

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.К.01.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ

РАЖАБОВ ЮСУФБОЙ НУРАДДИН ЎҒЛИ

**ОЛИГОМЕР АМИНОБИРИКМАЛАР ВА ИККИЛАМЧИ
ХОМАШЁЛАР АСОСИДАГИ СИСТЕМАЛАРНИНГ ИНГИБИРЛАШ
МЕХАНИЗМИ**

02.00.04 – Физик кимё (кимё фанлари)

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

Тошкент – 2021

**Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
химическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on
chemical sciences**

Ражабов Юсуфбой Нураддин ўғли

Олигомер аминокбиркмалар ва иккиламчи хомашёлар
асосидаги системаларнинг ингибирлаш механизми..... 3

Ражабов Юсуфбой Нураддин угли

Механизм ингибирования систем на основе олигомерных
аминосоединений и вторичного сырья.....21

Rajabov Yusufboy Nuraddin o'g'li

Mechanism of inhibition of systems based on oligomeric
aminocompounds and secondary raw materials of the industry.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 43

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.К.01.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ

РАЖАБОВ ЮСУФБОЙ НУРАДДИН ЎҒЛИ

**ОЛИГОМЕР АМИНОБИРИКМАЛАР ВА ИККИЛАМЧИ
ХОМАШЁЛАР АСОСИДАГИ СИСТЕМАЛАРНИНГ ИНГИБИРЛАШ
МЕХАНИЗМИ**

02.00.04 – Физик кимё (кимё фанлари)

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

Тошкент – 2021

**Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси
Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация
комиссиясида В2021.4.PhD/К336 рақам билан рўйхатга олинган**

Диссертация Ўзбекистон Миллий университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) веб-саҳифаси (www.ik-kimyo.nuu.uz) ва “ZiyoNET” ахборот-таълим портали www.ziynet.uz манзилига жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Акбаров Ҳамдам Икромович кимё фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Холиқов Абдували Жонизоқович кимё фанлари доктори, профессор Бекназаров Ҳасан Сойибназарович техника фанлари доктори, профессор
Етакчи ташкилот:	Умумий ва ноорганик кимё институти

Диссертация химояси Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.К.01.03 рақамли Илмий кенгашнинг “15” 01 2022 йил соат 11⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент, Университет кўчаси, 4-уй. Тел.: (99871)227-12-24, факс: (99824) 246-53-21; 246-02-24. e-mail: chem0102@mail.ru).

Диссертация билан Ўзбекистон Миллий университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (169 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100174, Тошкент, Университет кўчаси, 4 уй. Тел: (99871)227-12-24, факс: (99824) 246-53-21; 246-02-24. e-mail: nauka@nuu.uz).

Диссертация автореферати 2021 йил “28” 12 тарқатилди.
(2021 йил “27” 12 даги 26 – рақамли реестр баённомаси).

З.А. Сманова

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

Д.А. Гафурова

Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш котиби к.ф.д.

М.Г. Мухамедиев

Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар
раиси к.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда дунёда агрессив муҳитларда металлларни коррозиядан химоя қилувчи ва импорт ўрнини босувчи юқори самарадорликка эга ингибиторлар яратиш муҳим аҳамиятга эга. Ишлаб чақариш жараёнларининг жадаллик билан ривожланиши натижасида металлларга бўлган талабнинг ортиши сувли шароитларда қўлланилувчи самарали ингибиторларга бўлган талабнинг ортишига олиб келмоқда. Шунингдек, юқори концентрацияларда қўлланилувчи индивидуал моддалардан воз кечган ҳолда иқтисодий томондан қулай бўлган экологик хавфсиз композицион ингибиторлар яратишга алоҳида эътибор берилмоқда. Коррозиянинг олдини олишда бирикмаларнинг тузилиши, концентрацияси, таъсир этувчи муҳит ва ҳароратнинг ингибитор самарадорлигига таъсирини ўрганиш орқали ингибирлаш механизмларини аниқлаш муҳим амалий аҳамият касб этади.

Жаҳонда металллар коррозиясини камайтириш бўйича гетероциклик ва аминогуруҳ тутган алифатик бирикмалар, полифосфатлар, металл комплекслари, олигомер ҳамда полимер типдаги моддалар асосида сувда эрувчан органик ва ноорганик бирикмаларнинг ингибиторлик хоссалари ўрганилиб, самарали ингибиторлар яратиш бўйича мақсадли тадқиқотлар амалга оширилмоқда. Жумладан, ўсимликлардан ажратиб олинadиган моддалардан фойдаланган ҳолда яшил ингибиторлар олиш ва саноат чиқиндилар асосида композицион ингибиторлар яратиш орқали атроф-муҳит ифлосланишини камайтиришга алоҳида эътибор берилмоқда. Шу сабабли қийин синтез қилинувчи, қиммат, захарлилиги юқори бўлган бирикмалардан воз кечган ҳолда саноат чиқиндилари ва иккиламчи маҳсулотлар асосидаги ингибиторлар яратиш муҳим илмий аҳамиятга эга.

Мамлакатимизда органик ва олигомер бирикмалар ҳамда иккиламчи маҳсулотлар асосида кислотали, тузли, нефтли ва водород сульфидли муҳитларда металллар коррозиясининг олдини олишда самарали полифункционал ингибиторлар яратишда маълум илмий-амалий натижаларга эришилган. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида “Маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида, юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни янада жадаллаштириш, сифат жиҳатдан янги маҳсулотлар олиш технологияларини ўзлаштириш ва такомиллаштириш¹” бўйича ҳал қилинадиган муҳим вазифалар ва олиб бориладиган тизимли ишлар белгилаб берилган. Бу борада металл конструкцияларни коррозиядан химоя қилувчи олигомер аминобирикмалар ҳамда иккиламчи саноат маҳсулотлари асосида янги турдаги ингибиторлар яратиш, уларнинг химоялаш механизмларини ўрганиш бўйича муҳим илмий ва амалий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февральдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февральдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” Фармони.

ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”, 2021 йил 9 июндаги ПФ-6244-сон “Ҳудудларнинг саноат салоҳиятини оширишга доир кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги Фармонлари ва 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сон “Кимё ва биология йўналишларида узлуксиз таълим сифатини ва илм-фан натижадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”, 2020 йил 6 ноябрдаги ПҚ-4884 сон “Таълим-тарбия тизимини янада такомиллаштиришга оид кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. “Кимё технологиялари ва нанотехнология” устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Адабиётлар таҳлиliga кўра, ҳозирда жаҳон мамлакатларида металллар коррозиясини тадқиқ қилишда физик-кимёвий, электрокимёвий ва бошқа турли усуллар ишлаб чиқилган. Хорижий давлатларда коррозия назариялари ва янги турдаги ингибиторларнинг таъсир механизмини кенг таҳлил қилган ҳолда юқори самарали ингибиторлар олиш ва уларни ишлаб чиқаришга жорий этишга катта эътибор берилмоқда. Бугунги кунда металллар коррозиясининг олдини олишда ингибиторлар яратиш бўйича фаолият олиб бораётган кўпгина олимларнинг ишларига тўхталиш мумкин. Жумладан, Ellithy A.S., Cang H., Okewale A.O., Shao J., 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. ва б. каби жаҳон олимлари ҳамда МДХ мамлакатларидаги изланувчилардан Розенфельд И.Л., Борисов Д.Н., Агафонкин А.В., Данилова Г.Н., Фархутдинова А.Р., Кузнецов Ю.И., Вигдорович В.И., Федотова А.И., Цыганов Т.Д., Левашова В.И.ларни мисол келтиришимиз мумкин.

Ўзбек олимларидан Р.С.Тиллаев, З.А.Таджиходжаев, Ф.К.Курбанов, А.Т.Джалилов, А.Икрамов, Д.Юсупов, Х.И.Акбаров, В.П.Гуро, А.Ж.Холиқов, Х.И.Қодиров, Н.Б.Эшмаматова ва бошқаларнинг илмий фаолияти ингибиторларнинг янги авлодини яратишга ва уларнинг самарадорлигини ўрганишга қаратилган.

Ҳозирда кимёвий қайта ишлаш корхона ва заводларида мавжуд кислотали ҳамда тузли муҳитлардаги коррозияни тўхтатиш бўйича маҳаллий хомашёлар асосида самарали композицион ингибиторлар яратишга катта эътибор қаратилмоқда.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ўзбекистон Миллий университетининг илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №А-12-46 “Полиэлектролитларнинг антикоррозион самарадорлигини ошириш ва уни амалиётга қўллаш” (2015-2017йй.) мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади олигомер аминобирикмалар ва иккиламчи хомашёлар асосида кислотали-тузли агрессив муҳитларда пўлат коррозиясини олдини олиш бўйича юқори самарадорли ингибиторларни яратиш ҳамда уларнинг ингибирлаш механизмини аниқлашдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

металлар коррозиясига қарши таркибида амино ва фосфат гуруҳлар тутган олигомер ингибиторларни синтез қилиш;

ИҚ-спектроскопия усули ёрдамида синтез қилинган ингибиторларнинг тузилишини ўрганиш ва квант-кимёвий усуллар ёрдамида молекуляр-динамик хусусиятларини аниқлаш;

металлар коррозиясида ингибиторлар самарадорлигини электрокимёвий ва гравиметрик усуллар ёрдамида тадбиқ қилиш ва ингибиторларнинг кинетик ҳамда адсорбцион хоссаларини аниқлаш;

харорат ва концентрациянинг коррозия тезлигига ҳамда ҳимоялаш даражаларига таъсирини ўрганиш орқали ингибирлаш механизмини аниқлаш;

янги ингибиторларнинг самарадорлигини ўрганиш бўйича лаборатория синовларини ўтказиш ва саноат миқёсида тадбиқ қилиш.

Тадқиқот объекти сифатида аминотиокарбамид, меламин, карбамид асосида олинган олигомер аминобирикмалар, иккинчи компонент сифатида моноэтаноламиннинг вакуумда ҳайдаш куб қолдиғи ва экстракцияланган фосфат кислоталар олинган.

Тадқиқот предмети фойдаланилган системаларнинг ингибирлаш механизмини аниқлаш, ҳимоялаш даражаларининг турли агрессив шароитларга боғлиқлигини ва бу турдаги ингибиторларга хос умумий қонуниятларни кўрсатиш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотда ИҚ-спектроскопия, квант-кимёвий, кутбланиш эгрлари, кутбланиш қаршилиги, гравиметрик, спектрофотометрик ва электрон микроскопик усуллар қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

илк бор олигомер аминобирикмалар ва иккиламчи маҳсулотлар асосидаги янги ингибиторларни кўллашдаги оптимал нисбатлар ва концентрациялар аниқланган;

адсорбцияланиш хусусиятларини ва термодинамик функцияларини аниқлаш асосида мономолекуляр адсорбция жараёни исботланган;

синтез қилинган янги олигомер ингибиторларнинг коррозия токи, ҳимоялаш даражаси, тормозлаш коэффициенти, сиртни тўла қоплаш даражалари аниқланган;

сканерловчи электрон микроскоп ва атом куч микроскоплари орқали олигомер аминобирикмалар ва иккиламчи хомашёлар ёрдамида ингибирланган металл сиртининг микрофотографиялари олиниб, ингибиторларнинг таъсир механизмлари аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

синтез қилинган бирикмалар ва иккиламчи хомашёлар асосидаги янги ингибиторлар ишлаб чиқариш жараёнларида ҳосил бўладиган турли агрессив

шароитларда юқори самарадорлик кўрсатган ва кенг ҳароратлар оралиғида барқарорликка эга эканлиги исботланган;

диметилоламинотиокарбамид фосфат ва моноэтанолламиннинг куб қолдиғи асосида олинган композицион ингибитор кислотали муҳитларда самарадорли ингибитор эканлиги аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги гравиметрия, қутбланиш эгрилари, қутбланиш қаршилиги, ИҚ-спектроскопия, сканерловчи электрон микроскопия, нур қайтариш спектрофотометрия усулларида ҳамда замонавий термодинамик, кинетик ва адсорбцион назариялар асосида ингибиторларнинг самарадорлиги исботланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти олигомер ингибиторлар ва иккиламчи sanoat маҳсулотларнинг самарадорлиги уларнинг тузилиши, оптимал нисбатлари, физик-кимёвий хусусиятларининг ўзаро боғлиқлиги ҳамда ингибирлаш механизмини аниқлашдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти олинган композицион ингибиторлар юқори агрессив кислотали-тузли ва айланма сувли муҳитларда пўлатни коррозиядан юқори даражада ҳимоялаб, металл конструкцияларни узоқ муддат самарали ишлашига хизмат қилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Аминотиокарбамид ва меламина асосидаги олигомер аминобирикмалар ва иккиламчи маҳсулотлар асосида олинган бирикмаларнинг металллар коррозиясига қарши ингибитор сифатида қўллашдан олинган илмий натижалар асосида:

олигомер аминобирикмалар ва иккиламчи маҳсулотлар асосида олинган композицион ингибиторлар кислотали қайта ишлашдан ҳосил бўлувчи агрессив муҳитларда коррозия жараёнини тўхтатиш бўйича Навоий кон-металлургия комбинати амалиётига жорий қилинган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 5 ноябрдаги №02-06-07/10674-сон маълумотномаси). Натижада кислотали ювишдан ҳосил бўлувчи агрессив кислотали-тузли чиқинди сувларни ўтказувчи ва сақловчи пўлат конструкцияларни коррозиядан ҳимоялаш имконини берган;

олигомер аминобирикмалар ва иккиламчи маҳсулотлар асосида олинган композицион ингибиторлар “Махам – Chirchiq” АЖ амалиётига жорий этилган (“Махам – Chirchiq” АЖнинг 2020 йил 14 майдаги №157-9/20-сон маълумотномаси). Натижада ички сувли айланма ва совутиш системаларида юзага келувчи коррозия жараёнида пўлат материалларини ҳимоялаш имконини берган;

коррозия ингибиторларини олиш, турли муҳитларда самарадорлигини аниқлаш устида олиб борилган илмий тадқиқотлардан ОТ-Ф7-85 рақамли “Аминометиленфосфат кислотаси асосидаги алифатик ва гетероциклик металллар коррозияси ингибиторларининг синтези ва физик-кимёвий хоссалари” илмий лойиҳасида кўп компонентли ингибиторларнинг оптимал нисбатларини аниқлашда фойдаланилган (Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 16-ноябрдаги 89-03-4763-сон маълумотномаси).

Натижада металлларни коррозиядан юқори даражада ҳимояловчи, узоқ муддат ишлашини таъминловчи ингибиторлар яратиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация ишининг асосий натижалари 13 та илмий-амалий, шу жумладан, 3 та халқаро ва 10 та республика миқёсидаги анжуманларда маърузалар қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 17 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, жумладан, 3 таси республика, 1 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 119 бетни ташкил қилади.²

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, мақсад ва вазифалари келтирилган, объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фани ва технологияси ривожланишининг устувор йўналишларига мос келиши кўрсатилган, тадқиқот натижаларининг илмий янгилиги, илмий ва амалий аҳамияти баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти, ишончилиги, уларнинг амалиётга тадбиқ қилиниши очиб берилган ва чоп этилган ишлар ҳамда диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Турли коррозиявий муҳитларда ингибиторларнинг қўлланилиши”** деб номланган **биринчи боби** адабиётлар шарҳига бағишланган бўлиб, унда коррозия ингибиторлари ва уларнинг қўлланилиши, кислотали агрессив муҳитлардаги ингибиторларнинг ҳимоялаш механизмлари, кислород ва фосфор сақловчи кўп функционал аминокбирикмалар асосидаги ингибиторлар, икки ва кўп компонентли ингибиторлар ҳақида маълумотлар келтирилган. Металлларнинг кимёвий ва электрокимёвий коррозиясининг олдини олишда коррозия ингибиторларининг ҳимоялаш механизмлари, ингибиторларнинг самарадорлиги уларнинг таркибига кирувчи электродонор атомлар ҳамда гуруҳларнинг сони ва тузилишига боғлиқлиги ўрганилиб, бугунги кунда кислотали ва тузли агрессив муҳитлардаги коррозиявий жараёнларни тўхтатиш бўйича республикамиз ва хорижда олиб борилаётган ишлар қиёсий муҳокама қилинган. Адабиётлар таҳлилига кўра, индивидуал ингибиторларга нисбатан икки ва кўп компонентли ингибиторлар самарадорлиги юқори бўлиши аниқланган.

