

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.03/30.12.2019. К.02.05  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**ОСЕРБАЕВА АЛЬФИЯ КУРБАНБАЕВНА**

**ТУЗЛИ ВА ВОДОРОДСУЛЬФИДЛИ ЭРИТМАЛАРДА УГЛЕРОДЛИ  
ПЎЛАТЛАРНИ КОРРОЗИЯЛАНИШИНИ АМИНЛАР БИЛАН  
ИНГИБИРЛАШНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ҚОНУНИЯТЛАРИ**

**02.00.04 – Физик кимё**

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

**Самарқанд – 2020**

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

**Осербаева Альфия Курбанбаевна**

Тузли ва водородсульфидли эритмаларда углеродли пўлатларни  
коррозияланишини аминлар билан ингибирлашнинг физик-кимёвий  
қонуниятлари..... 3

**Осербаева Альфия Курбанбаевна**

Физико-химические закономерности ингибирования аминами  
коррозии углеродистой стали в солевых и сероводородсодержащих  
растворах..... 21

**Oserbaeva Alfiya Kurbanbaevna**

Physical and chemical regularities of carbon steel corrosion inhibition by  
amines in salt and hydrogen sulfide containing solutions ..... 38

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 41

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.03/30.12.2019. К.02.05  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**ОСЕРБАЕВА АЛЬФИЯ КУРБАНБАЕВНА**

**ТУЗЛИ ВА ВОДОРОДСУЛЬФИДЛИ ЭРИТМАЛАРДА УГЛЕРОДЛИ  
ПЎЛАТЛАРНИ КОРРОЗИЯЛАНИШИНИ АМИНЛАР БИЛАН  
ИНГИБИРЛАШНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ҚОНУНИЯТЛАРИ**

**02.00.04 – Физик кимё**

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

**Самарқанд – 2020**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2019.2.PhD/K190 рақам билан рўйхатга олинган.**

Докторлик диссертацияси Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгашнинг [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz) веб-саҳифасида ва “Ziynet” Ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлашрилган. ти

**Илмий раҳбар:**

**Нуруллаев Шавкат Пайзиевич**  
кимё фанлари номзоди, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Юнусов Мирахмад Пўлатович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Халилов Қадритдин Фахритдинович**  
кимё фанлари номзоди, доцент

**Етакчи ташкилот:**

Ўзбекистон Республикаси ФА Умумий ва ноорганик кимё институти

Диссертация ҳимояси Самарқанд Давлат университети ҳузуридаги PhD.03/30.12.2019. К.02.05 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил “9” ИЮН соат 10<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 140104, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15-уй, Физика-кимё биноси, 3-қават, 305 хона. Тел.: (+99866) 239-11-40; факс: (+99866 239-11-40; E-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)).

Диссертация билан Самарқанд давлат университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (30 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 140104, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15-уй, Ахборот-ресурс ) маркази. Тел.: (+99866) 239-11-51), E-mail: [mnasrullaeva@mail.ru](mailto:mnasrullaeva@mail.ru)

Диссертация автореферати 2020 йил “27” 05 да тарқатилди.  
(2020 йил “27” 05 даги 1- рақамли реестр баённомаси)



**А.М.Насимов**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**Ш.М.Сайиткулов**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш котиби, к.ф.н., доцент

**Р.Нормахматов**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

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

**Мавзунинг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда металллар коррозияси ва коррозиядан химояланиш энг муҳим илмий-техник ва иқтисодий муаммолардан биридир. Чунки техник ва саноати жиҳатидан тараққий этиб ривожланган давлатларда коррозиядан кўриладиган зарар ялпи ички маҳсулотга нисбатан 2-4% ни ташкил этмоқда. Шунинг учун ҳам саноатда кўлланиладиган металлларнинг турли муҳитлар ва шароитларда (температура ва босим) ишлатилиши натижасида металллар коррозияси туфайли бўладиган жараёнлар ва коррозиядан химояланишни қонуниятларини тадқиқ этиш бўйича ишлар муҳим аҳамият касб этади.

Бугунги кунда дунёда кўп компонентли ингибиторларнинг ва коррозияланишга қарши қопламаларни яратиш ва уларнинг физик-кимёвий характеристикаларини аниқлаш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада ингибиторларнинг чидамлилигини ошириш ва саноат чиқиндилари асосида металлларнинг коррозияланишига қарши ишлатиладиган кўп компонентли композицион ингибиторларни олиш ва уларни амалиётда кўллашни тақоза этмоқда.

Республикамизда саноат миқёсида олиб борилаётган илмий-тадқиқот ишлари натижасида металл жиҳозларнинг коррозияланишига ингибиторларнинг таъсирини аниқлаш ва бу борада импорт ўрнини босувчи, экспортбоп, рақобатбардош, жаҳон стандартлари талабларига мос келувчи, паст концентрацияли ҳам юқори самарадорликни таъминловчи, ишлатишга хавфсиз коррозияланишга қарши янги универсал ингибиторларни яратиш ва амалиётга жорий қилиш бўйича муайян натижаларга эришилган. Ўзбекистон Республикасининг 2017-2021 йилларга мўлжалланган Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида “саноатни юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом ашё ресурсларини қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш”<sup>1</sup> каби муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан турли хил агрессив муҳитларда ишловчи технологик жиҳозларни ва трубопроводларни чидамлилигини ва узоқ муддат ишлаш қобилиятини оширишда маҳаллий чиқиндилар асосида ингибиторлар олиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли “2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришнинг устувор бешта тамойили бўйича Ҳаракатлар стратегияси” тўғрисидаги Фармони ҳамда 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сонли “Ўзбекистон Республикаси кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сонли “Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибadorлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги қарорлари, шунингдек мазкур

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли “2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони

фаолиятга тегишли бошқа меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти мўайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. “Кимё, кимёвий технологияларининг назарий асослари, нанотехнологиялар” устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Муаммога тегишли адабиётларни таҳлил қилиш натижасида юқори самарадор ингибиторларни яратиш ва уларни ишлаб чиқаришга республикамиздан ташқари хорижий ва МДХ давлатлари олимлари томонидан хусусан, Kalman E., Veres A, Suzuki T, Greco E, W.Meier, B.Charles, E.Han, J.Berqe, A.Giovanni, G.Burstein, O.R.Mattos, Ю.И.Кузнецов, С.М.Решетников, А.Г.Акимов, Я.М.Колотыркин, В.П.Батраков, П.С.Фахретдинов, В.И.Вигдорович, Л.Е.Цыганкова, М.Хани, О.П.Кузнецова, А.В.Вахин ва С.Н.Степенлар турли агрессив муҳитларда коррозияланиш жараёнининг содир бўлиши, уларни ингибирлаш механизмини, синтез қилиш ва физик-кимёвий қонуниятларини ўрганишга бағишланган тегишли фундаментал тадқиқотлар олиб борилганлиги аниқланди.

