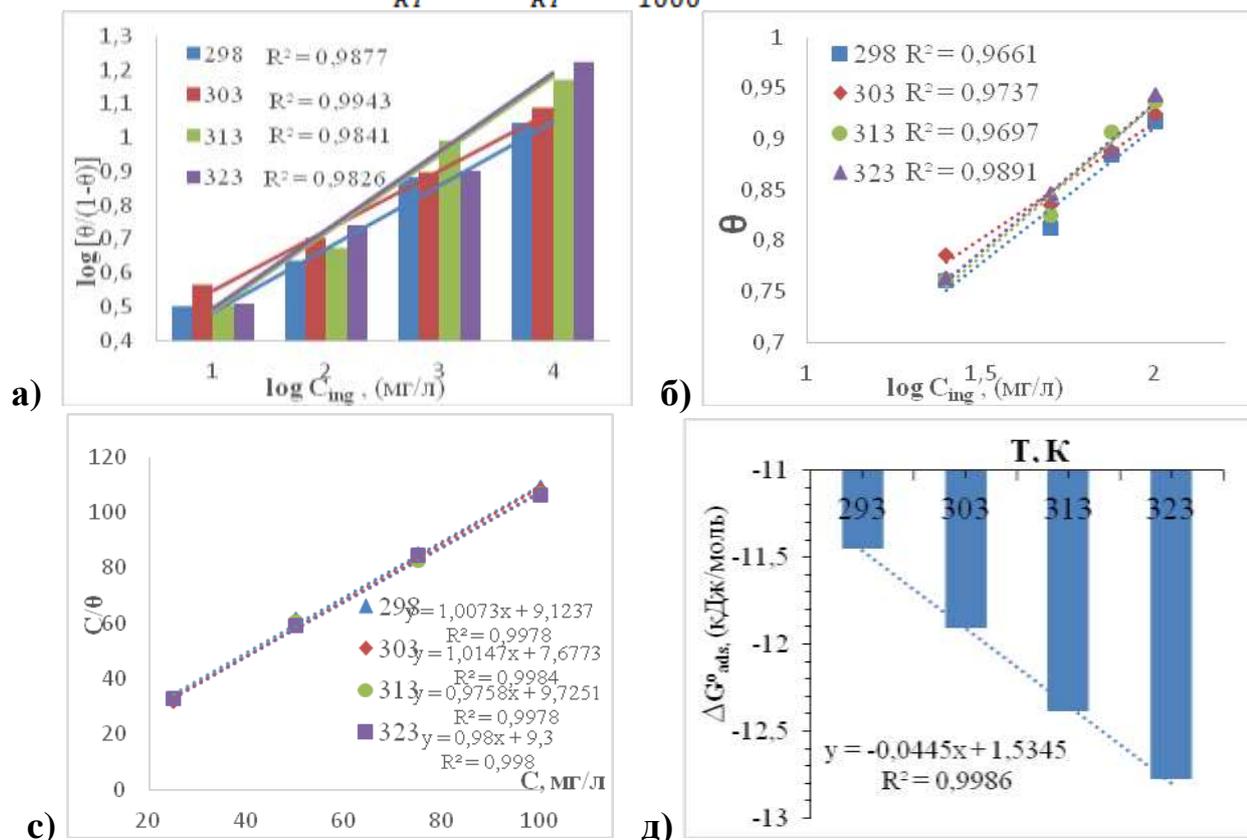


Рисунок 2. Фрумкин (а), Темкин (б), Ленгмюр (с) изотермы адсорбции и диаграмма Эллингема (д) ФКГ2Т-4 на поверхности металла.

На основании изотермы Ленгмюра можно сказать, что процесс согласуется с теорией мономолекулярной адсорбции, что позволяет больше

узнать о механизме взаимодействия поверхности стали и ингибитора. В результате расчетов значение энергии Гиббса оказалось отрицательным, что указывает на самопроизвольный характер процесса.