Диссертациянинг **“Тадқиқот объектлари синтези, қўлланилган материаллар ва усуллар”** деб номланган **иккинчи бобида**

² Муаллиф диссертация ишини бажаришда берган илмий маслаҳатлари учун к.ф.д., доц. Н.Т.Каттаев ва к.ф.д., доц. Н.Б.Эшмаматовага ўзининг самимий миннатдорчилигини билдиради.

аминотиокарбамид фосфат (АТКФ), меламинакарбамидформальдегид олигомери (МЕКАФ), меламинаминотиокарбамидформальдегид олигомери (МЕАТКФ), диметилоламинотиокарбамид олигомери (ДМАТК), диметилоламинотиокарбамид фосфат олигомери (ДМАТКФ) бирикмаларининг олиниш реакция тенгламалари ва синтез шароитлари кўрсатиб ўтилган. Материаллар қисмида ингибиторлар қўлланилувчи кислотали-тузли ишчи эритмаларнинг ва ингибирланган металл намунасининг тузилиши, ўлчамлари, таркиблари келтирилган. Тадқиқот объектларининг ингибиторлик самарадорлигини тадқиқ қилиш усуллари, жараённинг кинетикаси ва адсорбция изотермалари, спектрофотометрик ва микроскопик усуллар ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Бир компонентли ингибиторларнинг самарадорлиги”** деб номланган **учинчи бобда** синтез қилинган олигомер бирикмаларнинг тузилишини, ингибиторлик хоссаларини тадқиқ қилиш бўйича олинган амалий ва назарий маълумотларнинг таҳлили келтирилган.

Моддалар тузилишининг ИҚ-спектроскопик таҳлили. Ингибиторларнинг самарадорлиги таркибидаги функционал гуруҳлар ҳисобига пўлат сиртига адсорбцияланиб темир ионлари билан кам эрувчан бирикмаларни ҳосил қилишига боғлиқ. Бундан ташқари молекуланинг тузилиши, олигомер занжир узунлиги ҳам муҳим аҳамиятга эга. Шунинг учун ингибирлаш механизми ҳақида мулоҳаза юритишда, аввало, молекуланинг тузилишини билиш талаб этилади. Моддаларнинг тузилиши ИҚ-спектроскопия усули ёрдамида ўрганилди. Бу усул олигомер бирикмаларнинг тузилишини аниқлашда кенг қўлланилувчи усул ҳисобланади. Бунинг учун реакцияга киришувчи дастлабки моддалар аминотиокарбамид ва меламинанинг ИҚ-спектрлари олиниб солиштирилди, ютилиш чизиклари орқали янги ҳосил бўлган боғлар ва гуруҳлар аниқланди.

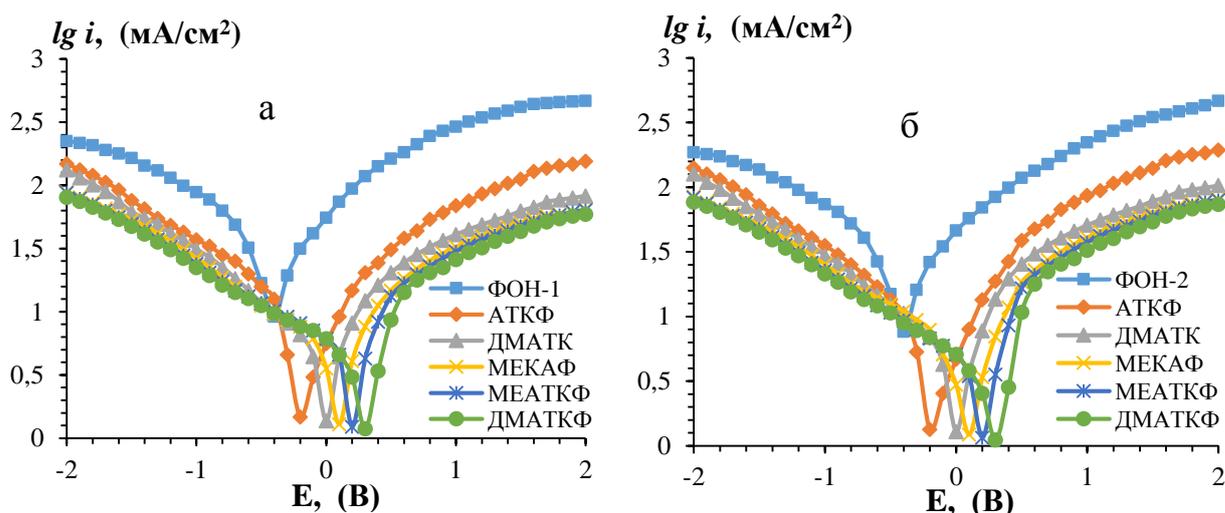
АТКФнинг ИҚ-спектри таҳлилига кўра, АТКга фосфат гуруҳининг бирикиши натижасида (-O-P=O) гуруҳнинг валент тебраниш чизиклари 2358 см^{-1} соҳада пайдо бўлган, 1078 см^{-1} соҳада $\nu(-\text{P}-\text{OH})$ гуруҳга, 966 см^{-1} соҳада $\delta_{\text{ac}}(\text{P}=\text{O})$ гуруҳга, 727 см^{-1} соҳада $\delta_{\text{ac}}(\text{P}-\text{O})$ гуруҳга тегишли ютилиш максимумлари пайдо бўлган. Айрим аминогуруҳларнинг аммоний гуруҳига ўтиши натижасида аминогуруҳга тегишли $3358, 3253, 3170 \text{ см}^{-1} \nu(-\text{NH}_2)$, $1641-1616 \text{ см}^{-1} \delta_{\text{c}}(-\text{NH}_2)$, $997 \text{ см}^{-1} \delta_{\text{ac}}(\text{NH}_2)$, тебраниш чизиклари ўрнига $-\text{NH}_4^+$ гуруҳга тегишли ($\nu(3149, 3086, 2949 \text{ см}^{-1})$ ва $\delta_{\text{ac}}(1600 \text{ см}^{-1})$) ютилиш максимумлари пайдо бўлган.

МЕАТКФнинг ИҚ-спектри таҳлилига кўра, меламина ва АТК таркибида реакцияга киришган $-\text{NH}_2$ гуруҳга тегишли $\nu(3126; 3170 \text{ см}^{-1})$ ва $\delta_{\text{c}}(1527; 1548 \text{ см}^{-1})$ соҳадаги ютилиш чизиклар йўқолиб, $\nu(3211 \text{ см}^{-1})$, $\delta_{\text{c}}(1573 \text{ см}^{-1})$ соҳада -NH гуруҳга тегишли ютилиш чизикларининг пайдо бўлганлиги аниқланди. ДМАТК молекуласида 3490 см^{-1} соҳада $\nu(-\text{OH})$ гуруҳга, $1580-1450 \text{ см}^{-1}$ соҳаларда $\delta(-\text{OH})$ гуруҳга тегишли ютилиш максимумлари пайдо бўлган. АТК таркибидаги $\delta(-\text{NH}_2)=1641 \text{ см}^{-1}$ соҳадаги ютилиш чизиклари йўқолиб, $\delta(-\text{NH}-)=1409-1444 \text{ см}^{-1}$ соҳадаги ютилиш максимумлари пайдо бўлган.

АТКнинг ИҚ-спектри билан солиштирилганда ДМАТКФ молекуласида 3371, 3269 см^{-1} соҳада тўртламчи аминогуруҳга ва 3152, 2951 см^{-1} соҳаларда (-ОН) гуруҳига тегишли ютилиш максимумлари пайдо бўлганини кўришимиз мумкин. Фосфат гуруҳининг бирикиши натижасида (-O-P=O) гуруҳнинг валент тебраниш чизиқлари 2358 см^{-1} соҳада пайдо бўлган. 1076 см^{-1} соҳада $\nu(-\text{P}-\text{OH})$ гуруҳга, 947 см^{-1} соҳада $\delta_{\text{ac}}(\text{P}=\text{O})$ гуруҳга, 727 см^{-1} соҳада $\delta_{\text{as}}(\text{P}-\text{O})$ гуруҳга тегишли ютилиш максимумлари пайдо бўлган.

Gaussian 09 дастурий пакети ёрдамида квант-кимёвий ҳисоблашлар олиб борилди, бирикмалар ва уларнинг темир билан ҳосил қилган комплексларининг оптималлаштирилган тузилиши, молекуладаги зарядлар тақсимоти, электрон зичлик, боғ узунликлари ва энергиялари, боғловчи ва бўшаштирувчи чегаравий молекуляр орбиталлар, молекуляр электростатик потенциал (МЭП) контурлари аниқланди. Ингибитор молекуласининг фазовий ҳолати ва зарядлар қиймати орқали металл билан боғ ҳосил қилиш эҳтимоли юқори бўлган гуруҳлар ўрганилди. Ушбу назарий ҳисоблашлар ингибиторларнинг металл сирти билан таъсирлашиш механизмларини тушунтиришда муҳим аҳамият касб этади.

Турли фон эритмаларда ишчи электродларнинг қутбланиш эгрлари ва қутбланиш қаршилиги усуллари орқали бирикмаларнинг ингибирлаш самарадорлиги аниқланди. Қутбланиш эгрлари усули ингибиторларнинг самарадорлигини аниқлашнинг экспресс усуллари билан бири бўлиб, электрокимёвий усуллар қаторига киради. Коррозия жараёнида катод ва анод қисмларнинг потенциаллари доимий бўлмаслиги орқали қутбланиш рўй беради, натижада катод ва анод жараёнларида потенциалларнинг ўзгариши ва коррозия токнинг камайиши содир бўлади. Тадқиқотлар рН=2,37 бўлган Фон-1 (HCl + 1% NaCl) ҳамда рН=4,65 бўлган Фон-2 (HCl + 0,5% NaCl) ишчи эритмаларда олиб борилди.



1-расм. Фон-1 (а) Фон-2 (б) эритмаларда $T=293\text{ K}$ да ва $C=100\text{ мг/л}$ олигомер ингибиторлар иштирокидаги пўлат электродининг қутбланиш эгрлари

Системага ингибитор киритилганда коррозия ток ($lg i$) қийматининг ўзгариши билан коррозия потенциалининг (E) мусбат томонга силжиши

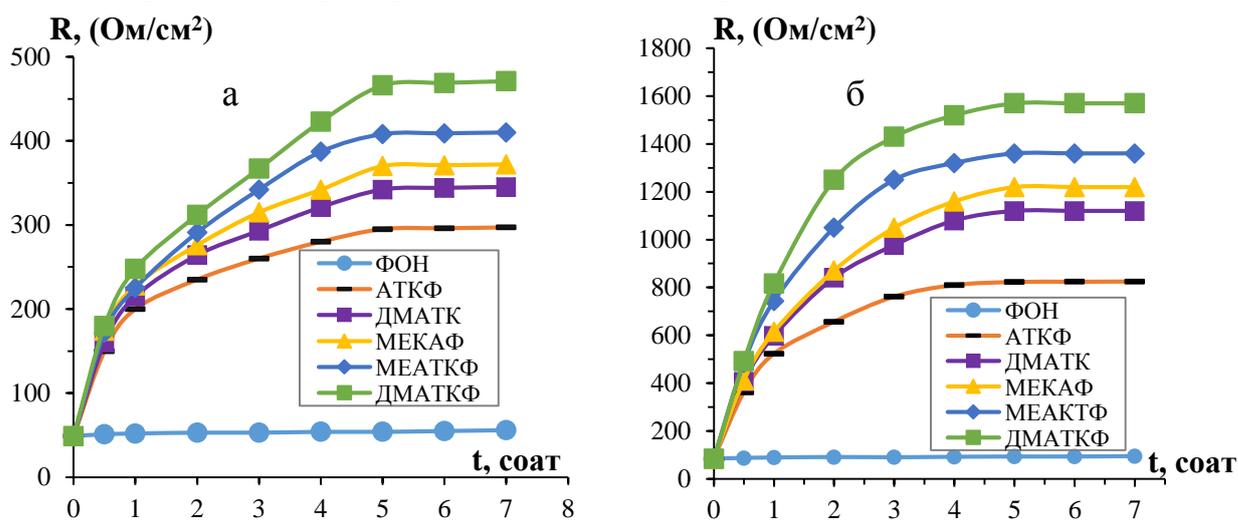
кузатилди (1-расм). Бу ҳолат ингибиторларнинг аралаш механизмда таъсир қилишини кўрсатади. Ингибиторсиз ва ингибитор киритилган системалардаги коррозия ток қийматининг ўзгаришидан тормозлаш коэффициенти (γ), химоялаш даражаси (η), сиртнинг тўла қопланиш даражаси (θ) аниқланди (1-жадвал).

1-жадвал

Ингибиторларнинг самарадорлигини $T=293\text{ K}$ да қутбланиш эгрлари усулида аниқлаш натижалари

Ингибитор	C, мг/л	i , мА/см ²	γ	θ	η , %
Фон-1	100	0,96	—	—	—
АТК		0,169	5,68	0,824	82,40
ДМАТК		0,138	6,96	0,8563	85,63
МЕКАФ		0,11	8,73	0,8854	88,54
МЕАТКФ		0,091	10,55	0,9052	90,52
ДМАТКФ		0,075	12,80	0,9219	92,19
Фон-2	100	0,883	—	—	—
АТК		0,126	6,98	0,8568	85,68
ДМАТК		0,111	7,93	0,8739	87,39
МЕКАФ		0,087	10,11	0,9011	90,11
МЕАТКФ		0,064	13,75	0,9273	92,73
ДМАТКФ		0,045	19,56	0,9489	94,89

Пўлат электроднинг сиртига ингибиторларнинг адсорбцияланиши туфайли электроднинг электр ўтказувчанлиги камаяди, бунинг натижасида қутбланиш қаршилиги (R) ортади. Қаршилиқнинг ортиши орқали ингибиторнинг самарадорлиги аниқланди (2-расм).



2-расм. Фон-1 (а) Фон-2 (б) эритмаларда $T=293\text{K}$ да 100 мг/л ингибитор иштирокида пўлат электроди қутбланиш қаршилигининг вақтга боғлиқлиги

Ингибиторсиз шароитда Фон-1 эритмадаги қаршилиқ 54 ом/см²га, Фон-2 эритмада 93 ом/см²га тенг бўлди. Ингибиторлар 100 мг/л концентрацияда қўлланилганда Фон-1 эритмада максимал қаршилиқлар 295-466 ом/см²,

Фон-2 эритмада 823-1570 ом/см²ни ташкил қилди. Ингибиторларнинг химоялаш даражалари (қаршилиқ ортиб бориш тартибида) Фон-1 эритмада 81,7 %дан 84,2 %гача, Фон-2 эритмада 88,7 %дан 94,08 %гача бўлган қийматларни ташкил қилди.

Олигомер аминобирикмаларнинг коррозияга қарши самарадорлиги электрохимий усуллардан ташқари ингибиторли ва ингибиторсиз шароитларда 10 кун давомида ушлаб турилган металл массаси ўзгариши орқали гравиметрик усулда ҳам аниқланди (2-жадвал).