Ўзбекистонда металл ва пўлатдан тайёрланган жиҳозлар ҳамда трубопроводларни коррозияланишдан самарали химояладиган ингибиторларнинг янги турларини яратиш ва уларнинг коррозияланиши жараёнига қарши хоссаларини ўрганишга бағишланган ишларни амалга ошириш ва ривожлантириш истиқболлари билан Р.С.Тиллаев, Т.Д.Цыганов, А.Т.Джалилов, Ф.Қ.Қурбанов, Д.Юсупов, В.П.Гуро, З.Б.Таджиходжаев, Ҳ.И.Акбаров, А.Икрамов, А.Ж.Халиков, Х.И.Қодиров каби олимлар томонидан илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу олимлар маҳаллий хом-ашёлар асосида ингибиторларни ва коррозияланишга қарши қопламаларни янги турларини яратишга доир илмий-тадқиқот ишларини бажаришган.

Чет эл давлатлари ва республикамиз олимлари томонидан металлларнинг коррозияланиши муаммоларининг ечимини топишга, янги ингибиторларни синтез қилишга ва уларнинг саноат ишлаб чиқаришида қўлланиши бўйича олиб борилган илмий тадқиқотлар физикавий кимё фанини ривожланиши учун ва кимё маҳсулотлари ишлаб чиқариш саноатидаги муаммоларни ечиш учун жуда муҳим бўлиб ҳисобланади. Шу мақсадда экологик жиҳатдан хавфсиз, кам даражада захарли бўлган кўп компонентли ингибиторларни ва қопламаларни яратиш масаласи республикамизда мавжуд нефть ва газ корхоналарини иқтисодий ривожланишини таъминловчи энг долзарб масала бўлиб қолмоқда. Металлларнинг коррозияланишини ва минерал чўкиндилари ҳосил бўлишининг олдини олувчи композицион янги ингибиторларни яратиш, уларнинг физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш, металлларни коррозияланишдан химоялашда қўлланиладиган ингибиторларнинг янги авлодини яратиш имконини беради.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим ёки илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқотлари Тошкент кимё-технология институти илмий-тадқиқот режасининг “Маҳаллий хом ашё асосида металллар коррозияси ингибиторларининг янги авлоди” (2017-2021 йй.)” мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** маҳаллий хом ашё ва кимё саноати чиқиндилари асосида таркибида аминлар бўлган тузлар ва водород сульфидли муҳитларда металл қотишмаларининг коррозияланишини ингибирлаш ҳамда минерал тузлар чўқиндилари тўпланишига қарши янги композицион ингибиторлар таркибини яратиш ва физик-кимёвий хоссаларини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

маҳаллий хом ашё ҳамда саноат чиқиндилари асосида таркибида азот- ва фосфор-сақловчи импорт ўрнини босувчи ва экспортга йўналтирилган кўп компонентли янги ингибиторларни синтез қилиш ва физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш;

янги таркибли композицияларнинг металллар коррозиясига ва минерал тузлар чўқиндилари тўпланишига қарши ингибиторлик хоссасани пўлатнинг 3 (Ст.3) ва 12 (Ст.12) маркали намуналарида кислотали, сувли ва водород сульфидли муҳитларда аниқлаш;

яратилган композицион ингибиторларнинг металллар юзаси билан таъсирлашиши натижасида юзага келувчи структура ўзгаришларини таҳлил қилиш;

ингибиторларнинг металлларни агрессив муҳитларда коррозияланишдан ҳимоялаш механизмларини аниқлаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида таркибида азот- ва фосфор-сақловчи моддалар асосида яратилган кўп компонентли композицион ингибиторлар олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** маҳаллий хом ашё ҳамда саноат чиқиндилари асосида таркибида азот- ва фосфор-сақловчи кўп компонентли композициялар синтез қилиш, коррозиядан ҳимоялаш, минерал тузлар тўпланишидан ингибирлаш самарадорлигини физик-кимёвий хоссалар ёрдамида аниқлаш, янги композицион ингибиторлар яратишдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари** гравиметрия, электрокимёвий қаршилик спектроскопияси, қутбланиш қаршилиги, қутбланиш эгрлари, электрон микроскопиядан иборат.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қўйидагилардан иборат:

таркибида азот- ва фосфор-сақловчи маҳаллий хом ашё ва кимё саноати чиқиндилари асосида пўлат намуналарининг коррозияланиши ва минерал тузлар чўқиндиларининг тўпланишини олдини олувчи кўп компонентли композицион ингибиторларнинг янги таркиби яратилган;

кўп компонентли ингибиторлар коррозия муҳитига киритилганда металл юзасида темир иони билан комплекс ҳосил қилиш ва адсорбцияланиш жараёнининг термодинамик катталиклари ( $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta G$ ) аниқланган;

ингибитор билан темир ионининг мустаҳкам комплекси  $H^+$  ионига эркин жойлар ҳосил қилмаслиги ва кучли кислотали, водород сульфидли ва сувли муҳитларда ҳам эримаслиги исботланган;

амин, амид ва фосфор сақловчи моддалар асосида яратилган кўп компонентли композицион ингибиторларнинг кинетик хоссалари ва адсорбцияланиш изотермалари баҳоланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қўйидагилардан иборат:

“Махам-Chirchiq” ва “Farg’onaazot” АЖ ларнинг ишлаб чиқариш чиқиндилари асосида композицион ингибиторлар яратилган;

ингибиторлардан нефть ва газ қазиб олиш, нефть ва газни қайта ишлаш саноатларида кислотали, водород сульфидли ва сувли муҳитларда 96-99% самарадорлик билан фойдаланиш мумкинлиги қайд этилган;

композицион ингибиторлар саноатда ишлатиладиган ингибиторлар билан эквимолекуляр нисбатларда (2,0 мг/л) ишлатилганида жиҳозлар ва трубопроводларда минерал тузлар чўқиндиларини тўпланиши 2-4 мартага камайганлиги қайд этилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Асосий илмий ҳолатлар хулосалар электрохимёвий қаршилик, кутбланиш қаршилиги, гравиметрия, электрон микроскопия ва бошқа тадқиқот усулларида фойдаланиб олинган натижалар билан асосланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларнинг илмий аҳамияти таркибида азот- ва фосфор-сақловчи моддалар асосида кўп компонентли композицион ингибиторларни синтез қилиш, металлларни коррозияланишига қарши химоялаш хусусиятларини ҳамда электрохимёвий ва физик-химёвий асосларини баҳолашда қўлланилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маҳаллий хом ашёлар ва саноат чиқиндилари асосида кўп компонентли янги композицион ингибиторлар олиш ва уларнинг ишлаб чиқариш жараёнида коррозияни бартараф этишга хизмат қилиши билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Тузли ва водород сульфидли эритмаларда углеродли пўлатларнинг коррозияланишини аминлар билан ингибирлашнинг физик-химёвий қонуниятлари бўйича олинган илмий натижалар асосида:

яратилган композицион ингибиторлар СП ООО “ART GLOSS GALLERY” Ўзбекистон-Бирлашган Араб Амирлиги қўшма корхонасида амалиётга жорий этилган (СП ООО “ART GLOSS GALLERY”нинг 2020 йил 5 февралдаги 1-сон маълумотномаси). Натижада қурилма ва ўтказгич қувурларнинг коррозиясини 97,3% гача ва минерал тузлар чўқиндиларининг ҳосил бўлишини камайтириш имконини берган;

синтез қилинган композицион ингибиторлар “Бектемир-спирт экспериментал заводи ” АЖ да амалиётда қўллашга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ хўжалиги вазирлиги Узумчилик ва виночиликни ривожлантириш Агентлигининг 2020 йил 17-февралдаги 01-

09/450-сонли маълумотномаси). Натижада пўлат материалларининг коррозиясини 97.3% гача камайтириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот 3 та халқаро ва 8 та республика илмий-амалий анжуманларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 2 та мақола ва хорижий журналларда 2 та мақола, ҳамда 1 та монография нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 117 бетни ташкил этади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

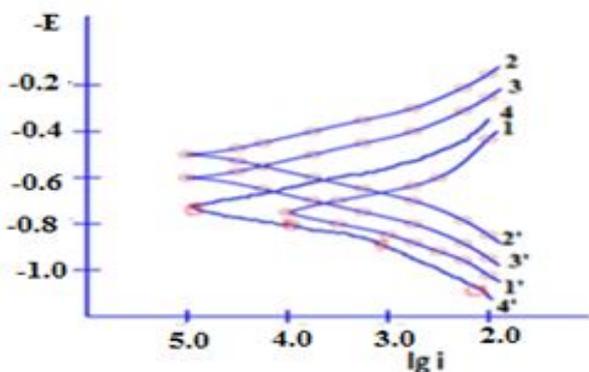
Диссертациянинг **кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, Ўзбекистон республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишиларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги 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 **“Металлар ва уларнинг қотишмаларини коррозияланишига қарши қўлланиладиган ингибиторлар турлари”** деб номланган биринчи бобида металлар ва уларнинг қотишмаларини коррозияланишига қарши қўлланиладиган ингибиторларнинг турлари ва улардан фойдаланиш истикболлари кўриб чиқилган. Турли агрессив муҳитларда ингибиторларни қўллаш орқали металларни коррозияланишдан ҳимоя қилиш жараёнининг термодинамикаси, кинетикаси, адсорбцияланишга таъсир этувчи омиллар, жараён механизмлари ҳамда таркибида азот, фосфор ва олтингугурт тутган ингибиторлар ҳамда уларни қўлланиши тадқиқотларига бағишланган адабиётлар шарҳи келтирилган. Бундан ташқари ушбу бобда кўриб чиқилган илмий ишларга танқидий ёндашиш асосида тадқиқотларнинг мақсади ва вазифалари белгилаб олинган.

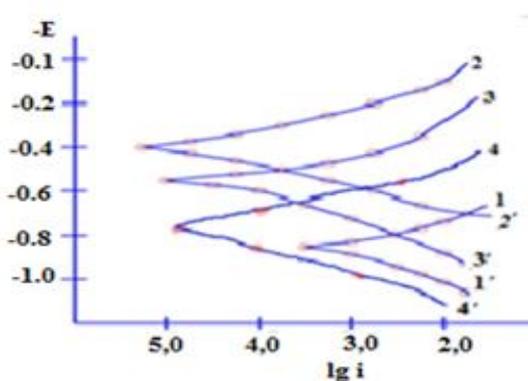
Диссертациянинг **“Тадқиқот объекти ва физик-кимёвий таҳлил усуллари”** деб номланган II бобида кимё, нефть ва газни қайта ишлаш, нефть-кимёвий синтез каби саноат корхоналарининг Ст.3 ва Ст.12 маркали пўлат материалларидан тайёрланган жиҳоз ва трубопроводларни турли сувли, кислотали, ишқорий-тузли, водород сульфидли муҳитларда коррозияланишидан ҳимоя қилиш учун таркибида азот ва фосфор атомлари тутган композицион таркибли янги ингибиторларни олиш тадқиқ қилинган. Самарали ингибитор сифатида эътироф қилинган оксиэтилидендифосфон