Дезорганизация возрастает из-за высокой вероятности образования комплекса при взаимодействии с молекулами ингибитора по отношению к скорости реакции поверхности стали с водой. Поэтому энтропия адсорбции имеет положительное значение (табл. 6).

Таблица 6

Термодинамические параметры процесса адсорбции органического ингибитора ФКГ2Т-4 в рабочем растворе Соф-3

Т, К	$K_{\text{адс}}$	R^2	$\Delta G^{\circ}_{\text{адс}}$	$\Delta H^{\circ}_{\text{адс}}$, кДж/МОЛЬ	$\Delta S^{\circ}_{\text{адс}}$, кДж/МОЛЬ
298	0,1096	0,9998	-11,44	1,59	0,0456
303	0,1302		-12,26		
313	0,1028		-12,05		
323	0,108		-12,56		

Структуру защитного слоя, образующего тонкий слой на поверхности металла ингибитора, изучали с помощью СЭМ микрофотографического анализа, снятого на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) (рис. 3).

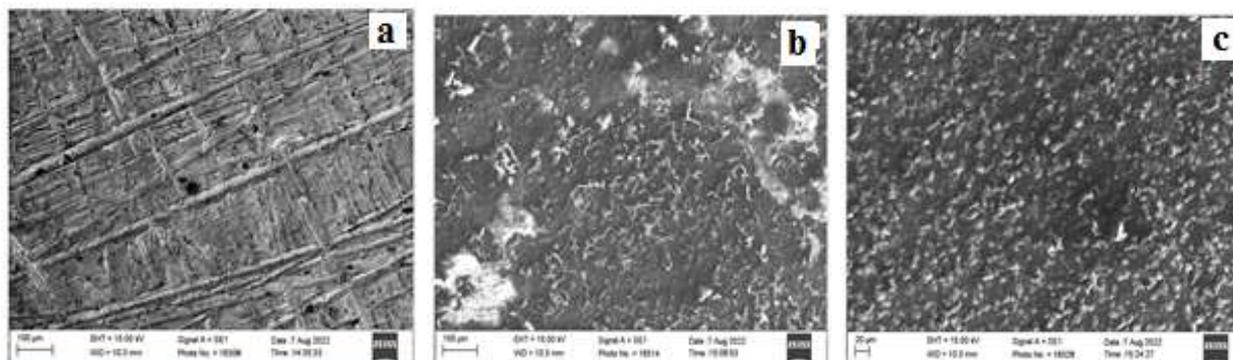


Рисунок 3. СЭМ-микрофотографии исходной (а), после коррозии (б) и ингибированной органическим ингибитором поверхности металла

Структурную морфологию сформированного защитного слоя исследовали с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) (рис. 4).

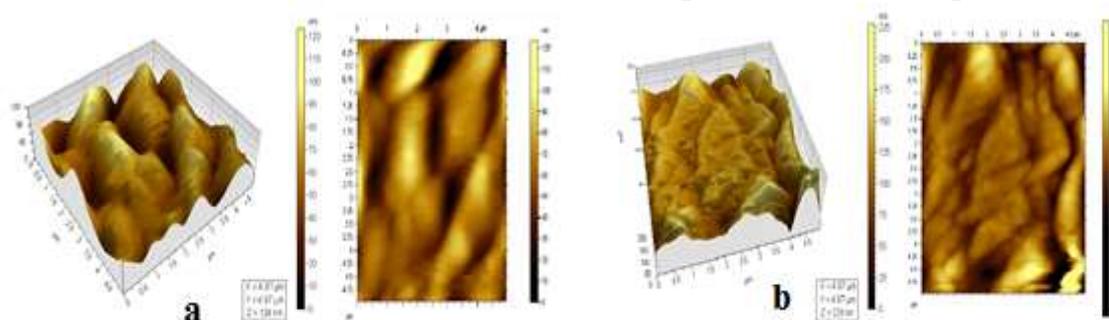


Рисунок 4. АСМ-микрофотографии исходной (а) и ингибированной органическим ингибитором (б) поверхности металла

Процесс синтеза органического ингибитора коррозии ФКГ2Т-4 осуществляется следующим образом. Прежде всего в реактор 1 добавляют ортофосфорную кислоту и глицерин и нагревают при 120 °С до образования однородной смеси, тщательно перемешивая мешалкой. Продукт, образовавшийся в результате реакции в 1-м реакторе, насосом направляют в 4-й реактор. При перемешивании добавляем нитрат гуанидина через 5-ю ёмкость.