2-жадвал

T=293 K ва C=100 мг/л концентрацияда ингибиторларнинг самарадорлигини гравиметрик аниқлаш натижалари

Ингибитор	$W_{грав},$ гр/(см ² ·соат)	γ	$\eta, \%$	θ
Фон-1	1,216	-	-	-
АТК	0,191	6,37	84,29	0,8429
ДМАТК	0,153	7,95	87,42	0,8742
МЕКАФ	0,146	8,33	87,99	0,8799
МЕАТКФ	0,119	10,22	90,21	0,9021
ДМАТКФ	0,093	13,08	92,35	0,9235
Фон-2	1,104	-	-	-
АТК	0,128	8,63	88,41	0,8841
ДМАТК	0,107	10,32	90,31	0,9031
МЕКАФ	0,097	11,38	91,21	0,9121
МЕАТКФ	0,083	13,30	92,48	0,9248
ДМАТКФ	0,052	21,23	95,29	0,9529

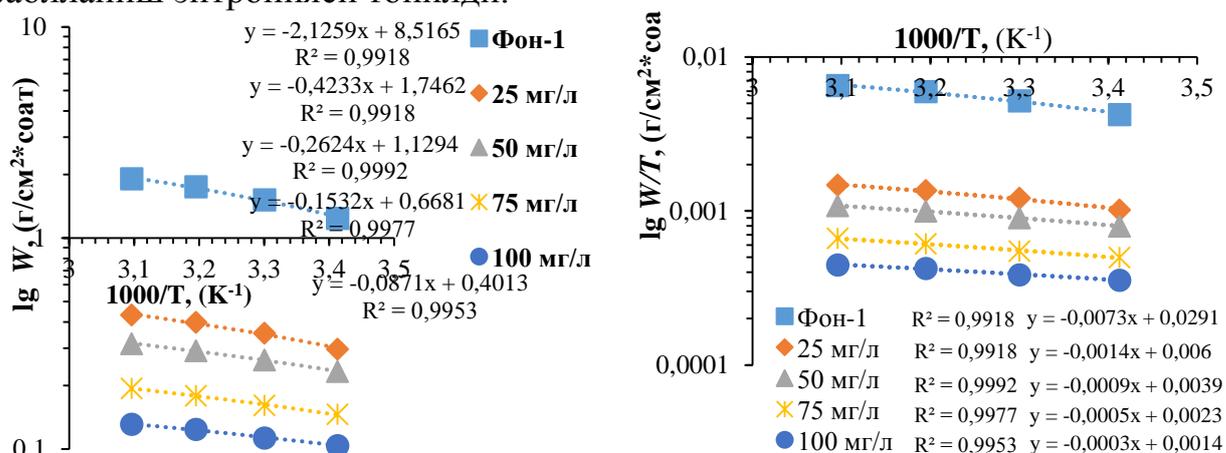
2-жадвалдан Фон-1 ишчи эритманинг Фон-2 эритмага нисбатан агрессивлиги юқори бўлгани учун Фон-1 эритмада коррозия тезлиги ($W_{грав}$) юқори бўлганини кўришимиз мумкин. Ингибиторлар Фон-1 эритмада 84,29-92,35 %, Фон-2 эритмада 88,41-95,29 % химоялаш даражасини кўрсатди. ДМАТКФ бошқа бирикмаларга нисбатан юқори химоялаш даражасини намоён этди ва энг самарали ингибитор деб топилди. Химоялаш механизмлари ҳақида кўпроқ маълумот олиш учун ДМАТКФнинг турли ҳарорат ва концентрацияларда химоялаш даражалари, сиртнинг тўла қопланиш даражаси ва коррозия тезлиги аниқланди.

Аррениус тенгламаси ёрдамида ингибирлаш жараёнининг фаолланиш энергияси аниқланди, бунинг учун турли ҳарорат ва концентрацияларда олинган коррозия тезликлари орқали $\lg W$ нинг $1000/T$ га боғлиқлик графиги чизилиб, чизиқнинг оғиш бурчаги тангенс топилади. Бу ерда $\operatorname{tg}\alpha$ фаолланиш энергияси билан қуйидагича боғланган: $\operatorname{tg}\alpha = -E_{\phi}/2,303 \cdot R$ (3а-расм). Фаолланиш энтальпияси (ΔH_{ϕ}) ва энтропияси (ΔS_{ϕ})нинг қийматларини топиш учун қуйидаги ўтиш ҳолат тенгламасидан фойдаланилди:

$$W_{грав} = \frac{RT}{Nh} \exp\left(\frac{\Delta S_{\phi}}{R}\right) \exp\left(-\frac{\Delta H_{\phi}}{RT}\right)$$

бу ерда: h – Планк доимийси ($6,626 \cdot 10^{-34}$ м²кг/с) ва N – Авагадро доимийси. Ўтиш ҳолат эгрилари чизилиб (3б-расм), графикнинг қиялик бурчак тангенс

орқали ($\lg \alpha = -\Delta H_{\phi} / 2,303 \cdot R$) фаолланиш энтальпияси аниқланди. Эгриларнинг ордината ўқи билан кесишиши нуқтасидан [$\lg(R/Nh) + (\Delta S_{\phi} / 2,303 \cdot R)$] фаолланиш энтропияси топилди.



3-расм. ДМАТКФ ингибитори учун кинетик тадқиқотлар асосида олинган Аррениус ва ўтиш ҳолат боғланишлари

Ингибитор киритилмаган системаларнинг фаолланиш энергияси қиймати катта қийматга тенг бўлиб, ингибитор киритилгач эса фаолланиш энергиясининг камайиши кузатилди (3-жадвал). Буни ингибитор молекуласи фон эритма таркибидаги молекулаларга қараганда пўлат билан осонроқ тасирлашиши билан тушунтириш мумкин. Ингибиторнинг концентрацияси ортиб бориши билан фаолланиш энергиясининг камайиши кузатилди. Эритмада ингибитор молекулаларининг кўпайиши фаол марказлар тўқнашувининг ортишига олиб келади. Ингибитор концентрациясининг ортиши натижасида фаолланиш энергияси камайиши шу билан изоҳланади.

3-жадвал

ДМАТКФ ёрдамида Фон-1 эритмадаги фаолланиш жараёни учун термодинамик функциялар

$C_{инг}$ (мг/л)	-	25	50	75	100
E_{ϕ} (кЖ/моль)	40,70	8,10	5,02	2,93	1,67
ΔH (кЖ/моль)	139,77	26,81	17,23	9,57	5,74
ΔS Ж/(моль·К)	359,60	-82,70	-122,90	-153,54	-170,77

Системага ингибитор киритилгач, фаолланиш энтальпиясининг камайиши аниқланди. Бу эса ингибиторсиз муҳитнинг фаолланиши учун ингибиторли муҳитга қараганда кўпроқ энергия кераклиги, яъни ингибитор киритилса жараён осон боришини аниқлатади. Ингибиторсиз муҳитда фаолланиш энтропиясининг мусбат бўлиши коррозия жараёнининг ўз-ўзича боришини кўрсатади.

ДМАТКФнинг пўлат сиртига адсорбцияланиш механизми Ленгмюр, Фрумкин ва Тёмкин изотермалари ёрдамида ўрганилди (3а,б,с-расм).

Ленгмюр
$$\frac{C_{инг}}{\theta} = \frac{1}{K_{адс}} + C_{инг}$$

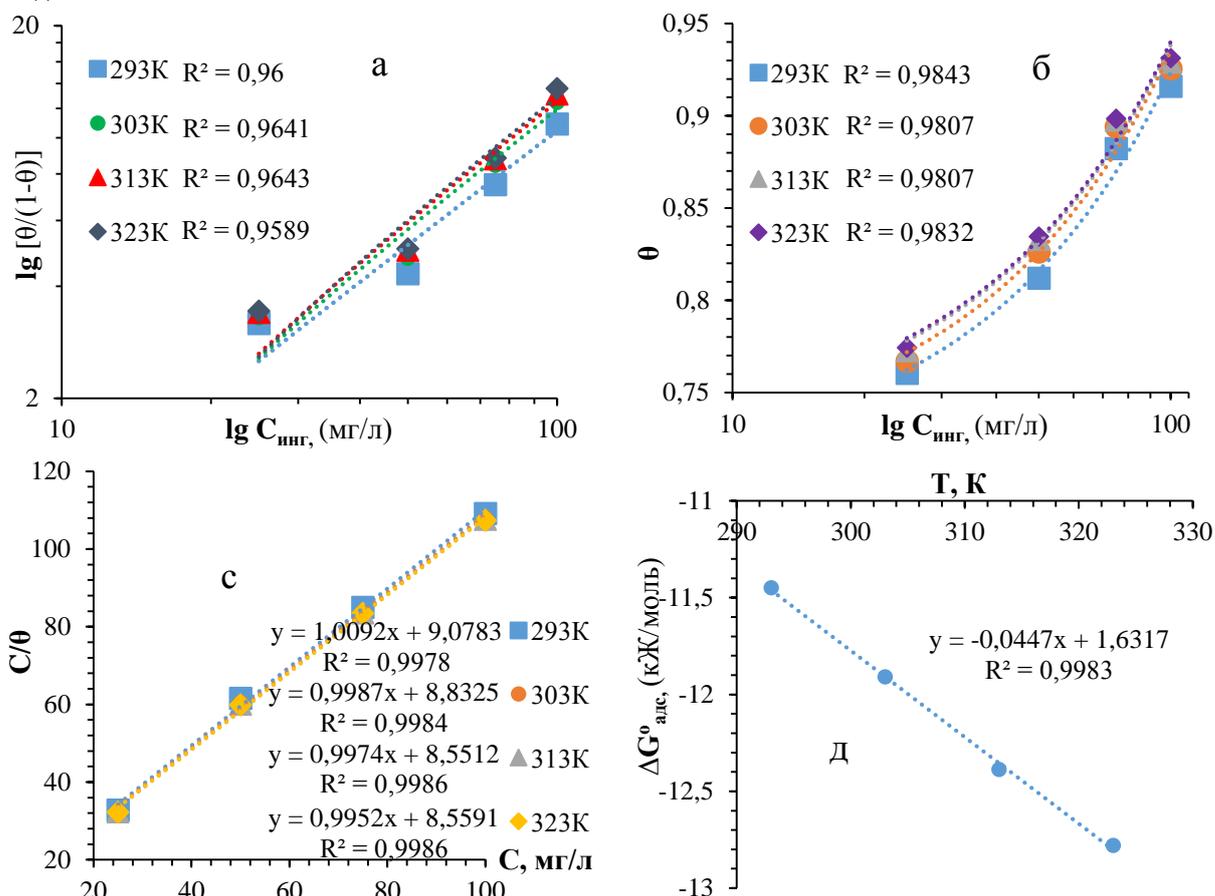
Фрумкин
$$\frac{\theta_{грав}}{1-\theta_{грав}} \exp(-2f\theta_{грав}) = K_{адс} C_{инг}$$

Тёмкин
$$\exp(f\theta_{грав}) = K_{адс} C_{инг}$$

бу ерда: $C_{инг}$ – ингибиторнинг эритмадаги концентрацияси, $K_{адс}$ – адсорбцион мувозанат константаси. $K_{адс}$ ёрдамида адсорбция жараёнининг стандарт Гиббс энергияси аниқланди:

$$\Delta G_{адс}^0 = -RT \ln(1000K_{адс})$$

бу ерда: 1000 – эритмадаги сувнинг миқдори (г/л). Стандарт Гиббс энергиясининг температурага боғлиқлик графиги (Эллингем диаграммаси) олинди (3д-расм) ва $\Delta G_{адс}^0 = \Delta H_{адс}^0 - T\Delta S_{адс}^0$ тенглама ёрдамида $\Delta H_{адс}^0$ ва $\Delta S_{адс}^0$ нинг қийматлари топилди.



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

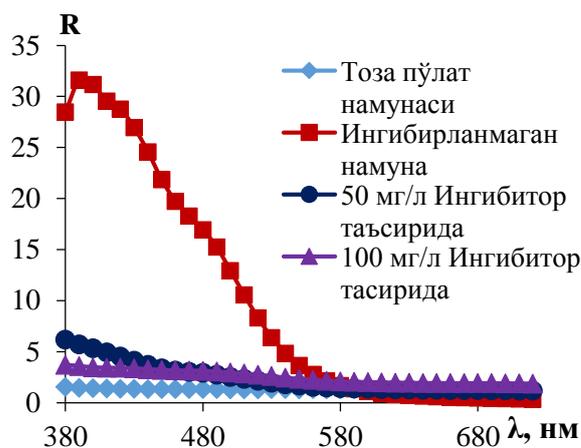
Ҳисоблашлар орқали Гиббс энергияси қиймати манфий бўлиши аниқланди, бу жараённинг ўз-ўзидан борганини кўрсатади. Адсорбция энтропияси ва энтальпияси мусбат бўлиши аниқланди (4-жадвал).

4-жадвал

ДМАТКФ иштирокидаги Фон-1 эритмада адсорбция жараёнининг термодинамик функциялари

T, K	$K_{адс}$	R^2	$\Delta G_{адс}^0$ кЖ/моль	$\Delta H_{адс}^0$ кЖ/моль	$\Delta S_{адс}^0$, кЖ/моль·К
293	11,01	0,999	-11,45	1,63	0,0446
303	11,33		-11,91		
313	11,56		-12,36		
323	11,7		-12,78		

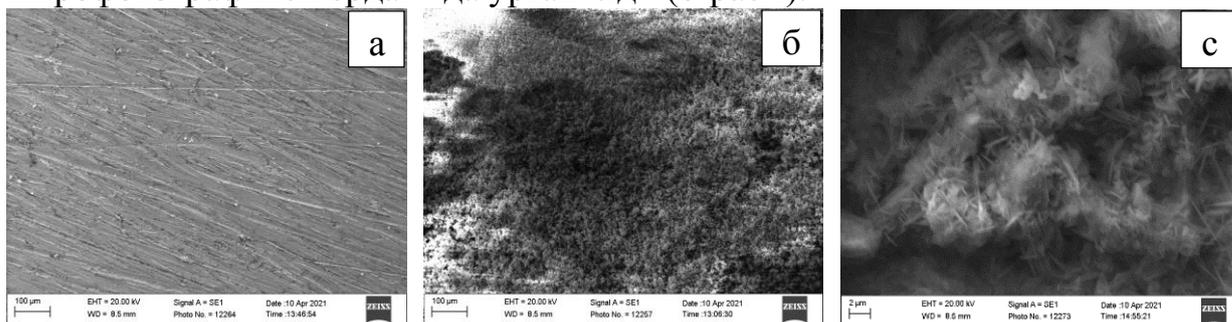
Пўлат сиртининг коррозиядан олдин, коррозияланган ва ДМАКТФ ёрдамида ингибирланган ҳолатдаги ўзгаришлари Фон-1 эритмада Eye-One Pro мини-спектрофотометри ёрдамида ўрганилди.



5-расм. ДМАКТФ иштирокида ингибирланган пўлат сиртининг диффуз қайтариш спектри.

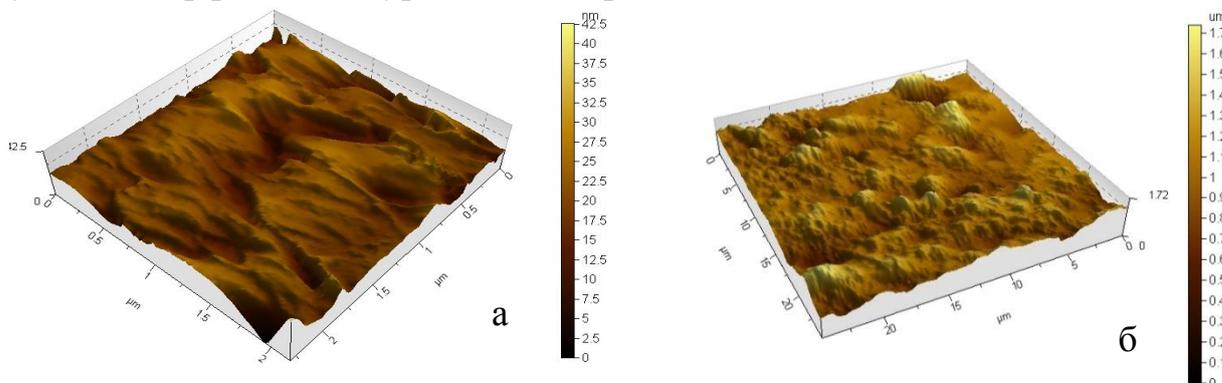
Eye-One Pro мини-спектрофотометр ёрдамида кўринувчи соҳада олинган ҳар бир диффуз қайтарувчанлик коэффицентлари учун Кубелка-Мунк функцияси “F” ҳисобланди. Ингибирланмаган металлнинг нур қайтариш спектрида коррозияланиш орқали кескин максимум пайдо бўлганини кўришимиз мумкин (5-расм). Ингибитор таъсирида металл сирти коррозиядан ҳимояланиши натижасида нур қайтариш спектри тоза металл сиртининг спектрига яқин бўлиши кузатилди.