кислотасини (ОЭДФ) рух билан (Zn-ОЭДФ) комплекс бирикмаси асосида глицерин, каустик сода, ҳамда моноэтаноламинни (МЭА) вакуум остида ҳайдашдаги куб қолдиғи (МЭАКК) ни кўп тоннали чиқиндисини кўшиш билан кўп компонентли композицион ингибитор синтез қилинган. ОЭДФ нинг кристалл тузилишга эга бўлган рухли бирикмасини глицерин (этиленгликол ёки лимон кислотаси) иштирокида МЭАКК, каустик сода ва сувдан иборат системасининг таркиби ва тузилиши бўйича тахлили ИК-спектроскопия, хромато-масспектроскопия каби физик-кимёвий усуллар билан асослаб ингибиторни молекулалараро ва ички молекуляр боғлар орқали тузилиши натижалари келтирилган. Zn-ОЭДФ ва этаноламинлар (МЭА, диэтаноламин, триэтаноламин) асосида тайёрланган композицион системани (шартли равишда ИКА-6 деб белгиланган), нитрил-триметилфосфон кислотаси (ИОМС-1) ва этаноламинлар асосида олинган ингибиторлар (ИКА-7) ҳамда МЭА ни вакуумли ҳайдашдаги куб қолдиғи (МЭАКК) ва Zn-ОЭДФ, ИОМС-1 иштирокида олинган (ИКА-8) композицион таркибли ингибиторлар гравиметрия, электрокимёвий қаршилик спектроскопияси, қутбланиш қаршилиги, қутбланиш эгрлари, электрон микроскопия каби тадқиқот ҳамда тахлил қилиш усуллари ёрдамида металл қотишмаларининг коррозияланиш жараёнини ингибирланишини физик-кимёвий қонуниятлари ва механизмлари ўрганилган.

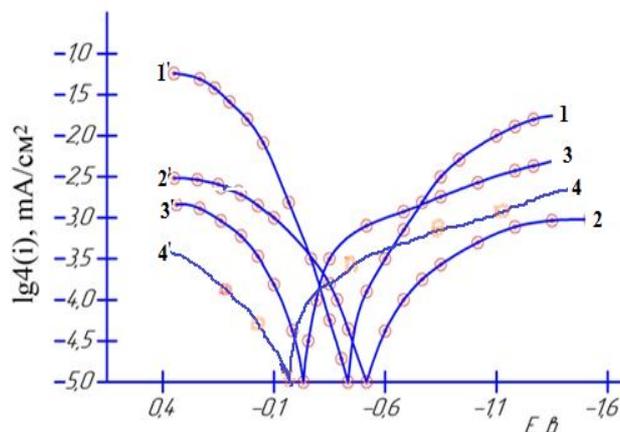
Диссертациянинг “Физик-кимёвий тадқиқ қилиш усуллари ёрдамида олинган натижалар ва уларнинг тахлили” деб номланган учинчи бобида металлни Ст.3 ва Ст.12 маркали қотишмасидан тайёрланган электрод пластинкасини  $3 \cdot 10^{-3}$  моль/л концентрацияли  $H_2SO_4$  ва  $H_2S$  эритмаларига ингибиторлар киритилмаган ва киритилган ҳолатдаги шароитларда ингибиторларни (ИКА-6, 7, 8 ни) қутбланиш эгрлари, уларни металл намуналарини коррозияланишдан ҳимоялаш даражасига ҳарорат таъсири ва ингибиторлар концентрациясига боғлиқлиги ўрганилди (1, 2, 3-расмлар ва 1, 2-жадваллар).



1-расм. ИКА-6, ИКА-7, ИКА-8 ингибиторлари киритилмаган (1,1') ва киритилган (2,2', 3,3',4,4') Ст.3 пўлат намунали системани қутбланиш эгрлари ( $3 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $H_2SO_4$  муҳитида)



2-расм. ИКА-6, ИКА-7, ИКА-8 ингибиторлари киритилмаган (1,1') ва киритилган (2,2', 3,3', 4,4') Ст.3 пўлат намунали системани қутбланиш эгрлари ( $3 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $H_2S$  муҳитида)



3-Расм. Кислотали мухитда ИКА-6, ИКА-7, ИКА-8 ингибиторларни киритилмаган 1,1' ва киритилган (2,2', 3,3',4,4') (эгрилари) шароитда электрод потенциалининг ўзгариши (Т=50°C).

#### 1-жадвал

**ИКА-6, ИКА-7 ва ИКА-8 ингибиторларининг кислотали мухитда металлларни коррозияланишдан химоя қилиш даражасининг ҳарорат ва ингибитор концентрациясига боғлиқлиги**

Ингибиторлар	Ҳарорат, °C	Концентрация, %	$\Phi_{ст,в}$	$i_{ст,мА/см^2}$	$\gamma$	Z%
ИКА-6	25	0,1	0,400	19,61	44	86,2
ИКА-7		1,0	0,530	43,17	57	87,7
ИКА-8		1,0	0,515	40,08	50	92,4
ИКА-6	40	0,1	0,540	21,89	47	94,74
ИКА-7		1,0	0,570	35,91	56	90,6
ИКА-8		1,0	0,509	32,81	43,8	99,8
ИКА-6	50	0,1	0,610	24,91	46	94,2
ИКА-7		1,0	0,620	43,62	55	89,3
ИКА-8		1,0	0,629	41,15	44	95,8
ИКА-6	70	0,1	0,580	39,56	49	91,4
ИКА-7		1,0	0,590	45,92	52	83,4
ИКА-8		1,0	0,581	40,29	55	90,6

Олинган натижаларга кўра кислотали ( $H_2SO_4$ ) мухитларда ИКА-6, ИКА-7 ва ИКА-8 композицион таркибли ингибиторлар ҳарорат 25°C га тенг бўлганида ингибитор концентрацияси ўзгариши билан коррозияланишдан химоя қилиш даражаси 86,2÷92,4% оралиғида, ҳарорат 40÷50°C бўлганида эса бу кўрсаткич 89÷99,8% оралиқда бўлиши аниқланди. Агарда ҳарорат 70°C гача кўтарилса коррозияланишдан химоя қилиш даражаси нисбатан камайиб 99,4÷91,4% ни ташкил қилди.