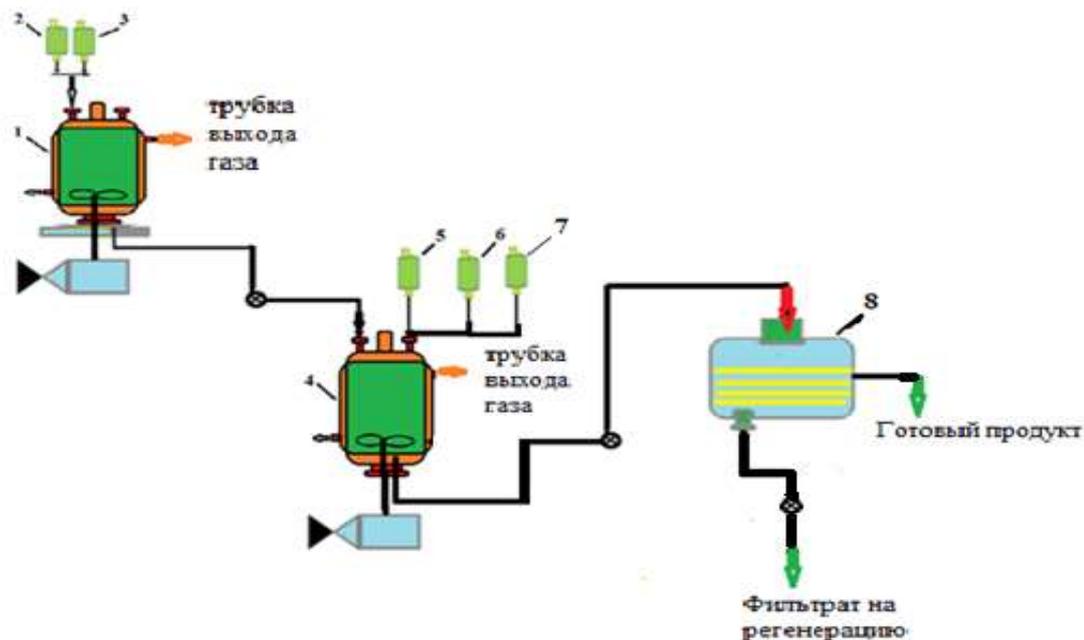


Рисунок 5. Технологическая схема производства органического ингибитора коррозии марки ФКГ2Т-4

1-реактор для смешивания веществ; 2-емкость для ортофосфорной кислоты; 3-емкость для глицерина; 4-реактор синтеза органического ингибитора коррозии; 5-емкость для нитрата гуанидина; 6-емкость для тиомочевины; 7-емкость для этилового спирта; 8-емкость для фильтрации готового продукта.

Через некоторое время через такую же 6-емкость добавляют достаточное количество тиомочевины, смесь нагревают при температуре до образования однородной массы (40 минут, 120 °С). Затем смесь нагревают при температуре до полного прекращения выделения газов (1,5 часа, 135 °С), охлаждают продукт реакции до 30 °С, добавляя к полученному продукту этиловый спирт (7). После охлаждения реакционной массы до комнатной температуры ее перекачивают в 8-емкость для фильтрации и отделения готового продукта, где отфильтрованный спирт сливают в емкость для возврата в систему, а готовый продукт сливают в специальные емкости и отправили на склад. Технологическая схема производства представлена на рис. 5.

ВЫВОДЫ

1. На основе ортофосфорной кислоты, глицерина, нитрата гуанидина, мочевины и тиомочевины получены органические ингибиторы коррозии нового состава, содержащие N, P, O, S и разработана технология их производства.