Ингибиторнинг металл сиртида ҳосил қилувчи кристалл тузилишли ҳимоя қавати сканерловчи электрон микроскопида (СЭМ) олинган СЭМ-микротографияси ёрдамида ўрганилди (6-расм).



6-расм. Металл сиртининг дастлабки (а), коррозияланган (б) ва ингибирланган СЭМ-микротографиялари

Атом куч микроскоп (АКМ) ёрдамида ҳосил бўлган ҳимоя қаватнинг тузилиш морфологияси ўрганилди (7-расм).



7-расм. Дастлабки (а) ва ингибирланган (б) металл сиртининг АКМ-микротографиялари

Диссертациянинг “Коррозион фаол муҳитга икки компонентли ингибиторларнинг таъсири” деб номланган тўртинчи боби олигомер

аминобирикмаларнинг моноэтанолламиннинг вакуумда ҳайдаш куб қолдиғи ёки экстракцияланган фосфат кислота билан ҳосил қилувчи икки компонентли ингибиторлар хоссалари тадқиқига бағишланган.

Моноэтанолламиннинг вакуумда ҳайдаш куб қолдиғи (МЭАКҚ) – Саноатда моноэтанолламинли чиқинди эритмаларни ҳайдаш орқали олинади. МЭАКҚ кўнғир-қора рангли суюқлик бўлиб 25-30 % моноэтанолламин, ноорганик бирикмалар қатронлари (кам миқдорда) ва сувдан иборат бўлади.

Экстракцияланган фосфат кислота (ЭФК) – Буғлатиш натижасида олинган экстракцияланган фосфат кислотанинг таркибида қуйидагича: 26,52 % – H_3PO_4 ; 0,356 % – CaO ; 1,2% – MgO ; 0,54 % – Al_2O_3 ; қолгани сув (ТУ 6.6-21:2008).

Иккинчи компонент сифатида фойдаланилган МЭАКҚ ва ЭФК республикамиздаги саноат корхона ва заводларида, жумладан, Олмалик “Аммофос” ОАЖда иккиламчи маҳсулот сифатида фойдаланиш учун қатта миқдорда қайта ишланади.

5-жадвал

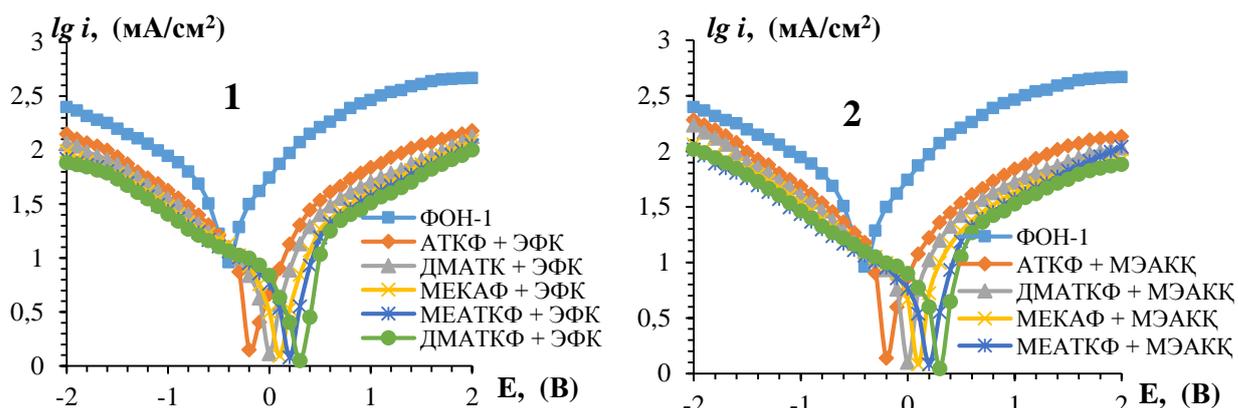
Турли нисбатларда олинган икки компонентли ингибиторларнинг $C=100$ мг/л, $T=293$ К да Фон-1 эритмадаги самарадорлиги ва ўзаро таъсирлашиш коэффициенти

Ингибитор	Компонентлар нисбати	$W_{грав},$ гр/(см ² ·соат)	γ	$\eta, \%$	$\bar{\gamma}$	$\gamma/\bar{\gamma}$
Фон-1	-	1,32	-	-	-	-
МЕАТКФ– ЭФК	1:2	0,122	10,33	90,32	11,78	0,88
	1:1	0,108	11,67	91,43		0,99
	2:1	0,096	13,13	92,38		1,11
	3:1	0,105	12	91,67		1,02
ДМАТКФ– ЭФК	1:2	0,102	12,35	91,9	14,97	1,49
	1:1	0,089	14,16	92,94		1,70
	2:1	0,068	18,53	94,6		2,23
	3:1	0,085	14,82	93,25		1,78
МЕКАФ– МЭАКҚ	1:2	0,127	9,92	89,92	10,94	0,97
	1:1	0,102	12,35	91,9		1,21
	2:1	0,113	11,15	91,03		1,09
	3:1	0,122	10,33	90,32		1,01
МЕАТКФ– МЭАКҚ	1:2	0,11	11,45	91,27	12,57	0,97
	1:1	0,091	13,85	92,78		1,18
	2:1	0,098	12,86	92,22		1,09
	3:1	0,104	12,12	91,75		1,03
ДМАТКФ– МЭАКҚ	1:2	0,087	14,48	93,1	17,03	0,97
	1:1	0,062	20,32	95,08		1,36
	2:1	0,071	17,75	94,37		1,19
	3:1	0,081	15,56	93,57		1,04

5-жадвал натижаларига кўра, индивидуал ингибиторлар билан МЭАКҚ ўзаро 1:1 нисбатда, ЭФК билан 2:1 нисбатда олинганда Фон-1 ишчи эритмада

энг юқори ҳимоялаш даражасини намоён этишди ва ушбу нисбатлар компонентларнинг оптимал нисбатлари деб топилди. Икки компонентли ингибиторлар қўлланилганда синергетик таъсир кузатилиб ҳимоялаш даражаси индивидуал олигомер ингибиторларга нисбатан баланд бўлиши аниқланди. Ўзаро таъсирлашиш коэффициентининг ($\gamma/\bar{\gamma}$) қиймати 1дан катта бўлиши синергетик таъсир мавжудлигини англатади. Икки компонентли ингибиторлардан ДМАТКФ+МЭАКҚ бошқа ингибиторларга қараганда юқори самарадорлик (95,08 %) кўрсатди.

Икки компонентли композицион ингибиторларнинг самарадорлиги қутбланиш эгрлари ва қутбланиш қаршилиги усулида ўрганилди.



8-расм. Фон-1 эритмада $T=293\text{ K}$ да ва $C=100\text{ мг/л}$ ЭФК (1) ва МЭАКҚ (2) асосидаги композицион ингибиторлар иштирокидаги пўлат электродининг қутбланиш эгрлари.

Композицион ингибиторларнинг қутбланиш эгрларида коррозия ток миқдори индивидуал ингибиторларга нисбатан кўпроқ камайиши, коррозия потенциалининг мусбат томонга кучлироқ силжиши аниқланди (8-расм). Ҳимоялаш даражаси ва тормозлаш коэффициентлари ҳам композицион ингибиторларда юқорироқ қийматга эга бўлди.

Икки компонентли ингибиторларнинг самарадорлиги қутбланиш қаршилиги усулида ҳам ўрганилди. Қутбланиш қаршилиги усули учун компонентлар оптимал нисбатларда, 100 мг/л концентрацияда қўлланилди ва самарадорлик бир компонентли ингибиторларга нисбатан ортгани кузатилди. Фон-1 ишчи эритмада ингибитор киритилмаган ҳолатда қаршилик вақт ўтиши билан деярли ўзгармади ва R_0 нинг қиймати 54 Ом/см²га тенг бўлди. Иккинчи компонент сифатида ЭФК қўлланилганда қутбланиш қаршилигининг қийматлари 826 Ом/см²гача, МЭАКҚ қўлланилганда эса 1105 Ом/см²гача ортиши кузатилди. Фон-1 эритмада аниқланган энг юқори самарадорлик ДМАТКФ+МЭАКҚ (1:1) ингибиторида кузатилди ва ҳимоялаш даражаси 95,11 %ни ташкил қилди.

Икки компонентли ингибиторларнинг фаолланиш энергиялари ва металл сиртига адсорбцияланиш хоссалари ДМАТКФ+МЭАКҚ мисолида ўрганилди. Турли ҳарорат ва концентрацияларда ДМАТКФ+МЭАКҚ ингибиторининг коррозия тезликлари, ҳимоялаш даражаси, тўла қопланиш даражаси қийматлари топилди (6-жадвал).

Турли шароитларда ДМАТКФ + МЭАҚК ингибиторининг Фон-1 эритмадаги коррозияга қарши самарадорлиги

Ингибитор	Т, К	С, мг/л	W, гр/(см ² ·соат)	γ	η, %	θ
ДМАТКФ + МЭАҚК	293	-	1,29	-	-	-
		25	0,354		72,56	0,7256
		50	0,243	5,31	81,16	0,8116
		75	0,106	12,17	91,78	0,9178
		100	0,064	20,16	95,04	0,9504
	303	-	1,59	-	-	-
		25	0,364	4,37	77,11	0,7711
		50	0,264	6,02	83,40	0,8340
		75	0,121	13,14	92,39	0,9239
		100	0,073	21,78	95,41	0,9541
	313	-	1,93	-	-	-
		25	0,391	4,94	79,74	0,7974
		50	0,282	6,84	85,39	0,8539
		75	0,139	13,88	92,80	0,9280
		100	0,084	22,98	95,65	0,9565
	323	-	2,32	-	-	-
		25	0,411	5,64	82,28	0,8228
		50	0,296	7,84	87,24	0,8724
		75	0,154	15,06	93,36	0,9336
		100	0,091	25,49	96,08	0,9608

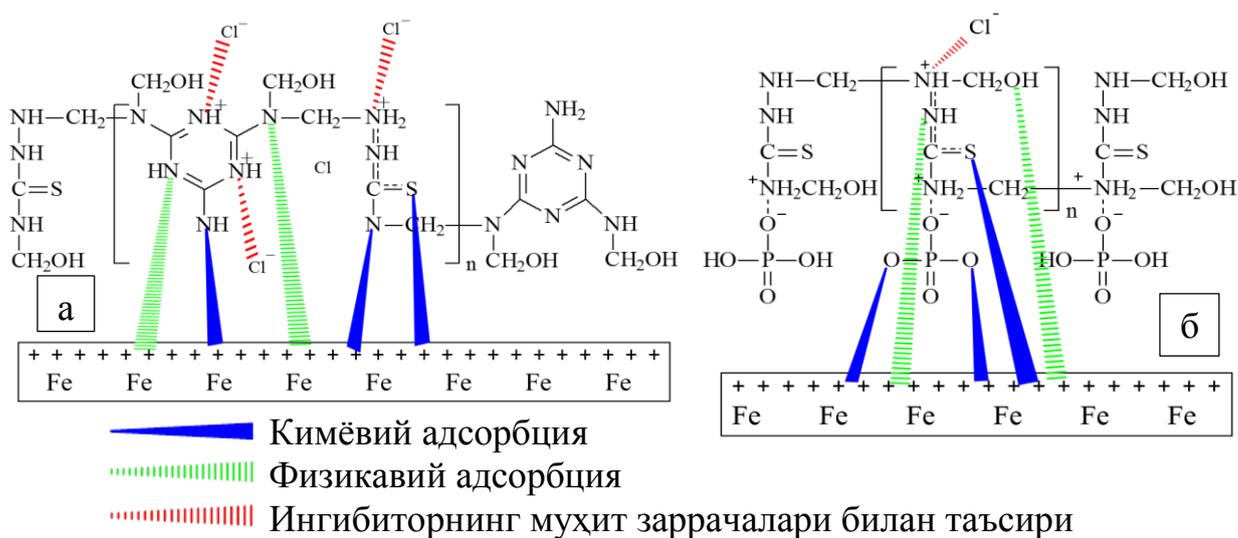
6-жадвалдаги маълумотларни қайта ишлаш орқали жараённинг фаолланиш энергиялари, фаолланиш энтальпияси ва энтропиялари аниқланди (7-жадвал). Фаолланиш жараёнининг термодинамик функциялари ингибирланиш аралаш механизмда боришини кўрсатди.

ДМАТКФ + МЭАҚК (1:1) иштирокида Фон-1 эритмадаги ингибирлаш жараёнининг термодинамик функциялари

С _{инг} (мг/л)	-	25	50	75	100
E _ф (кЖ/моль)	62,00	8,10	4,40	2,87	1,15
ΔH (кЖ/моль)	166,58	11,49	9,57	7,66	3,83
ΔS Ж/(моль·К)	457,25	-136,31	-155,45	-168,86	-182,26

Икки компонентли ингибиторларнинг адсорбцияси ҳам Ленгмюр изотермаси бўйича бориши аниқланди. Адсорбциянинг стандарт Гиббс энергияси манфий бўлиб жараён ўз-ўзича боради. Адсорбция энтальпияси 15,462 кЖ/мольга, энтропияси эса 0,0892 кЖ/(моль·К)га тенг бўлди.

Турли усуллар ёрдамида олиб борилган тадқиқот натижаларига кўра, олигомер аминокислоталар пўлат сиртига ковалент табиатли (кимёвий) ва донор-акцептор (физикавий) боғлар ёрдамида адсорбцияланиши ҳамда таъсир маҳанизмлари тақлиф этилди (9-расм).



9-расм. МЕАТКФ (а) ва ДМАТКФ (б) ингибиторларининг металл сирти билан таъсир механизмлари.

Таклиф этилган ҳимоя механизмларига кўра, ингибиторлар темир атомларидан ташқари HCl ли муҳит билан ҳам таъсирлашади. Натижада агрессивлик камаяди ва самарадорлик янада ортади.

ХУЛОСАЛАР

1. Аминотиокарбамид ва меламина асосида таркибида азот-, кислород-, фосфор тутган олигомер типидagi ингибиторлар синтез қилинган, криоскопик усулда молекуляр массалари аниқланган, ИҚ-спектроскопия ва квант-кимёвий усулларда уларнинг оптималаштирилган тузилишлари аниқланган.

2. Коррозия токи ва стандарт потенциали, қутбланиш қаршилиги, коррозия тезлиги, ҳимоялаш даражаси, тормозлаш коэффиценти, сиртни тўла қоплаш даражаси ва адсорбция жараёни мувозанат константасининг турли омилларга боғлиқлиги кўрсатиб берилган.

3. Кинетик тадқиқотлар асосида коррозия жараёнининг турли концентрациялардаги кинетик ва термодинамик функциялари – фаолланиш энергияси, энтальпияси ва энтропияси аниқланган. Адсорбция жараёни изотермалар ва термодинамик функциялар орқали изоҳланган.

4. Икки компонентли ингибиторларнинг индивидуал ингибиторларга нисбатан ҳимоялаш даражасининг баланд бўлиши синергетик эффект мавжудлиги билан изоҳланган.

5. Спектрофотометрик, атом куч ҳамда сканерловчи электрон микроскопик усуллар ёрдамида кинетик ва термодинамик тадқиқотлар натижалари тасдиқланган, пўлат коррозиясининг ингибирлаш механизмлари таклиф этилган.

6. Олигомер аминобирикмалар ва иккиламчи маҳсулотлар асосидаги ингибиторлар “Махам-Ширчиқ” АЖда ҳамда Навоий кон-металлургия комбинатининг кислотали қайта ишлашдан ҳосил бўлувчи агрессив муҳитларда фойдаланиш тавсия этилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.K.01.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА

РАЖАБОВ ЮСУФБОЙ НУРАДДИН УГЛИ

**МЕХАНИЗМ ИНГИБИРОВАНИЯ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ
ОЛИГОМЕРНЫХ АМИНОСОЕДИНЕНИЙ И ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

02.00.04 – Физическая химия (химические науки)

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

Ташкент–2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2021.4.PhD/K336

Диссертация выполнена в Национальном университете Узбекистана.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице по адресу www.ik-kimyo.nuu.uz и информационно-образовательном портале «ZiyoNET» по адресу www.ziyo.net.