**ИКА-6, ИКА-7 ва ИКА-8 ингибиторларини H<sub>2</sub>S эритмаси муҳитида металлларни коррозияланишдан химоя қилиш даражасининг ҳарорат ва ингибитор концентрациясига боғлиқлиги**

Ингибиторлар	Ҳарорат, °С	Концентрация %	$\varphi_{\text{Ст.В}}$	$i_{\text{Ст.МА/см}^2}$	$\gamma$	Z%
ИКА-6	25	0,1	0.516	40.11	50	92.6
ИКА-7		1,0	0,601	35,82	48	95,8
ИКА-8		1,0	0,629	33,44	43	97,2
ИКА-6	40	0,1	0,540	22,09	48	95,8
ИКА-7		1,0	0,570	20,91	46	92,9
ИКА-8		1,0	0,580	29,92	41	98,9
ИКА-6	50	0,1	0,589	32,88	42	97,3
ИКА-7		1,0	0,618	25,44	47	96,7
ИКА-8		1,0	0,628	30,58	43	97,8
ИКА-6	70	0,1	0,620	43,68	55	90,4
ИКА-7		1,0	0,631	28,95	48	94,3
ИКА-8		1,0	0,665	25,81	44	96,3

Коррозияланиш потенциали қиймати фон эритмасидаги нормал электрод потенциалига нисбатан 50°С ҳароратда -0.585В ни ташкил қилади (кислотали муҳитда), ҳамда H<sub>2</sub>S ли муҳитда эса -0,600В га тенг. Агар кислотали муҳитга ИКА-6 ингибитори киритилса коррозияланиш потенциали -0.505В гача, ИКА-8 киритилганида эса -0,285В гача ортади, яъни кутбланиш эгриларини силжиши кузатилади. ИКА-8 ингибитори эритмага киритилганида электрод потенциали қийматининг мусбат томонга ўзгариб бориши анодли реакцияларнинг секинлашуви вужудга келаётганини изоҳлайди. Яъни эритмага киритилаётган ингибиторлар таркибида азот, амин ва фосфор сақловчи моддаларни металл юзасида юпқа химоя парда (пленка) ҳосил қилаётганлигидан дарак беради. Коррозияланиш потенциалининг ўзгариши билан бир вақтда коррозияланиш токи қиймати ҳам камаяди, ушбу ҳолат ингибитор металлни коррозияланиш жараёнига аралаш механизм бўйича таъсир қилишини кўрсатади. Металл намуналарини (Ст.3 ва Ст.12) турли агрессив, жумладан, кислотали, ишқорий-тузли, водород сульфидли ва сувли муҳитларда коррозияланишини химоя қилиш мақсадида турли радикаллари ва мономерлари бор бўлган аминларни ингибиторлик хоссалари ўрганилди.

Сувли, кислотали, нейтрал муҳитларда металлларни коррозияланишдан химоя қилиш хоссалари гравиметрик усул ёрдамида жараёни олиб бориш вақти, ҳарорат, ингибитор концентрацияси ва бошқа кўрсаткичлар бўйича коррозияланиш тезлиги, ҳамда коррозияланиш даражаси натижалари (4-6 расмлар ва 3,4-жадваллар) Ст.3 маркали металл қотишмасини ҳар хил агрессив муҳитда, 25÷70°С ҳарорат остида, 360 ва 720 соат давомида коррозияланиш жараёни ИКА-4, ИКА-5, ИКА-6, ИКА-7, ИКА-8 турдаги

ингибиторларни 0,1% ли концентрациясида эритмалари металлни коррозияланишдан сақлаш даражаси 96,8÷99,7% га тенглиги топилди. ИКА-6,7,8 турдаги ингибиторларнинг концентрацияси 0,1% дан 1,0% гача оширилса коррозияланишдан ҳимоя қилиш кўрсаткичи 95,9÷99,8% га тенг бўлди. Шу ингибиторлар иштирокида боровчи жараён ҳарорати 70°C гача оширилса фақат ИКА-6,7,8 турдаги ингибиторлар 95,3÷99,81% даги ҳимоялаш даражасини сақлаб қолади. Республикамизга импорт қилинадиган Nalco ингибиторини 80°C ҳароратдаги металлни коррозияланишдан ҳимоялаш даражаси 87,6% ни ташкил этади.

### 3-жадвал

#### Ингибиторларнинг металлни коррозиядан сақлаш даражасини уларнинг концентрациясига боғлиқлигини гравиметрик усул орқали аниқлаш (Т=70 °С фон-1% NaCl +1% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Ингибиторлар	Концентрация %	Таҷрибани олиб бориш вақти					
		360 соат			720 соат		
		К, г/м <sup>2</sup> ·сутка	γ	Z,%	К, г/м <sup>2</sup> ·сутка	γ	Z,%
Фон (1%NaCl +1% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0	398,86	-	-	354,04	-	-
ИКА-1	0,1	74,93	6,92	82,21	58,96	7,88	83,41
ИКА-2		81,41	18,11	80,82	77,31	20,09	81,82
ИКА-3		101,25	41,25	75,43	87,33	48,35	79,84
ИКА-4		55,44	9,84	87,85	51,32	11,48	90,73
ИКА-5		78,66	20,13	81,06	75,58	24,32	83,25
ИКА-6		27,68	12,45	93,37	25,05	14,43	95,46
ИКА-7		8,19	58,84	98,80	6,09	97,69	99,03
ИКА-8		6,24	60,81	99,65	4,25	102,41	99,75
Фон (1%NaCl +1% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0	398,81	-	-	355,01	-	-
ИКА-1	1,0	72,43	8,84	85,32	70,45	9,63	86,41
ИКА-2		75,38	20,15	82,93	73,18	21,48	83,09
ИКА-3		88,46	43,85	80,64	85,95	50,51	82,55
ИКА-4		58,53	12,81	91,36	61,58	12,83	92,64
ИКА-5		73,04	23,48	85,47	28,41	26,44	87,03
ИКА-6		26,03	15,05	95,88	16,03	15,81	86,44
ИКА-7		8,04	61,43	98,92	5,89	98,08	98,02
ИКА-8		4,03	68,74	99,81	3,35	104,52	98,89