2. С помощью современных методов исследования определены различные характеристики, такие как, скорость коррозии, уровень защиты, коэффициент торможения, константу равновесия в процессе адсорбции полученных органических ингибиторов коррозии.

3. При использовании синтетических органических ингибиторов в рабочих растворах и системах водяного охлаждения замкнутого цикла их эффективность составила 94,36%.

4. Синтезированные ингибиторы сохраняют высокий уровень защиты при применении в рабочих растворах и водных циркуляционных системах охлаждения, причем показано, что органический ингибитор на основе гуанидина ФКГ2Т-4 более эффективен, чем импортируемый ингибитор коррозии PuRO-Tech^R iChem 1011-A, используемый в производстве.

5. Синтезированные органические ингибиторы ФКГ2Т-4 и ФКДИГК-3 рекомендуются в качестве ингибиторов коррозии для стального оборудования систем водяного охлаждения и высокоагрессивных вод.

6. Ингибиторы коррозии, синтезированные на основе фосфорной кислоты, глицерина, нитрата гуанидина, карбамида и тиомочевины в результате исследований применялись в системах водяного охлаждения на ООО «Мубаракский ГПЗ». При замене промышленного ингибитора коррозии PuRO-Tech^R iChem 1011-A на ингибиторы на основе нитрата гуанидина ФКГ2Т-4 показано, что чистая экономическая прибыль от 1 т продукта составляет 3 223 001 сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 ON
ACADEMICATION OF ACADEMIC DEGREES AT THE TASHKENT
SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

**TASHKENT SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL
TECHNOLOGY**

SHARIPOV BEGMUROD

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING CORROSION
INHIBITORS BASED ON GUANIDINE AND THEIR APPLICATION.**

02.00.14 – Technology of organic substances and materials based on them

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

Tashkent – 2023

The topic of the dissertation of a Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the ministry of Higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2023.1.PhD/T2788

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

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the web page at www.tersu.uz and the information and educational portal Ziyonet at www.ziyonet.uz.

Scientific advisers:	Beknazarov Hasan Soyibnazarovich Doctor of Technical Sciences, professor
Researcher Official opponents:	Nurqulov Fayzulla Nurmo'minovich Doctor of Technical Sciences, professor Rajabov Yusufboy Doctor of Philosophy, senior teacher
Lead organization:	Bukhara engineering and technology Institute

The defense of the dissertation will take place on «28» april 2023 at 10:00 hours at a meeting of the Scientific Council DSc.16/30.12.2019.K/T.78.01 at the Tashkent Research Institute of Chemical Technology at the address: 111116, Tashkent region, Tashkent district, pos. Ibrat n/aShurabazar phone: (+99895) 144-67-83, E-mail: ooo_tniixt@mail.ru, TKTITI@exat.uz.

The dissertation was registered at the Information Resource Center of Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology No. 2023/8, which can be found at the IRC (111116, Tashkent region, Tashkent district, Shurabazar phone: (+99895) 144-67-83, E-mail: ooo_tniixt@mail.ru, TKTITI@exat.uz).

The abstract of the dissertation was sent out « 04 » april 2023.

(Protokol at the register № 2023/8 dated « 04 » april 2023).



A. T. Djalilov
Chairman of the Scientific Council for
awarding of the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Professor Akademik

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

F.N. Nurqulov
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of doctor of philosophy PhD dissertation)

The aim of the research is the development of technology for the production of highly effective organic corrosion inhibitors in acidic and salty aggressive environments based on compounds containing N, P, O and S.

The object of research are guanidine nitrate, urea, phosphoric acid, glycerol and thiourea substances.

The scientific novelty of the research is:

organic corrosion inhibitors of a new composition based on phosphoric acid, glycerol, guanidine nitrate and thiourea were obtained and the optimal conditions for the process were determined;

functional groups in the obtained organic corrosion inhibitors were determined and their physicochemical properties were studied;

scientifically substantiated multifunctional inhibitory properties of organic inhibitors;

by analyzing the surface-morphological changes in metals after corrosion, it was proved that organic inhibitors form a protective coating as a result of adsorption on the steel surface using donor-acceptor and covalent bonds;

The dependence of the corrosion rate, the degree of protection and complete coverage of the surface, the braking coefficient on the concentration of the obtained organic inhibitors was determined.