Научный консультант:

Акбаров Хамдам Икрамович
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Холиқов Абдували Жонизоқович
доктор химических наук, профессор

Бекназаров Хасан Сойибназарович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Институт общей и неорганической химии

Защита диссертации состоится «15» 01 2022 г. в 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.K.01.03 при Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100174, Ташкент, ул. Университетская 4, Тел.: (99871) 227-12-24; факс: (99871) 246-53-21; 246-02-24. e-mail: chem0102@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального университета Узбекистана (зарегистрирован за № 169). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Университетская 4, Тел.: (99871) 227-12-24; факс: (+99871) 246-53-21; 246-02-24).

Автореферат диссертации разослан «28» 12 2021 года.
(протокол рассылки № 26 от «27» 12 2021 года).

З.А. Сманова

Председатель научного совета по
присуждению учёной степени доктора наук,
д.х.н., профессор

Д.А. Гафурова

Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёной степени доктора наук, д.х.н.

М.Г. Мухамедиев

Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению учёной степени доктора наук,
д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день в современном мире создание высокоэффективных ингибиторов, защищающих металлы от коррозии в агрессивных средах и заменяющих импортные, является актуальной проблемой. Возрастание потребности в металлах, в результате интенсивного развития производственных процессов, возрасла потребность в эффективных ингибиторах, используемых в водных средах. Также уделяется особое внимание созданию экономически выгодных, экологически безопасных композиционных ингибиторов вместо индивидуальных веществ, применяемых при высоких концентрациях. При предотвращении коррозии важное прикладное значение приобретает определение механизмов ингибирования через изучение влияния структуры соединений, концентрации, рН среды и температуры на эффективность ингибитора.

В мире проводятся целенаправленные исследования для создания эффективных ингибиторов снижающих коррозию металлов изучением ингибирующих свойств водорастворимых органических и неорганических соединений на основе гетероциклических и аминокислотных алифатических соединений, полифосфатов, комплексов металлов, олигомерных и полимерных веществ. В частности, особое внимание уделяется снижению загрязнения окружающей среды использованием зеленых ингибиторов растительного происхождения, созданием композитных ингибиторов на основе органических соединений и промышленных отходов. В связи с этим важное научное значение имеет создание ингибиторов на основе производственных отходов и вторичных продуктов, позволяющих избежать использование сложных для синтеза, дорогих, высокотоксичных соединений.

В нашей стране достигнуты определенные научные и практические результаты в создании эффективных полифункциональных ингибиторов для предотвращения коррозии металлов в кислой, солевой, нефтяной и сероводородной средах на основе органических и олигомерных соединений и побочных продуктов. В то же время проблемы, с которыми мы сталкиваемся, не решены полностью. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи и планомерная работа по «дальнейшему ускорению производства готовой продукции с высокой добавленной стоимостью, разработке и совершенствованию технологий получения качественно новой продукции на основе глубокой переработки местного сырья³». В этом направлении ведутся важные научные и прикладные исследования по созданию новых типов ингибиторов на основе олигомерных аминокислотных соединений и вторичных промышленных продуктов, изучению механизмов их защиты от коррозии металлических конструкций.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для реализации задач, указанных в указах Президента Республики Узбекистан

³ Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «О стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах».

от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-6244 от 9 июня 2021 года «О дополнительных мерах по увеличению промышленного потенциала регионов» и Постановлении №ПП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и результативности науки по направлениям «химия» и «биология»», №ПП-4884 от 6 ноября 2020 года «О дополнительных мерах по дальнейшему совершенствованию системы образования».

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики Узбекистан VII. «Химия, теоретические основы химической технологии, нанотехнология».

Степень изученности проблемы.

Согласно анализу современной мировой литературы для изучения коррозии металлов разработаны физико-химические, электрохимические и различные другие методы. В зарубежных странах синтезу высокоэффективных ингибиторов и внедрению их в производство уделяется большое внимание, проводится широкий анализ теории коррозии и механизма действия новых типов ингибиторов. Можно сосредоточить внимание на исследованиях многих ученых, работающих над созданием ингибиторов для предотвращения коррозии металлов. В частности, Ellithy A.S., Okewale A.O., Cang H., Shao J., Oguzie E.E., Hussain M.S., Shaikh A.A., Rithiba A., Leelavathi S., Chen S., Oyekunle D.T., Somers A.E., Hinton B.R., Bruin -dickason C.De. и др. мировых ученых и исследователей из стран СНГ, таких как Розенфельд 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.

Научные исследования таких узбекских ученых, как Тиллаев Р.С., Курбанов Ф.К., Джалилов А.Т., Икрамов А., Юсупов Д., Акбаров Х.И., Гуро В.П., Холиков А.Ю., Кодиров Х.И., Эшмаматова Н.Б. и других, направлены на разработку ингибиторов нового поколения и исследованию механизма их действия.

В настоящее время большое внимание уделяется созданию эффективных композиционных ингибиторов на основе местного сырья, предназначенных предотвращению коррозии металлов в кислых и солевых системах, присутствующих в предприятиях и заводах химической переработки.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Национального университета Узбекистана по прикладному гранту А-12-46 «Повышение

антикоррозионной эффективности полиэлектролитов и их применение» (2015-2017 гг.).

Целью диссертации является разработка новых высокоэффективных ингибиторов коррозии стали в агрессивных кислотно-солевых средах на основе олигомерных аминосоединений и вторичного сырья и определение механизма их действия.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

синтез олигомерных ингибиторов коррозии металлов, содержащих amino- и фосфатные группы;

изучение структуры синтезированных ингибиторов методом ИК-спектроскопии и определение молекулярно-динамических свойств квантово-химическими методами;

определение эффективности ингибиторов коррозии металлов, их кинетических и адсорбционных свойств электрохимическими и гравиметрическими методами;

определение механизма защиты ингибиторов в зависимости от температуры и концентрации, скорости коррозии и уровня защиты;

проведение лабораторных испытаний для изучения эффективности новых ингибиторов и их применения в промышленных масштабах.

Объектами исследования являются олигомерные аминосоединения на основе аминотиокарбамида, меламина, мочевины, в качестве второго компонента кубовый остаток вакуумной перегонки моноэтаноламина и экстракционная фосфорная кислота.

Предмет исследования Определение механизма ингибирования используемыми системами, установление степени защиты в зависимости от различных агрессивных условий и общих закономерностей, характерных для данного типа ингибиторов.

Методы исследования. В исследовании использовались методы ИК-спектроскопии, квантовой химии, поляризационных кривых, поляризационного сопротивления, гравиметрии, спектрофотометрии и электронной микроскопии.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые определены оптимальные соотношения и концентрации новых ингибиторов на основе олигомерных аминосоединений и вторичных продуктов;

доказана мономолекулярность процесса адсорбции на основе определения адсорбционных особенностей и термодинамических функций;

определены токи коррозии, степень защиты, коэффициент торможения, степень заполнения поверхности металла синтезированными новыми олигомерными ингибиторами;

на основе исследования поверхности ингибированного металла методами сканирующей электронной и атомно-силовой микроскопии определены механизмы действия ингибиторов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

доказана высокая эффективность в различных агрессивных условиях, появляющихся в процессе производства и стабильность в широком диапазоне температур новых ингибиторов, разработанных на основе синтезированных соединений и вторичного сырья;

выявлена эффективность в кислых средах композиционного ингибитора, разработанного на основе диметилоламинотиокарбамид фосфата и кубового остатка моноэтаноламина.

Достоверность полученных результатов доказана методами гравиметрии, поляризационных кривых, поляризационного сопротивления, ИК спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии, спектрометрии, а также на основе современных термодинамических, кинетических и адсорбционных теорий.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в установлении взаимосвязи эффективности ингибиторов на основе олигомерных соединений и вторичных промышленных продуктов с их структурой, оптимального соотношения компонентов, взаимосвязи физико-химических особенностей и механизма ингибирования.

Практическая значимость результатов исследований по разработке композиционных ингибиторов заключается в высокоэффективной защите стали от коррозии в высокоагрессивных кислотно-солевых средах и оборотных водах и удлинению срока службы металлоконструкций.

Внедрение результатов исследования. На основании научных результатов применения ингибиторов коррозии металлов на основе аминотиокарбамида и меламин олигомерные аминосоединения и вторичные продукты:

композиционные ингибиторы, полученные на основе олигомерных аминосоединений и вторичных продуктов внедрены в практику Навоийского горно-металлургического комбината для предотвращения коррозионных процессов, наблюдаемых в агрессивных средах после кислотной обработки. (Справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-07/10674 от 5 ноября 2021 г.). В результате появилась возможность защиты стальных конструкций от агрессивных кислотно-солевых сточных вод, появляющихся после кислотной обработки;

композиционные ингибиторы, полученные на основе олигомерных аминосоединений и вторичных продуктов внедрены в практику ОАО «Максам-Чирчик» (Справка ОАО «Максам-Чирчик» №157-9/20 от 14 мая 2020 г.). В результате появилась возможность защиты стальных материалов от коррозии, наблюдаемой в оборотных и охладительных водных системах.

проведенные научные исследования по синтезу ингибиторов и определению их эффективности в различных средах использованы в научном проекте ОТ-Ф7-85 «Синтез и физико-химические свойства алифатических и гетероциклических ингибиторов коррозии металлов на основе аминометиленфосфатной кислоты» при определении оптимальных соотношений многокомпонентных ингибиторов. (Справка № 89-03-4763 от 16

ноября 2020 г. Министерства высшего и среднего специального образования республики Узбекистан). В результате появилась возможность создания ингибиторов, обеспечивающих высокий уровень защиты металлов от коррозии и их длительную работу.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждены на 13 научно-технических конференциях, из них 3 международных и 10 республиканских.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 17 научных работ; из них 4 научные статьи, в том числе 3 в республиканских и 1 зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций (PhD).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 119 страниц.⁴

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации, формулируются цель и задачи, объекты и предмет исследования, приводятся сведения о соответствии исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, научная новизна, научно-практическая значимость результатов, их достоверность, апробации и публикации полученных результатов.

Первая глава диссертации, озаглавленная «**Применение ингибиторов в различных агрессивных средах**», представляет собой обзор литературы, в которой представлена информация об ингибиторах коррозии, их применении и механизмах защиты ингибиторами на основе многофункциональных аминсоединений в кислой агрессивной среде. Изучены механизмы защиты ингибиторами коррозии по предотвращению химической и электрохимической коррозии металлов, зависимость их эффективности от количества и структуры электродонорных атомов и групп в их составе. Обзор литературы показал, что двух- и многокомпонентные ингибиторы являются более эффективными, чем индивидуальные.

Во второй главе диссертации, озаглавленной «**Синтез объектов исследования, примененные материалы и методы**», приведены условия синтеза и уравнения реакций таких соединений, как аминотиокарбамидфосфат (АТКФ), меламинкарбамидформальдегидный олигомер (МЕКАФ), меламин-аминотиокарбамидформальдегидный олигомер (МЕАТКФ), диметилоламино-тиокарбамидный олигомер (ДМАТК), диметилоламино-тиокарбамид фосфатный олигомер (ДМАТКФ). В разделе «материалы» описывается кислотно-солевые рабочие растворы и состав и структура исходных образцов металла и после его ингибирования. Приведены сведения о методах изучения

⁴ Автор выражает искреннюю благодарность д.х.н., доц. Каттаеву Н.Т. и д.х.н., доц. Эшмаматовой Н.Б. за научные консультации при выполнении диссертационной работы.

ингибирующей эффективности объектов исследования, изотермах кинетики и адсорбции процессов, спектрофотометрических и микроскопических методах.

Третья глава диссертации «Эффективность однокомпонентных ингибиторов» представляет собой анализ практических и теоретических данных, полученных при изучении структуры, ингибирующих свойств синтезированных олигомерных соединений.

ИК-спектроскопический анализ структуры веществ.

Эффективность ингибиторов зависит от образования труднорастворимых соединений с ионами железа, которые адсорбируются на поверхности стали за счет функциональных групп. Кроме того, важна структура молекулы, длина олигомерной цепи. Следовательно, чтобы задуматься о механизме торможения сначала необходимо знать структуру молекулы. Строение синтезированных веществ изучали методом ИК-спектроскопии. Для этого были получены и сопоставлены ИК-спектры реагентов, аминотиокарбамида и меламина, и вновь образованные связи и группы были идентифицированы по линиям поглощения.

Согласно анализу ИК-спектра АТКФ, в результате добавления фосфатной группы к АТК (-O-P=O) валентные полосы группы появились в области 2358 см^{-1} , в области 1078 см^{-1} . для группы $\nu(-\text{P}-\text{OH})$, появились пики поглощения для группы $\delta_{\text{ac}}(\text{P}=\text{O})$ в области 966 см^{-1} и для группы $\delta_{\text{ac}}(\text{P}=\text{O})$ в области 727 см^{-1} . В результате перехода некоторых аминогрупп в группу аммония, $3358, 3253, 3170\text{ см}^{-1}$ $\nu(-\text{NH}_2)$, $1641-1616\text{ см}^{-1}$ $\delta_{\text{c}}(-\text{NH}_2)$, 997 см^{-1} $\delta_{\text{ac}}(\text{NH}_2)$, принадлежащих аминогруппе, вместо линий колебаний появились максимумы поглощения, принадлежащие группе $-\text{NH}_4^+$ ($\nu(3149, 3086, 2949\text{ см}^{-1})$ и $\delta_{\text{ac}}(1600\text{ см}^{-1})$).

Согласно анализу ИК-спектра МЕАТКФ линии поглощения в областях $\nu(3126; 3170\text{ см}^{-1})$ и $\delta_{\text{c}}(1527; 1548\text{ см}^{-1})$, принадлежащие реагирующей группе $-\text{NH}_2$ в составе меламина и АТК потеряны, было обнаружено, что площадь $\nu(3211\text{ см}^{-1})$, $\delta_{\text{c}}(1573\text{ см}^{-1})$ имеет линии поглощения, принадлежащие группе $-\text{NH}$. Пики поглощения в молекуле ДМАТК принадлежали группам $\nu(-\text{OH})$ в области 3490 см^{-1} и $\delta(-\text{OH})$ в области $1580-1450\text{ см}^{-1}$. Линия поглощения в области $\delta(-\text{NH}_2) = 1641\text{ см}^{-1}$ в АТК исчезла, и появилось поглощения в области $\delta(-\text{NH}-) = 1409-1444\text{ см}^{-1}$.

Было обнаружено, что ИК-спектры полученных ДМАТК и ДМАТКФ существенно отличаются от ИК-спектра АТК. Согласно результатам ИК-спектров веществ, пики поглощения в молекуле ДМАТК принадлежали группе $\nu(-\text{OH})$ в области 3490 см^{-1} и группе $\delta(-\text{OH})$ в области $1580-1450\text{ см}^{-1}$. Поглощения в области $\delta(-\text{NH}_2) = 1641\text{ см}^{-1}$ в АТК исчезли, а в области $1409-1444\text{ см}^{-1}$ появились пики поглощения $\delta(-\text{NH}-)$.

Сравнение ИК-спектров АТК и ДМАТКФ показало наличие максимум поглощения, принадлежащие четвертичной аминогруппе в области $3371, 3269\text{ см}^{-1}$ и группе $(-\text{OH})$ в области $3152, 2951\text{ см}^{-1}$. В результате реакции линии валентных колебаний фосфатной группы $(-\text{O}-\text{P}=\text{O})$ наблюдались в области 2358 см^{-1} ; а линии валентных колебаний группы $\nu(-\text{P}-\text{OH})$, деформационных

колебаний групп $\delta_{ac}(P=O)$ и групп $\delta_{ac}(P-O)$ привалялись в областях 1076 см^{-1} , 947 см^{-1} , 727 см^{-1} соответственно.