Синтез қилинган ИКА-6, ИКА-7 ва ИКА-8 турдаги ингибиторлар билан импорт ўрнини босувчи ингибиторларни алмаштириш вазифасидан келиб чиққан ҳолда металлларни коррозияланишдан ҳимоя қилиш ва минерал тузлар

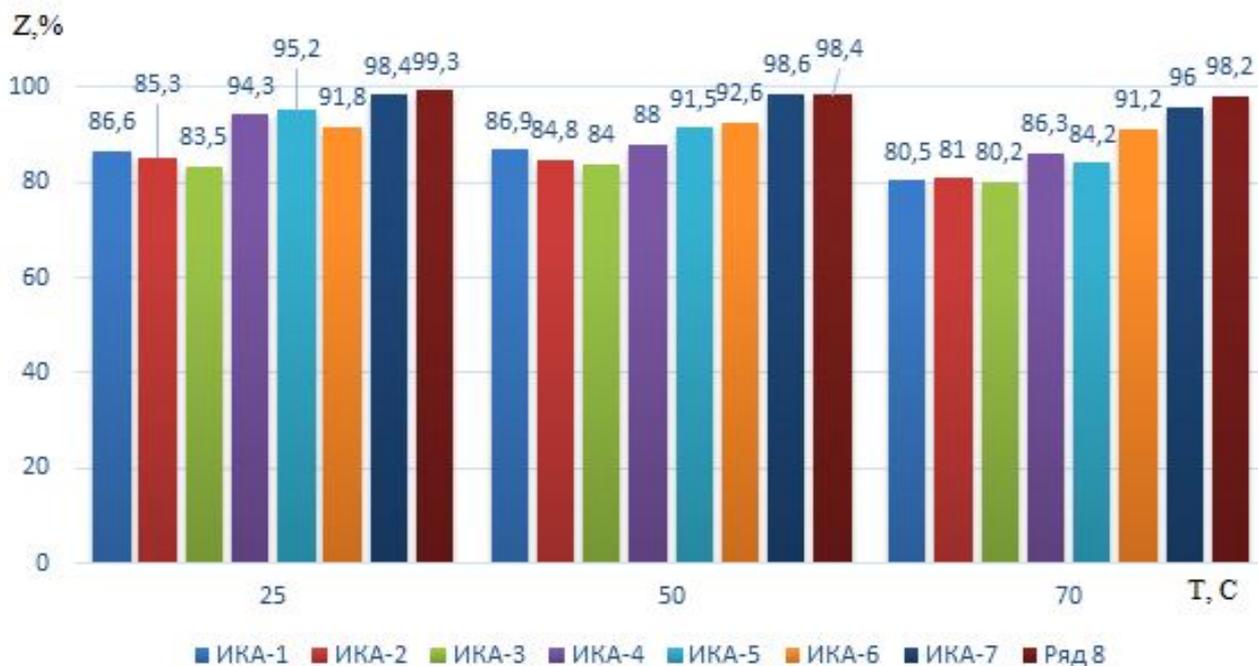
чўкиндиларини ҳосил бўлишининг олдини олиш жараёнини физик-кимёвий ва ингибирлаш хоссалари ўрганилди.

Натижалар ингибиторларнинг концентрацияси ортиши билан уларнинг металлларни коррозияланишдан ҳимоя қилиш самарадорлигини ҳам ошиб боришини кўрсатди ва энг яхши ҳимоялаш даражаси ингибиторнинг 1,0% эритмасида эришилди. Бу натижа молекулалар сонини ошиши билан ингибиторларнинг металл пластинкаси юзасига адсорбцияланиш миқдори ҳам ортиб боради, лекин бунда жуда сезиларли катта ўзгариш содир бўлмайди, чунки ингибитор паст концентрацияда ҳам ўзининг самарадорлигини сақлаб қолади.

#### 4-жадвал

### Ингибиторларнинг металлни коррозиядан сақлаш даражасини ҳароратга боғлиқлиқлигини гравиметрик усул орқали аниқлаш (Фон-Н<sub>2</sub>S иштирокидаги 3% Na<sub>2</sub>S)