Application of research results. Based on the scientific results obtained in the development of technology for the production of metal corrosion inhibitors based on guanidine and their application:

the technology for producing a synthesized corrosion inhibitor is included in the "List of promising developments for implementation in 2021-2025" of Mubarak GPP LLC (certificate dated September 14, 2022, Mubarak GPP LLC No. 877 / GK-09). As a result, it was possible to obtain inhibitors that are resistant to aggressive environments and have a high level of protection for metal structures;

organic corrosion inhibitors FKG2T-4, FKDIK-3, ATKA-2 and FKG2T-1 with an efficiency of more than 91.78% are included in the "List of promising developments for implementation in 2021-2025" to protect metal structures in the water circulation systems of Mubarak GPP LLC (certificate dated September 14, 2022, Mubarak Gas Processing Plant LLC No. 877 / GK-09). As a result, it becomes possible to replace the inhibitors used in the protection of metal structures in water circulation systems with local corrosion inhibitors with high efficiency.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 105 pages.

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of publications

I бўлим (I часть; парт I)

1. Шарипов Б.Ш., Джалилов А.Т., Бекназаров Х.С. Исследование и ИК-спектральный анализ синтеза нитрата гуанидина на основе нитрата аммония и мочевины. // «Универсум» технические науки Март 2021 Выпуск: № 3(84). Москва. 2021 87 - 89 с (02.00.00 № 2)

2. Шарипов Б.Ш., Джалилов А.Т. Бекназаров Х.С. Соттикулов Э.С. Карбамид формалдегид смола олиш реакцияси таҳлили // «Композицион материаллар Илмий-техникавий ва амалий журнали №1/2021. Тошкент 2021 йил 70 - 72 б (02.00.00 № 13)

3. Шарипов Б. Ш., Жалилов А.Т., Бекназаров Х.С., Широнов Ш.Д. Гуанидиннинг тузилишини, хоссалари ва олиниш усулларини ўрганиш. // Наманган давлат университети илмий ахборотномаси. Наманган 2021-йил 7-сон. 41-46 б.(02.00.00. №18)

4. Шарипов Б.Ш., Джалилов А.Т. Бекназаров Х.С. Маҳаллий хомашёлар асосида гуанидин синтези ва халқ хўжалигида фойдаланишнинг истиқболлари // «Композицион материаллар Илмий-техникавий ва амалий журнали №3/2021. Тошкент 2021 йил 3 - 5 б (02.00.00 № 13)

5. Шарипов Б.Ш, Бекназаров Х.С. Джалилов А.Т., Гуанидин нитрат асосидаги (ФКГ2Т-4) композит коррозия ингибитори синтези, кислотали муҳитда қўлланилиши. // Eurasian Journal of Academic Research. ISSN: 2181-2020 (Online) Vol. 2, Issue 8, Aug 2022 pp. 153-162. Impact Factor: SJIF 2021 = 8.1. (№15. Directory of Research Journals Indexing, №23. Scientific Journal Impact Faktor, №43. з/х Universal Impact Faktor).

6. Шарипов Б.Ш, Бекназаров Х.С. Джалилов А.Т., Азот, фосфор, кислород ва олтингугурт тутган янги ФКГ2К-1 турдаги коррозия ингибиторнинг синтези. // Eurasian Journal of Law, Finance and Applied Sciences. ISSN: 2181-2853 (Online) Vol. 2, Issue 8, Aug 2022 pp. 19-26. Impact Factor: SJIF 2021 = 8.3. (№12. Index Copernicus, №16. Directory Indexing of International Research Journals-CiteFactor, №43. з/х Universal Impact Faktor).