Квантово-химические расчеты были выполнены с использованием программного пакета Gaussian 09, оптимизированы пространственные структуры соединений и их железообразующих комплексов, установлено распределение зарядов в молекулах, электронная плотность, длина и энергия связей, ограничивающие и высвобождающие граничные молекулярные орбитали, контуры молекулярного электростатического потенциала (МЭП). Эти теоретические расчеты важны для объяснения механизмов взаимодействия ингибиторов с поверхностью металла.

Ингибирующую эффективность соединений определяли методами поляризационных кривых и сопротивления рабочих электродов в различных фоновых растворах. Метод поляризационных кривых является одним из экспресс-методов определения эффективности ингибиторов и одним из электрохимических методов. В процессе коррозии поляризация возникает из-за того, что потенциалы катодной и анодной частей непостоянны, что приводит к сближению, изменению потенциалов, а также - уменьшению тока коррозии в катодном и анодном процессах. Кривые поляризации олигомерных ингибиторов получали в растворах Фон-1 (HCl + 1% NaCl) pH=2,37 и Фон-2 (HCl + 0,5% NaCl) pH=4,65 (рис. 1).

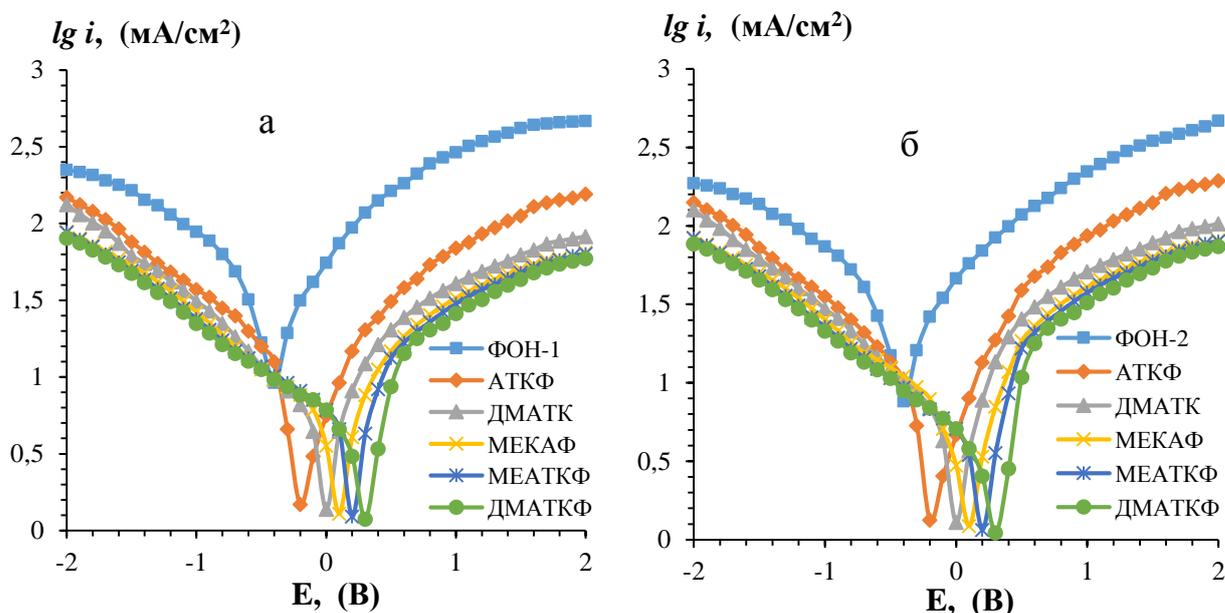


Рис. 1. Поляризационные кривые стального электрода при $T=293\text{K}$ в присутствии 100 мг/л олигомерных ингибиторов в растворах Фон-1 (а) и Фон-2 (б)

При изменении значения тока коррозии ($lg i$) при введении ингибитора в систему, также наблюдался сдвиг потенциала коррозии (E) (рис. 1). Это говорит о том, что ингибиторы действуют по смешанному механизму. Коэффициент торможения (γ), степень защиты (η) и степень заполнения поверхности (θ) определялись по изменению значения тока коррозии в соответствующих системах без ингибитора и с ингибитором (таблица 1).

Таблица 1.

**Результаты определения эффективности ингибиторов при T=293K
методом поляризационных кривых**

Ингибитор	C, мг/л	i , mA/cm ²	γ	θ	η , %
Фон-1	100	0,96	–	–	–
АТК		0,169	5,68	0,824	82,40
ДМАТК		0,138	6,96	0,8563	85,63
МЕКАФ		0,11	8,73	0,8854	88,54
МЕАТКФ		0,091	10,55	0,9052	90,52
ДМАТКФ		0,075	12,80	0,9219	92,19
Фон-2	100	0,883	–	–	–
АТК		0,126	6,98	0,8568	85,68
ДМАТК		0,111	7,93	0,8739	87,39
МЕКАФ		0,087	10,11	0,9011	90,11
МЕАТКФ		0,064	13,75	0,9273	92,73
ДМАТКФ		0,045	19,56	0,9489	94,89

Снижение электропроводности электрода из-за адсорбции ингибиторов на его поверхности приводит к увеличению поляризационного сопротивления (R) (рис. 2).

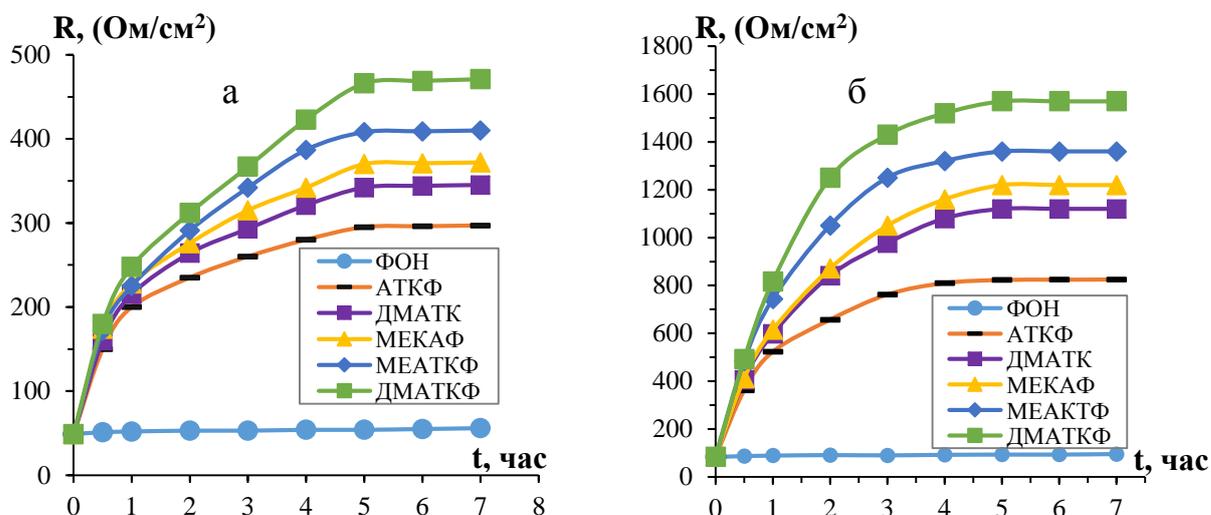


Рис. 2. Зависимость поляризационного сопротивления стального электрода от времени при T=293K в присутствии 100 мг/л различных ингибиторов в растворах Фон-1 (а) и Фон-2 (б)

В отсутствие ингибиторов сопротивление в растворах Фон-1 и Фон-2 составляло 54 и 93 Ом. При использовании ингибиторов в концентрации 100 мг/л максимальное сопротивление в растворах Фон-1 и Фон-2 составляло 295–466 и 823–1570 Ом/см². Степень защиты ингибиторов варьировались от 81,7 до 84,2%, в растворе Фон-1 и от 88,7 до 94,08% в растворе Фон-2 (в порядке возрастания устойчивости).

Помимо электрохимического метода антикоррозионная эффективность олигомерных аминосоединений также определялась гравиметрическим

методом по изменению массы электрода, выдерживаемого в течение 10 суток в ингибирующих и не ингибирующих условиях (табл. 2).

Таблица 2.

Результаты определения эффективности ингибиторов гравиметрическим методом при С=100 мг/л и Т= 293 К

Ингибитор	$W_{\text{грав}}$, гр/(см ² ·час)	γ	η , %	θ
Фон-1	1,216	-	-	-
АТК	0,191	6,37	84,29	0,8429
ДМАТК	0,153	7,95	87,42	0,8742
МЕКАФ	0,146	8,33	87,99	0,8799
МЕАТКФ	0,119	10,22	90,21	0,9021
ДМАТКФ	0,093	13,08	92,35	0,9235
Фон-2	1,104	-	-	-
АТК	0,128	8,63	88,41	0,8841
ДМАТК	0,107	10,32	90,31	0,9031
МЕКАФ	0,097	11,38	91,21	0,9121
МЕАТКФ	0,083	13,30	92,48	0,9248
ДМАТКФ	0,052	21,23	95,29	0,9529

Из табл. 2 видно, что скорость коррозии ($W_{\text{грав}}$) в растворе Фон-1 выше чем раствор Фон-2 поскольку он более агрессивен. Ингибиторы показали уровень защиты 84,29-92,35% в растворе Фон-1 и 88,41-95,29% в растворе Фон-2. ДМАТКФ продемонстрировал высокий уровень защиты в отличие и от других соединений и оказался наиболее эффективным ингибитором. Чтобы узнать больше о механизме защиты были определены уровни защиты, степени заполнения поверхности и скорости коррозии ДМАТКФ при различных температурах и концентрациях.

Используя уравнение Аррениуса определяли энергию активации процесса ингибирования путем построения графика зависимости $\lg W$ от $1000/T$ от скоростей коррозии, полученных при различных температурах и концентрациях, и определения тангенса угла отклонения линии. Здесь $\text{tg}\alpha$ связан с энергией активации следующим образом: $\text{tg}\alpha = -E_a/2,303 \cdot R$ (рис. 3а). Следующее переходное уравнение использовалось для определения значений энтальпии активации (ΔH_a) и энтропии (ΔS_a):

$$W_{\text{грав}} = \frac{RT}{Nh} \exp\left(\frac{\Delta S_a}{R}\right) \exp\left(-\frac{\Delta H_a}{RT}\right)$$

где: h - постоянная Планка ($6,626 \cdot 10^{-34}$ м²кг/с), N - постоянная Авагадро. Нами построены переходный кривые (рис. 3б) и определена энтальпия активации через тангенс угла наклона ($\text{tg}\alpha = -\Delta H_a/2,303 R$). Нахождением точки пересечения кривых с осью ординат была найдена энтропия активации [$\lg(R/Nh) + (\Delta S_a/2,303 \cdot R)$].

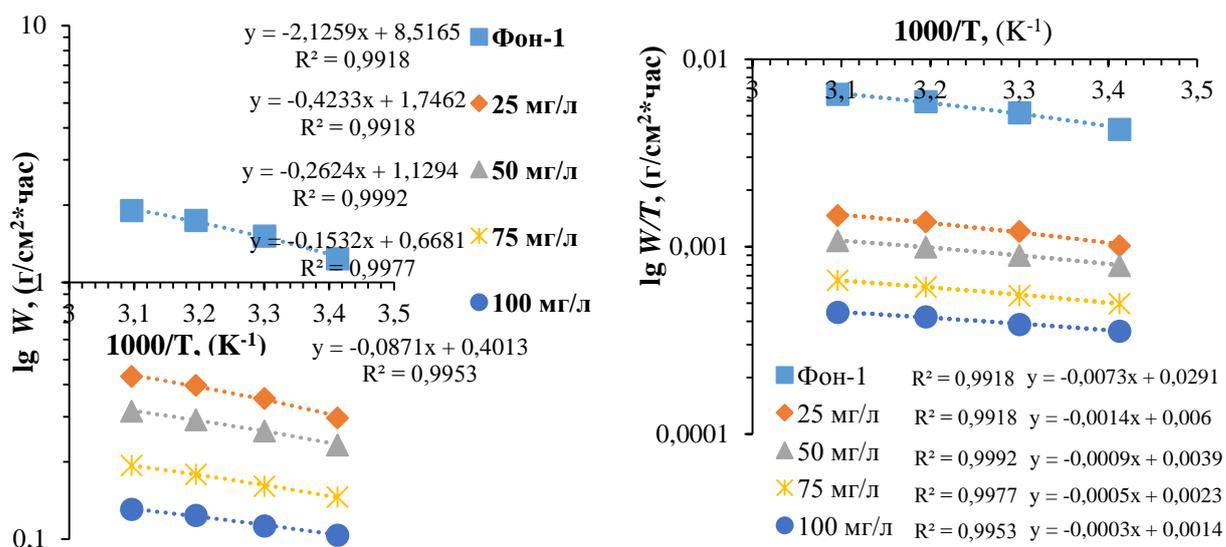


Рис 3. Зависимости Аррениуса и переходного состояния, полученные на основе кинетических исследований процесса ингибирования коррозии стального электрода в присутствии ДМАТКФ

В системах, в которых отсутствует ингибитор наблюдалось высокое значение энергии активации, а после введения ингибитора наблюдалось её уменьшение (табл. 3). Это можно объяснить тем, что молекулы ингибитора легче взаимодействует с электродом чем молекулы в фоновом растворе. Дальнейшее снижение энергии активации наблюдалось с увеличением концентрации ингибитора. Увеличение концентрации ингибитора в растворе приводит к увеличению числа столкновений с активными центрами поверхности электрода.

Таблица 3.

Термодинамические параметры процесса ингибирования коррозии стали в присутствии ДМАТКФ в растворе Фон-1

$C_{инг}$ (мл/л)	-	25 мг/л	50 мг/л	75 мг/л	100 мг/л
E_a (кЖ/моль)	40,70	8,10	5,02	2,93	1,67
ΔH (кЖ/моль)	139,77	26,81	17,23	9,57	5,74
ΔS Ж/(моль·К)	359,60	-82,70	-122,90	-153,54	-170,77

Обнаружено снижение энтальпии активации после введения ингибитора. Это означает, что активация среды, свободной от ингибитора, требует больше энергии, чем среда ингибитора, а это означает, что процесс проходит легче, если ввести ингибитор. Положительные значения энтропии активации в среде без ингибитора указывает на беспорядочное состояние системы, а в присутствии ингибитора значения энтропии отрицательны, что указывает на упорядочение системы.

Механизм адсорбции ДМАТКФ на поверхности стали исследовали с помощью изотерм Ленгмюра, Фрумкина и Темкина (рис. 3а, б, в).

$$\text{Ленгмюр} \quad \frac{C_{инг}}{\theta} = \frac{1}{K_{адс}} + C_{инг}$$

$$\text{Фрумкин} \quad \frac{\theta_{грав}}{1-\theta_{грав}} \exp(-2f\theta_{грав}) = K_{адс} C_{инг}$$

$$\text{Тёмкин} \quad \exp(f\theta_{грав}) = K_{адс} C_{инг}$$

где: $C_{инг}$ – концентрация ингибитора в растворе, $K_{адс}$ – константа равновесия адсорбции. С помощью $K_{адс}$ была определена стандартная энергия Гиббса процесса адсорбции:

$$\Delta G_{адс}^0 = -RT \ln(1000K_{адс})$$

где: 1000-количество воды в растворе (г/л).