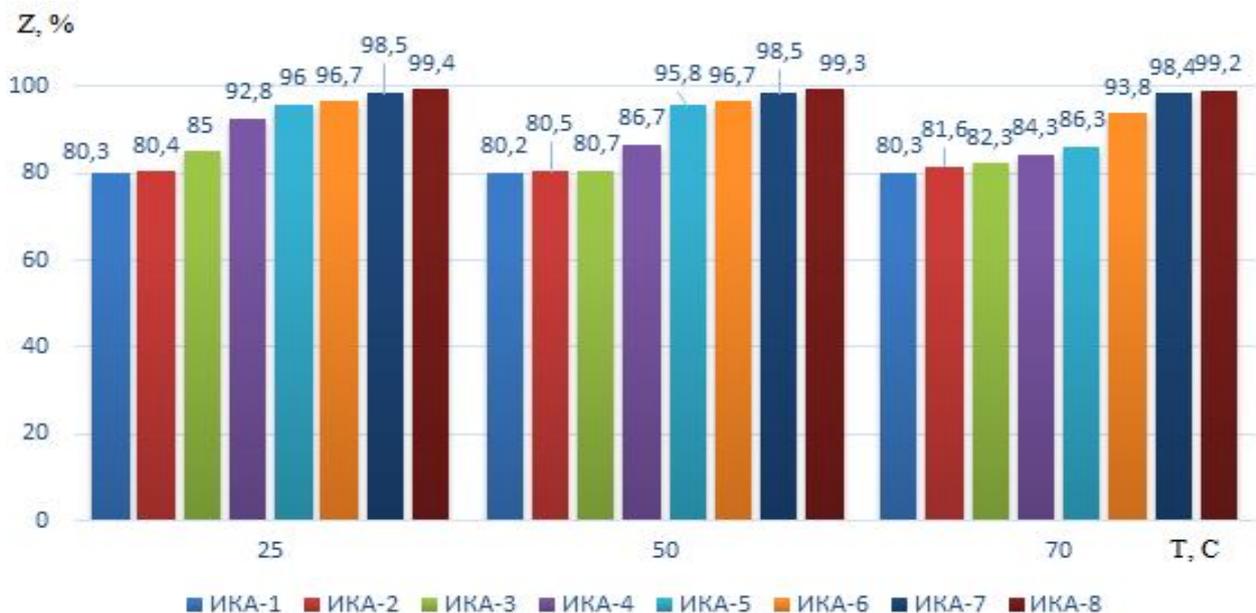
Ингибиторлар	Ҳарорат, °C	Тажрибани олиб бориш вақти					
		360 соат			720 соат		
		К,г/м <sup>2</sup> ·с утка	γ	Z,%	К,г/м <sup>2</sup> · сутка	γ	Z,%
Фон(3%Н <sub>2</sub> S)	50	142,37	-	-	101,75	-	-
ИКА-1		39,79	6,18	83,85	36,95	6,85	84,58
ИКА-2		43,56	18,93	80,54	40,81	17,18	83,45
ИКА-3		44,05	19,02	80,63	42,34	5,64	81,39
ИКА-4		6,29	39,98	97,51	5,18	58,41	98,15
ИКА-5		9,58	25,65	96,82	8,14	39,59	97,08
ИКА-6		19,25	13,96	93,44	17,52	21,14	95,51
ИКА-7		3,58	78,25	98,91	2,83	105,35	99,05
ИКА-8		2,89	95,13	99,82	1,93	168,44	99,89
Фон (3%Н <sub>2</sub> S)	70	264,34	-	-	238,27	-	-
ИКА-1		44,02	8,84	80,36	43,89	9,04	80,41
ИКА-2		44,28	19,05	80,48	43,85	18,59	80,54
ИКА-3		45,01	20,01	80,09	49,59	21,08	79,42
ИКА-4		39,97	17,45	83,49	40,79	17,69	83,09
ИКА-5		44,08	18,06	80,09	48,81	19,08	79,24
ИКА-6		19,52	12,89	93,82	17,58	10,93	95,28
ИКА-7		3,51	79,01	98,43	2,72	105,35	99,35
ИКА-8		2,84	95,38	99,81	1,93	169,58	99,18



**4-расм. Ст.3 маркали металл қотишмасини 3% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> эритма фонид (pH=1,5) коррозияланишдан химоя қилиш даражасини ингибиторлар концентрациясига ва температурага боғлиқлиги**



**5-расм. Ст.3 маркали металл қотишмасини 3%NaCl+3% NaOH эритма фонид (pH=7,6) коррозияланишдан химоя қилиш даражасини ингибиторлар концентрациясига ва температурага боғлиқлиги**



**6-расм. Ст.3 маркали металл қотишмасини  $H_2S$  иштирокида 3% ли  $Na_2S$  эритма фонида ( $pH=5,6$ ) коррозияланишдан химоя қилиш даражасини ингибиторлар концентрациясига ва температурага боғлиқлиги**

Айниқса ИКА-8 ингибитори 298 К да 0,001% концентрация билан металлни коррозияланишини 87,4% гача химоя қилади, концентрация 1,0% гача оширилганида эса бу кўрсаткич мос равишда  $H_2SO_4$  эритмали фонда 90,8÷92,9% ни,  $H_2S$  эритмали фонда эса 92,9÷99,4% ни ташкил қилди. Шу билан бирга тажрибаларни олиб бориш вақтини узайиши, яъни 240 соатдан 360 соатга ортиши коррозияланишдан химоя қилиш даражасини ИКА-6 да 92,9÷96,7% га, ИКА-7 да 81,3÷98,4% га, ИКА-8 да 86,9÷99,4% миқдорларда оширади. Ушбу ҳолат металл юзасида кўпгина фазалар мавжуд бўлишини ва уларнинг эриши бир маромда содир бўлмаслигини кўрсатади. Эритма фони  $H_2S$  дан ташкил топган шароитдаги Ст.3 пўлат намунасининг коррозияланишни 3-4 соатларидаёқ коррозияланиш тезлиги деярли бири-бирига яқин қийматларда бўлади ва бу ҳолат жуда агрессив муҳитларда коррозияланиш юқори тезликда содир бўлишини ифодалайди. Ингибитор концентрацияси 0,001 дан 1,0% гача оширилганида ИКА-8 самарадорлиги мос ҳолда 92,3% дан 99,2% гача ошиб борди. Бундай ҳолдаги ўзгариш 313, 323 ва 343 К ҳароратларда ҳам кузатилди.

Ушбу ингибитор ишқорий-тузли агрессив муҳитларда ҳам Ст.3 пўлат намунасини коррозияланишдан максимал даражада химоялаши аниқланди. Бунинг сабаби ИКА-8 ингибитори таркибида кўплаб фаол электро-донор бўлган функционал гуруҳларни сақлайди ва ушбу вазият жараён ҳарорати ортиши билан ҳам унинг самарадорлигини сезиларли даражада ўзгармаслигига олиб келади.

Металларнинг коррозияланиш жараёнини ИКА-6, ИКА-7 ва ИКА-8 композицион таркибли ингибиторлар ёрдамида ингибирлашни ҳароратга боғлиқлиги ва кислотали, водород сульфидли эритмалари муҳитида