II бўлим (II часть, II парт)

7. Шарипов Б.Ш, Бекназаров Х.С. Azot, fosfor, kislород va oltingugurt tutgan yangi FKG2K-1 va FKG2T-4 markali tipdagi korroziya ingibitorlarining sintezi. // Academic Research in Educational Sciences Scientific Journal. ISSN: 2181-1385 (Online) Vol 3, Issue 8, Aug 2022 pp. 149-159. Impact Factor: SJIF

2021 = 6.7. (№12. Index Copernicus, №14. ResearchBib, №19. Scientific Indexing Services, Advanced Science Index).

8. Шарипов Б.Ш., Джалилов А.Т. Бекназаров Ҳ.С. Гуанидиннинг олиниш усуллари ва халқ хўжалигида фойдаланишнинг истиқболлари. // «Science and education scientific journal» Dekabr 2020 Toshkent 2020 yil Volume 1 Issue 9 462-467 б

9. Шарипов Б.Ш., Жалилов А.Т., Бекназаров Ҳ.С. Маҳаллий хомашёлар асосида гуанидин гидрохлорид синтези ва ИК-спектр таҳлили // «Таълим фидойилари» республика илмий–услубий журнали Январ.2021. Тошкент 2021 йил 2- сон 2- қисм 57-60 б.

10. Шарипов Б.Ш., Джалилов А.Т., Бекназаров Ҳ.С., Гуанидиннинг молекуляр тузилиши, олиш усуллари ва табиий манбалари. //«Pedagogs International research journal» May–2022 Volume 1, Issue-2, Toshkent 2022 yil 235-247 б.

11. Шарипов Б. Ш. Бекназаров Ҳ. С. Тиомочевина ва унинг фаол ҳосилаларининг хоссалари // «Нефт-газ саноатида инновациялар, замонавий энергетика ва унинг муаммолари» халқаро конференция материаллари // Ташкент-2020.515 б.

12. Шарипов. Б. Ш., Жалилов А. Т., Бекназаров Ҳ. С., Каримов М. У. Маҳаллий хом ашёлар асосида гуанидин нитрат синтезини ўрганиш. // «Маҳаллий хомашёлар ва иккиламчи ресурслар асосида инновацион технологиялар» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами. Урганч давлат университети 2021 йил 1 жилд. 104-105 б.

13. Шарипов Б.Ш., Бекназаров Ҳ.С., Ширинов Ш.Д. Мочевинанинг реакцион фаол бўлган бирикмалари синтези. // “Металлорганик юқори молекулали бирикмалар соҳасидаги долзарб муаммоларнинг инновацион ечимлари” Халқаро илмий-амалий онлайн-конференция. Ўзбекистон Республикаси Тошкент 2021 йил 1-Том 28 май. 138-139 б

14. Шарипов Б.Ш. Бекназаров Ҳ.С. Каримов М.У. Ширинов Ш.Д. Гуанудин гидрохлорид асосида аминланган гуанидин полиакриламид синтези. «Таълим фидойилари» республика илмий–услубий журнали 12 – сон, 1 – жилд декабр– 2021 йил. 1 – қисм 52-58 б.

15. Шарипов Б.Ш., Бекназаров Ҳ.С., Азот фосфор ва кислород сақловчи янги (ФКГ2К-1) турдаги каррозия ингибиторининг синтези. // Ўзбекистон республикаси олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон миллий университети кимёнинг ривожига фундаментал, амалий тадқиқотлар ва уларнинг истиқболлари Мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани Ташкент 2022 йил 22-23 сентябрь. 91-92 б.

16. Шарипов Б.Ш, Бекназаров Ҳ.С., Азот фосфор ва кислород сақловчи янги (ФКГ2К-1) турдаги каррозия ингибиторининг синтези. // Ўзбекистон республикаси олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон миллий университети кимёнинг ривожига фундаментал, амалий тадқиқотлар ва уларнинг истиқболлари Мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани Ташкент 2022 йил 22-23 сентябрь. 93-94 б.

Автореферат “Ўзбекистон кимё журналі” тахририятида тахрир қилинди.

Босишга рухсат этилди: 04.04.2023 йил
Бичими 60x84 1/16, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 2,8. Адади 100. Буюртма № 93
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