Был получен график температурной зависимости стандартной энергии Гиббса (диаграмма Эллингема) (рис. 3д), а также определены значения $\Delta H_{адс}^0$ и $\Delta S_{адс}^0$ с использованием уравнения

$$\Delta G_{адс}^0 = \Delta H_{адс}^0 - T\Delta S_{адс}^0$$

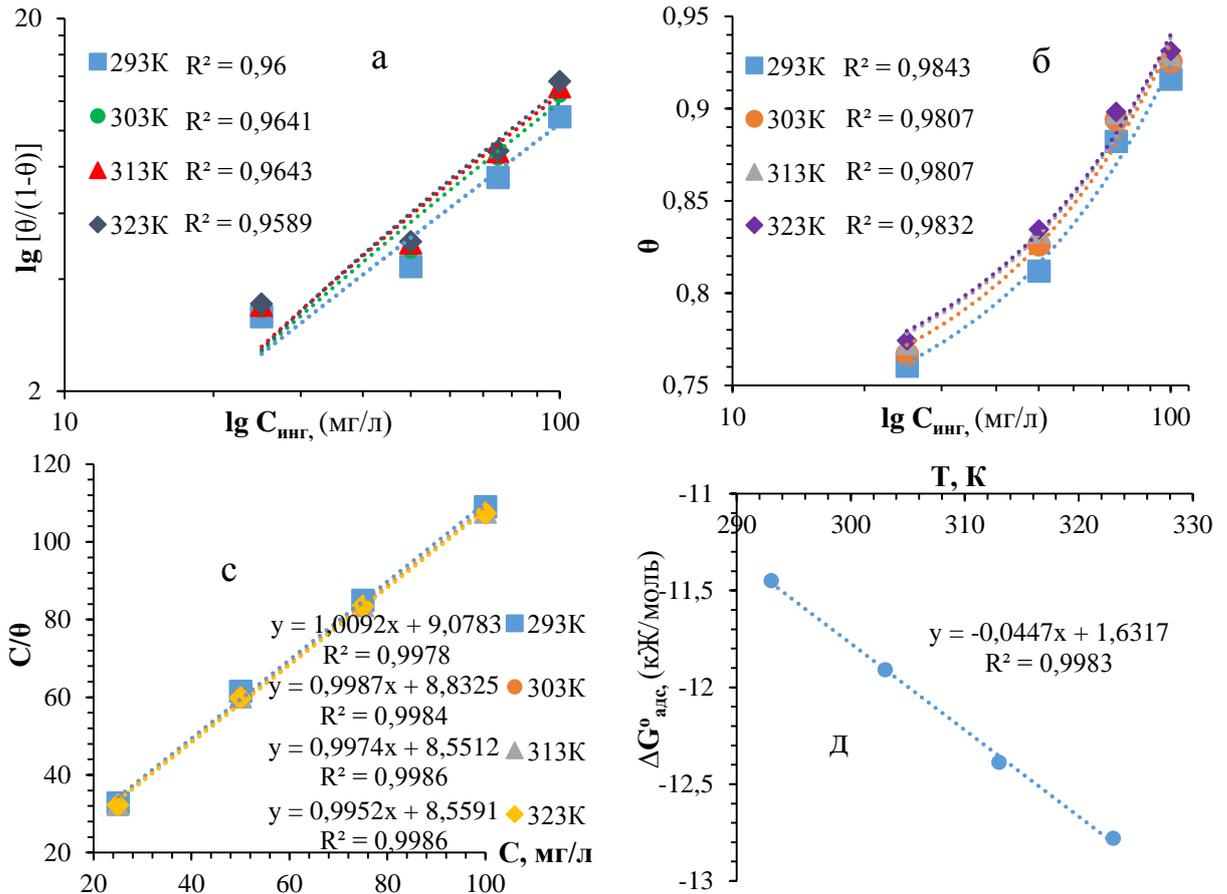


Рис 4. Изотермы Фрумкина (а), Темкина (б), Ленгмюра (с) и диаграмма Эллингема (г) при адсорбции ДМАТКФ на поверхности металла

В результате расчетов установлено, что значение энергии Гиббса отрицательно, что указывает на самопроизвольность процесса. Установлено, что энтропия и энтальпия адсорбции - положительные (табл. 4).

Таблица 4.

Термодинамические функции процесса адсорбции ДМАТКФ, полученные по изотерме Ленгмюра, в растворе Фон-1

T, К	$K_{адс}$	R^2	$\Delta G_{адс}^0$ кЖ/моль	$\Delta H_{адс}^0$ кЖ/моль	$\Delta S_{адс}^0$, кЖ/(моль·К)
293	11,01	0,999	-11,45	1,63	0,0447
303	11,33		-11,91		
313	11,56		-12,36		
323	11,7		-12,78		

Изменения поверхности электрода перед и после коррозии, а также после ингибирования ДМАКТФ изучали мини-спектрофотометром Eye-One Pro в растворе Фон-1.

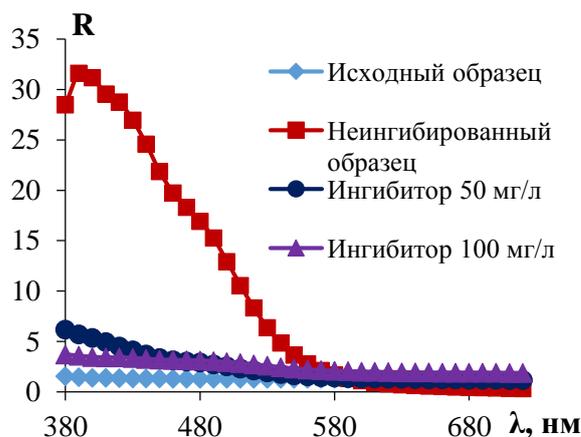


Рис 5. Спектр диффузного отражения поверхности стали в отсутствии ДМАКТФ и присутствии его различных концентраций

Функция Кубелки-Мунка «F» рассчитывалась для каждого коэффициента диффузного отражения, полученного в поле зрения мини-спектрофотометр Eye-One Pro. Из рис. 5 видно, что неингибированный металл образует резкий максимум из-за коррозии в светоотражающем спектре. В результате защиты металлической поверхности от коррозии под действием ингибиторов спектр светоотражения оказался близким к спектру чистой металлической поверхности.

Структуру кристаллического защитного слоя ингибитора на поверхности металла изучали с помощью СЭМ-микрофотографий, полученных сканирующим электронным микроскопом (СЭМ) (рис. 6).

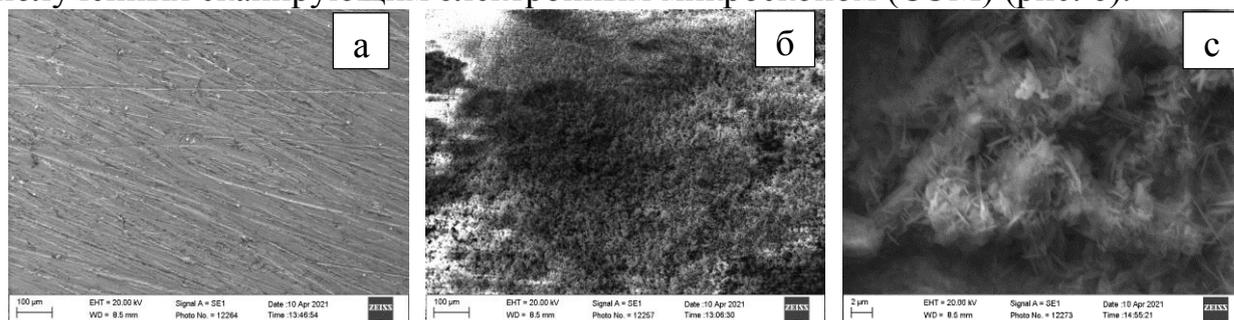


Рис 6. СЭМ-микрофотографии поверхности металла: исходного (а), корродированного (б) и ингибированного (с)

Структурная морфология сформированного защитного слоя была изучена с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) (рис. 7).

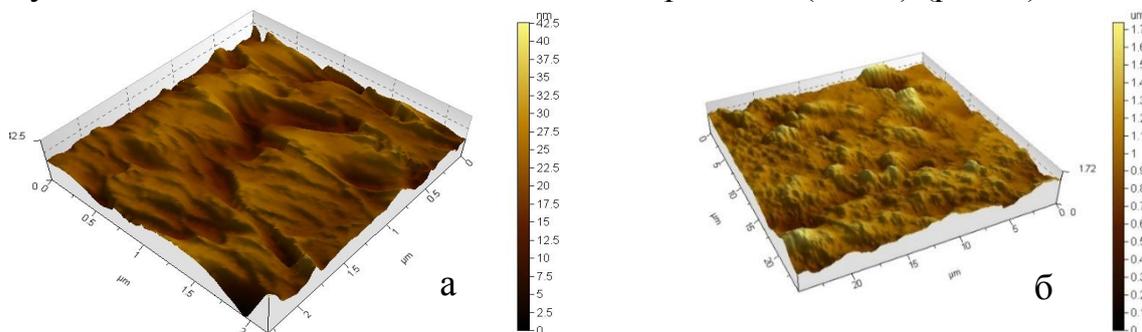


Рис 7. АСМ микрофотографии поверхности исходного металла (а) и в присутствии адсорбированного ингибитора (б)

Четвертая глава диссертации, озаглавленная «Влияние двухкомпонентных ингибиторов на агрессивные активные среды»,

посвящена исследованию свойств двухкомпонентных ингибиторов, образованных олигомерными аминосоединениями с кубовой остаток моноэтаноламина или экстракционной фосфорной кислотой.

Кубовой остаток моноэтаноламина (КОМЭА) - получают в промышленности путем перегонки отработанных растворов моноэтаноламина. Он содержит (мас. %) Моноэтанолмин-25-30, смол неорганических соединений (мало) и остальное - вода.

Экстракционная фосфорная кислота (ЭФК). Состав экстрагированной фосфорной кислоты, полученной выпариванием, следующий (мас. %): H_3PO_4 – 26,52; CaO – 0,356; MgO – 1,2; Al_2O_3 – 0,54; остальное - вода (ТУ 6.6-21: 2008).

КОМЭА и ЭФК, используемые в качестве второго компонента ингибиторов, являются вторичным продуктом на промышленных предприятиях и заводах страны, включая «Алмалык Аммофос».

Таблица 5.

Эффективность и коэффициент взаимодействия двухкомпонентных ингибиторов при С=100 мг/л и Т= 293 К в растворе Фон-1 при различных соотношениях компонентов

Ингибитор	Соотношение компонентов	$W_{грав}$, гр/(см ² ·час)	Г	η, %	$\bar{\gamma}$	$\gamma/\bar{\gamma}$
Фон-1	-	1,32	-	-	-	-
МЕАТКФ– ЭФК	1:2	0,122	10,33	90,32	11,78	0,88
	1:1	0,108	11,67	91,43		0,99
	2:1	0,096	13,13	92,38		1,11
	3:1	0,105	12	91,67		1,02
ДМАТКФ– ЭФК	1:2	0,102	12,35	91,9	14,97	1,49
	1:1	0,089	14,16	92,94		1,70
	2:1	0,068	18,53	94,6		2,23
	3:1	0,085	14,82	93,25		1,78
МЕКАФ– КОМЭА	1:2	0,127	9,92	89,92	10,94	0,97
	1:1	0,102	12,35	91,9		1,21
	2:1	0,113	11,15	91,03		1,09
	3:1	0,122	10,33	90,32		1,01
МЕАТКФ– КОМЭА	1:2	0,11	11,45	91,27	12,57	0,97
	1:1	0,091	13,85	92,78		1,18
	2:1	0,098	12,86	92,22		1,09
	3:1	0,104	12,12	91,75		1,03
ДМАТКФ– КОМЭА	1:2	0,087	14,48	93,1	17,03	0,97
	1:1	0,062	20,32	95,08		1,36
	2:1	0,071	17,75	94,37		1,19
	3:1	0,081	15,56	93,57		1,04

Согласно результатам табл. 5 КОМЭА по сравнению с индивидуальными ингибиторами показал самый высокий уровень защиты в рабочем растворе Фон-1 при соотношении 1:1 с ЭФК, которое оказалось оптимальным. При

использовании двухкомпонентных ингибиторов наблюдались синергетические эффекты и было обнаружено, что степень защиты выше, чем для отдельных олигомерных ингибиторов. Если значение коэффициента взаимодействия ($\gamma/\bar{\gamma}$) больше 1, это означает, что имеется синергетический эффект. Из двухкомпонентных ингибиторов ДМАТКФ + КОМЭА показал более высокую эффективность (95,08%), чем другие ингибиторы.

Эффективность двухкомпонентных композитных ингибиторов исследовали методом поляризационных кривых и полярности сопротивления.

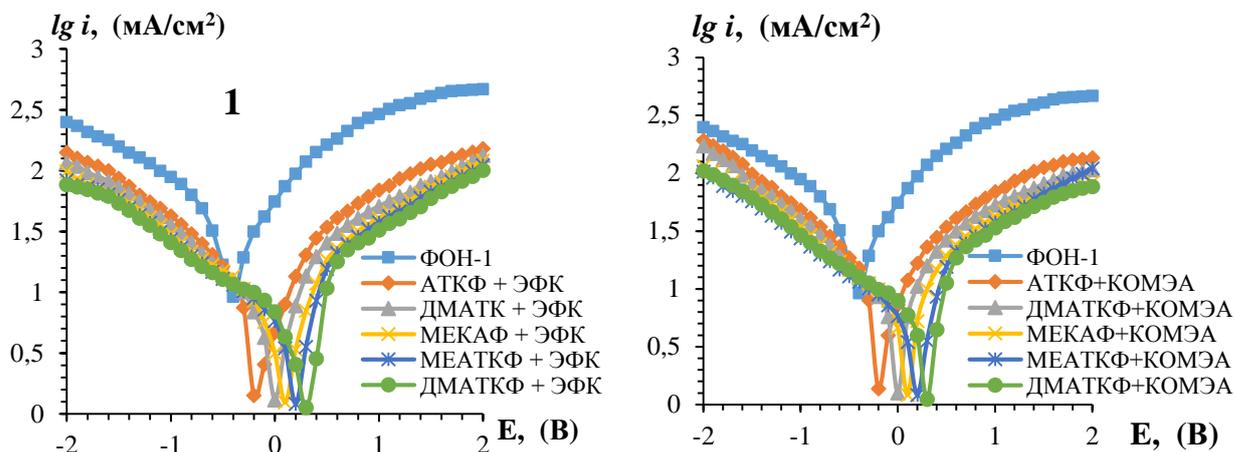


Рис 8. Поляризационные кривые стального электрода при $C=100$ мг/л, $T=293$ К в присутствии композитных ингибиторов на основе ЭФК (1), КОМЭА (2) и синтезированных соединений

Было обнаружено, что величина тока коррозии на поляризационных кривых композитных ингибиторов уменьшилась больше, чем у индивидуальных ингибиторов, потенциал коррозии сдвинулся сильнее в положительную сторону (рис. 8). Уровень защиты и коэффициенты торможения также были выше у композитных ингибиторов.

Эффективность двухкомпонентных ингибиторов исследована и методом поляризационного сопротивления. Для метода поляризационного сопротивления компоненты применялись при оптимальных соотношениях и концентрации 100 мг/л, при этом обнаружено возрастание эффективности по сравнению с однокомпонентными системами. В растворе Фон-1 без ингибитора сопротивление со временем практически не изменялось и значение $R_0=54$ Ом/см². Когда в качестве второго компонента добавляли ЭФК значение поляризационного сопротивления возросло до 826 Ом/см², а при добавлении КОМЭА до 1105 Ом/см². Наибольшая эффективность в растворе Фон-1 наблюдалась при использовании двухкомпонентного ингибитора ДМАТКФ+КОМЭА в эквимолярном соотношении компонентов и степень защиты достигла 95,11 %.

Энергии активации и адсорбционные свойства двухкомпонентных ингибиторов на поверхности металла исследованы на примере ДМАТКФ + КОМЭА. Определены скорость коррозии, степень защиты и заполнения поверхности этим ингибитором при различных температурах и концентрациях (Табл. 6).

Таблица 6.

Концентрационная зависимость эффективности композиционного ингибитора ДМАТКФ+КОМЭА в растворе Фон-1 при различных температурах

Ингибитор	T, К	C, мг/л	W, гр/(см ² ·час)	γ	η, %	θ
ДМАТКФ + КОМЭА	293	-	1,29	-	-	-
		25	0,354		72,56	0,7256
		50	0,243	5,31	81,16	0,8116
		75	0,106	12,17	91,78	0,9178
		100	0,064	20,16	95,04	0,9504
	303	-	1,59	-	-	-
		25	0,364	4,37	77,11	0,7711
		50	0,264	6,02	83,40	0,8340
		75	0,121	13,14	92,39	0,9239
		100	0,073	21,78	95,41	0,9541
	313	-	1,93	-	-	-
		25	0,391	4,94	79,74	0,7974
		50	0,282	6,84	85,39	0,8539
		75	0,139	13,88	92,80	0,9280
		100	0,084	22,98	95,65	0,9565
	323	-	2,32	-	-	-
		25	0,411	5,64	82,28	0,8228
		50	0,296	7,84	87,24	0,8724
		75	0,154	15,06	93,36	0,9336
		100	0,091	25,49	96,08	0,9608

Обработкой данных табл. 6 определены энергия активации, энтальпия активации и энтропия процесса (табл. 7). Термодинамические функции процесса активации показали, что ингибирование протекает по смешанному механизму.

Таблица 7.

Термодинамические функции процесса ингибирования коррозии стали в присутствии различных концентраций композиции ДМАТКФ+КОМЭА

C _{инг} (мг/л)	-	25	50	75	100
E _a (кЖ/моль)	62,00	8,10	4,40	2,87	1,15
ΔH (кЖ/моль)	166,58	11,49	9,57	7,66	3,83
ΔS Ж/(моль·К)	457,25	-136,31	-155,45	-168,86	-182,26

Адсорбция двухкомпонентных ингибиторов также описывается изотермой Ленгмюра. Стандартная энергия Гиббса отрицательна и значит процесс протекает самопроизвольно. Энтальпия адсорбции составила 15 462 кДж/моль, а энтропия 0,0892 кДж/(моль·К).

На основе результатов исследований различными методами показано, что олигомерные аminosоединения адсорбируются на поверхности стали

ковалентными (химическими) и донорно-акцепторными (физическими) связями и предложены предполагаемые механизмы взаимодействия (рис.9).

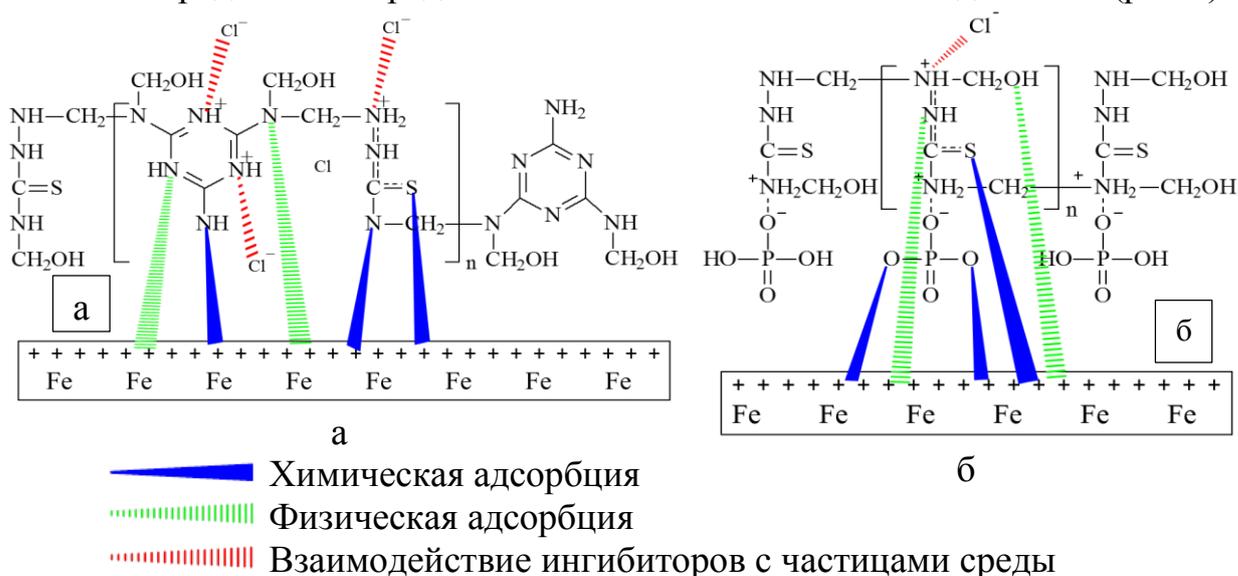


Рис. 9. Механизмы взаимодействия ингибиторов МЕАТКФ (а) и ДМАТКФ (б) с поверхностью стали

Предлагаемые механизмы кроме атомов железа предусматривают взаимодействие ингибиторов и соляно-кислой средой. В результате агрессивность среды уменьшается, а эффективность ингибиторов возрастает.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе аминотиокарбамида и меламина синтезированы азот-, кислород- и фосфорсодержащие ингибиторы олигомерного типа, криоскопически определены их молекулярные массы, методами ИК спектроскопии и квантовой химии установлена их оптимизированная структура.
2. Показана зависимость значений тока коррозии и стандартного потенциала, степени защиты и коэффициента торможения, степени заполнения поверхности и константы равновесия процесса адсорбции от различных факторов.
3. Определены кинетические и термодинамические функции – энергия активации, энтальпия и энтропия процесса коррозии при различных концентрациях ингибиторов. Процесс адсорбции объяснен через изотермы и термодинамические функции.
4. Показана эффективность двухкомпонентных ингибиторов по отношению индивидуальных за счет присутствия синергетического эффекта.
5. Результаты кинетических и термодинамических исследований подтверждены методами спектрофотометрии, атомно-силовой и сканирующей электронной микроскопии, предложены механизмы ингибирования коррозии стали.
6. Ингибиторы на основе олигомерных аминосоединений и вторичных продуктов рекомендованы к использованию в агрессивных средах, образующихся в результате кислотной обработки, на ОАО «Махат-Chirchiq» и Навоийском горно-металлургического комбинате.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019K.01.03
IN ACCORDANCE OF ACADEMIC DEGREES
AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

**NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN NAMED AFTER MIRZO
ULUGBEK**

RAJABOV YUSUFBOY NURADDIN UGLI

**MECHANISM OF INHIBITION OF SYSTEMS BASED ON OLIGOMERIC
AMINOCOMPOUNDS AND SECONDARY RAW MATERIALS OF THE
INDUSTRY**

02.00.04 – Physical chemistry (chemical sciences)

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

Tashkent-2021

The title of the doctoral of philosophy (PhD) dissertation has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2021.4.PhD/K336.

The dissertation has been prepared at the Institute of the Chemistry of Plant Substances.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online www.ik-kimyo.nuuz.uz and on the website of “ZiyoNet” information-educational portal www.ziynet.uz.

Scientific supervisor: **Akbarov Khamdam**
doctor of chemical sciences, professor

Official opponents: **Kholikov Abduvali**
doctor of chemical sciences, professor

Beknazarov Khasan
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: Institute of General and Inorganic Chemistry

The defense of the dissertation will take place on « 15 » 01 2022 in « 11⁰⁰ » at the meeting of Scientific council DSc 03/30.12.2019.K.01.03 at the National University of Uzbekistan (Address: 100174, Tashkent, Universitetical street, 4. Phone: (99871)227-12-24, Fax: (99824) 246-53-21; 246-02-24. e-mail:chem0102@mail.ru).

The dissertation has been registered at the Informational Resource Centre of National University of Uzbekistan under № 169 (Address: 100174, Universitetical street, 4. Tashkent, Administrative Building of the National University of Uzbekistan, tel.: (99871) 246-67-71).

The abstract of the dissertation has been distributed on « 28 » 12 2021 year

Protocol at the register № 26 dated « 27 » 12 2021 year

Z. Smanova
Chairman of the Scientific Council for
awarding of the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Professor

D. Gafurova
Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences

M. Mukhamediev
Chairman of Scientific seminar
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Chemical Science, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of research work is the elaboration of new highly effective corrosion inhibitors of steel in aggressive acid-salt mediums on the base oligomeric aminocompounds and secondary raw materials and determination of the mechanism of their action.

The objects of research works are oligomeric aminocompounds based on aminothiocarbamide, melamine, urea; as the second component the boiler residue of vacuum distillation of monoethanolamine and extraction phosphoric acid.

Scientific novelty of the research work is follows:

for the first time the optimal ratios and concentrations of new inhibitors based on oligomeric aminocompounds and by-products have been determined;

the monomolecularity of the adsorption process was proved on the base of determining the activation energies of inhibitors, adsorption peculiarities and thermodynamic functions;

the corrosion currents, degree of protection, braking coefficient and degree of surface coverage of metal by the synthesized new oligomeric inhibitors have been determined;

for the on the base of investigations of surface of inhibited metal by scanning electron and atomic force microscopy the mechanisms of action of inhibitors have been determined.

Implementation of the research results. Based on scientific results of using metal corrosion inhibitors on the base aminothiocarbamide and melamin oligomeric aminocompounds and secondary product:

Composite inhibitors obtained based on oligomeric aminocompounds and secondary products have been introduced into the practice of the Navoi Mining - metallurgical combine to prevent corrosive processes observed in corrosive environments after acid treatment. (Certificate of the Navoi Mining - metallurgical combine No. 02-06-07 / 10674 dated November 5, 2021). As a result, it became possible to protect steel construction from aggressive acid-salt wastewater that appears after acid treatment;

composite inhibitors based on oligomeric aminocompounds and secondary products have been introduced in practices OJSC "Maksam-Chirchik" with positive results and introduced into the practices (Reference of OJSC "Maksam-Chirchik" No. 157-9 / 20 of 14 May 2020). In results it became possible to protect steel materials from corrosion observed in circulating and cooling water systems;

The presented scientific research on the synthesis of inhibitors and determination of their effectiveness in various mediums was used in the scientific project OT-F7-85 "Synthesis and physico-chemical properties of aliphatic and heterocyclic inhibitors of corrosion metals based on aminomethylene phosphate acid". (Referance No. 89-03-4763 dated November 16, 2020 by the Ministry of Higher and Secondary Specialised Education of the Republic of Uzbekistan). As a result, it became possible to create inhibitors that providing a high level of protection of metals from corrosion and their long-term operation.

The structure and volume of the thesis. Dissertation consists of introduction, four chapters, conclusions, list of using literature and appendix. The volume of dissertation is 119 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙЎАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Ражабов Ю.Н., Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Механизмы защиты и оценка эффективности ингибиторов на основе аминосоединений // Universum: химия и биология. – Москва, 2020. – № 12 (78). Часть 2. – С. 20-24. (02.00.00. № 2).
2. Ражабов Ю.Н., Акбаров Х.И., Гуро В.П., Фузайлова Ф.Н. Антикоррозионные свойства ингибиторов кислых сред на основе меламина // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2020. – № 2. – С. 36-41 (02.00.00. № 6).
3. Эшмаматова Н.Б., Ражабов Ю.Н., Акбаров Х.И., Худойкулова Р.З., Сунатов Ш.Ш., Бахромова И.А., Ахмедова Н.К. Защитная эффективность ингибиторов органического типа на основе мочевины // “Композиционные материалы” Узбекский научно-технический и производственный журнал. – Ташкент, 2019. – № 1. – С. 109-112 (02.00.00. № 4).
4. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Ражабов Ю.Н. Защитная эффективность ингибиторов олигомерного типа на основе органических соединений // “Композиционные материалы” Узбекский научно-технический и производственный журнал. – Ташкент, 2018. – №1. – С. 32-35 (02.00.00. № 4).

II бўлим (II часть; II part)

5. Ражабов Ю.Н., Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Синтез антикоррозионных ингибиторов олигомерного типа / “Ўзбекистонда аналитик кимёнинг ривожланиш истиқболлари” мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани. – Тошкент, 2018. – Б. 277-280.
6. Эшмаматова Н.Б., Ражабов Ю.Н., Акбаров Х.И. ИК – спектроскопические и рентгеноструктурные исследования структуры органических соединений, синтезированных на основе мочевины и меламина / “Новые композиционные и наноконпозиционные материалы: структура, свойства и применение” материалы научно-практической конференции. – Ташкент, 2018. – С. 90-92.
7. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Зияева М.Р., Ражабов Ю.Н., Худойкулова Р.З., Бахромова И.А. Антикоррозионные ингибиторы на основе аминоксодержащих органических соединений, предназначенных для нефтегазовой промышленности / Материалы Международной конференции “Современные инновации: химия и химическая технология ацетиленовых соединений. Нефтехимия. Катализ”. – Ташкент, 2018. – С. 96-97.
8. Ражабов Ю.Н., Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Калядин В.Г., Худойкулова Р.З., Бахромова И.А., Тожиева М.А. Исследование структуры и эффективности коррозионной защиты стали новыми азот и фосфорсодержащими ингибиторами / Республиканской научно-технической

конференции “Ресурсо- и энергосберегающие безвредные композиционные и нанокоспозиционные материалы”. – Ташкент, 2019. – С. 12-14.

9. Ражабов Ю.Н., Акбаров Х.И., Эшмаматова Н.Б. Азот тутган ингибиторларнинг турли мухитларда қўлланилиши ва самарадорлиги / “Функционал полимерлар фанининг замонавий ҳолати ва истиқболлари” мавзусидаги профессор-ўқитувчилар ва ёш олимларнинг илмий-амалий анжумани материаллари. – Тошкент, 2020. – Б. 360.

10. Ражабов Ю.Н., Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Олигомер ингибиторларнинг агрессив мухитлари пўлат сиртига адсорбцияланиш механизлари / “Ўзбекистонда кимё фанининг ривожланиши ва истиқболлари” мавзусидаги илмий-амалий анжуман. – Тошкент, 2020. – Б. 82.

11. Ражабов Ю.Н. Металларни коррозиядан химоялашда аминокбирикмалар асосида олинган ингибиторларнинг самарадорлиги / “Fan va ta’limda innovatsion yondashuvlar, muammolar, taklif va yechimlar” mavzusidagi 4-sonli Respublika ilmiy-onlayn konferensiyasi. – Toshkent, 2020. – B. 147.

12. Ражабов Ю.Н., Акбаров Х.И. Аминотиокарбамид асосидаги олигомер ингибиторлар синтези ва антикоррозион хусусиятлари / Акбаров Ҳамдам Икромович таваллудининг 70 йиллиги ҳамда илмий фаолиятининг 45 йиллигига бағишланган “Кимёнинг долзарб муаммолари” мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани. – Тошкент, 2021. – Б. 59.

13. Ражабов Ю.Н., Акбаров Х.И. Диметилоламинотиокарбамид фосфатнинг пўлат коррозиясини ингибирлаш самарадорлиги / “Қорақалпоғистон республикасида кимё ва кимёвий технология соҳалари ривожининг долзарб масалалари” мавзусидаги илмий-амалий конференция. – Нукус, 2021. – Б. 157-158.

14. Ражабов Ю.Н., Акбаров Х.И. Меламиннинг фосфорли бирикмалари асосидаги ингибиторлар тузилишини квант-кимёвий тадқиқоти / “Mahalliy xomshayolar va ikkilamchi resurslar asosidagi innovatsion texnologiyalar” mavzusidagi Respublika ilmiy-texnik anjumani. – Urganch, 2021. – B. 214-215.

15. Rajabov Yu.N., Akbarov X.I. Dimetilolaminotiokarbamid fosfat oligomer ingibitorining Lengmyur izotermasi yordamida termodinamik tadqiqoti / “Замонавий органик кимёнинг долзарб муаммолари” мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани. – Қарши, 2021. – Б. 177-179.

16. Ражабов Ю.Н., Акбаров Х.И. Икки компонентли ингибиторларнинг пўлат коррозиясига қарши термодинамик тадқиқоти / “Роль современной химии и инноваций в развитии национальной экономики” Международная научно-технический конференция. – Фергана, 2021. – С. 518-520.

17. Ражабов Ю.Н., Акбаров Х.И. Аминокбирикмалар асосидаги икки компонентли ингибиторларнинг адсорбцион ва термодинамик тадқиқоти / “Инновационные решения актуальных проблем в области высокомолекулярных металлоорганических соединений” Международная научно-практическая онлайн-конференция. – Ташкент, 2021. – С. 56-57.

Автореферат “ЎзМУ хабарлари” таҳририятида таҳрирдан ўтказилди
(16.12.2021 й.)

Босишга рухсат этилди: _____ йил.
Қоғоз бичими
Шартли босма табағи: Адади нусха. Буюртма №
Гувоҳнома reestr №