термодинамик хоссалари аниқланди. Олинган маълумотларга кўра коррозияланиш жараёни ҳарорати ортиши ингибиторларни самарадорлигига кам таъсир қилишини кўрсатмоқда, чунки ҳарорат ошиши ингибиторни металл юзасига адсорбцияланишини деярли ўзгартрмайди. Ингибиторларни концентрацияси ошиши ҳар иккала ҳолатда ҳам коррозияланишни секинлашуви самарадорлигига таъсир қилиш аниқланди. Ўрганилган барча агрессив муҳитларда ингибиторлар металл намунасини бир жинсли тўлмаган юзасига энергетик таъсир ўтказади. Бундай тажрибалар асосида олинган  $\gamma$ -lgC кўрсаткичларни тўғри чизиқли кўринишда боғлиқлиги таркибида 3% Na<sub>2</sub>S (500 мг/л H<sub>2</sub>S иштирокидаги) эритмасига ингибиторлар киритилганида металл намунасини юзаси қоплама (пленка) ҳосил қилиш содир бўлаётганлигини кўрсатади. Активланиш энергиясини ( $E_{\text{акт}}$ ) ҳисоблаш учун lgK-1/T боғланиш графиги чизилди ва графикни оғиш бурчагини тангенс қиймати бўйича ( $E_{\text{кат}}=2,3 \cdot R \cdot \text{tg}\alpha$  кўра)  $E_{\text{акт}}$  фаолланиш энергияси ҳисобланди. Бунда коррозияланиш жараёнининг ҳарорати ортиши билан фаолланиш энергиясининг қиймати 28,5÷47,8 кж/моль га тенглиги аниқланди. Таркибида азот, амид ва фосфор тутувчи кўп компонентли композицион ингибиторларни кучли кислота муҳитида  $E_{\text{акт}}$ ,  $\Delta H$  ва  $\Delta S$  қийматлари ҳисобланади (5-жадвал).

#### 5-жадвал

**Гравиметрик усул ёрдамида Ст.3 металл намунасини 3% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ва H<sub>2</sub>S иштирокидаги 3% Na<sub>2</sub>S эритмалари муҳитида коррозияланиши учун аниқланган термодинамик катталиклар (T=298K; C<sub>инг</sub>=1,0%)**

Ингибиторлар	Фон	$E_{\text{акт}}$ , кж/моль	$\Delta H$ ж/моль	$\Delta S$ ж/моль·к
Металл намунаси	3% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	38,88	32,43	68,45
ИКА-6		61,23	-43,43	48,56
ИКА-7		63,54	-41,89	40,48
ИКА-8		71,89	-42,34	38,43
Металл намунаси	H <sub>2</sub> S иштирокидаги 3% Na <sub>2</sub> S	31,44	33,05	67,88
ИКА-6		48,93	-66,78	35,25
ИКА-7		49,56	-69,04	32,41
ИКА-8		48,89	-69,85	36,54

Натижалардан Ст.3 металл намунасини коррозияланиш жараёнида ингибиторлар киритилган ва киритилмаган кислотали муҳитларда  $\Delta H$  ва  $E_{\text{акт}}$  ларни қиймати деярли бир-бирига яқинлиги топилди. Аниқланган  $\Delta S$  нинг ингибиторлар металл иони билан комплекс қатлам бирикмасини ҳосил қилишини ва уларнинг ассоциация жараёни диссоциацияланиш жараёнига нисбатан юқори ўринда туришини кўрсатади.

Ст.3 ва Ст.12 маркали пўлат намуналарини кучли ишқорий-тузли муҳит эритмаларида коррозияланишни ингибирлаш самарадорлиги ҳароратни

ошиши билан деярли ўзгармаслигини, чунки ушбу ингибиторларни 3% NaOH+3% NaCl эритмалари муҳитида металл намуналари юзасига сезиларли даражада адсорбцияланиши содир бўлишини кўрсатди. Жараён ҳароратини ортиши билан гидроксил ва хлор ионларининг ҳаракатчанлиги ошади ва натижада металл намуналари юзасига адсорбцияланиши кўпаяди. Шунинг оқибатида ингибиторларни ҳимоялаш даражаси (Z) паст миқдорда бўлса ҳам камайиб боради. Ҳарорат қийматини ошиб бориши металл юзасини коррозияланишига учратувчи тузли ва оксидли қатлам миқдори ортишига ҳам сабабчи бўлади. ИКА-6, ИКА-7 ва ИКА-8 ингибиторларининг ишқорли-тузли муҳитда ва 298 К ҳароратда Ст.3 ва Ст.12 пўлат намунасини коррозияланиш жараёнини ингибирлашининг термодинамик катталиклари ҳисобланди.

Таҷрибалар асосида олинган натижалар пўлат намунасини коррозияланишдан ҳимоя қилиш жараёнини  $\Delta H$  ва  $E_{\text{акт}}$  катталикларини ишқорли-тузли муҳит шароитида бир-бирига яқинлигини ва ушбу ҳолат фойдаланилган барча ингибиторлар учун ўхшашлигини кўрсатди. Ингибиторларни муҳитнинг  $E_{\text{акт}}$  қийматини кескин ошириб юбориши туфайли фаол ҳаракатланувчи хлор ва гидроксил ионларининг металл намунаси юзасига таъсири мос равишда камайиб боради. Шунга кўра қоплама қанчалик мустаҳкам равишда боғланса, фаол ионларнинг металл юзасига таъсири шунча миқдорда камаяди.  $\Delta H$  нинг қиймати ингибиторлар киритилган ва киритилмаган системаларда мос равишда 75,98 ва 45,43 кЖ/моль га тенгдир ва унинг манфий қийматга тенглиги коррозияланиш жараёнини экзотермик ҳолатда амалга ошишини белгилайди.  $\Delta S$  нинг қиймати системага ингибитор киритилганда 78,84 Ж/моль·К дан 37,34 Ж/моль·К гача ўзгарган, яъни ингибитор молекулалари металл намунаси юзасида темир ионлари билан комплекслар ҳосил қилади.  $E_{\text{акт}}$  нинг қийматини ошиши билан ингибитор молекулалари катод ва анодда энергетик тўсиқ қўяди ва металл намунасининг коррозияланишини мос ҳолда камайтиради. Олинган натижалар кўп компонентли ИКА-6, ИКА-7 ва ИКА-8 композицион ингибиторларни эритмадаги концентрациясига адсорбцияланиш жараёнини боғлиқлиги металл намунаси юзасини юқори даражада тўлдириши Ленгмюр изотермалари билан яхши изоҳланиши аниқланди. Шунингдек, металл намуналарини эриш тезлиги (K) ингибитор таркибига боғлиқ ва ингибитор паст концентрацияга эга бўлганида ҳам коррозияланишдан ҳимоялаш даражаси 96-99.6% ни ташкил этади.

$\Delta G_{\text{адс}}$  ни манфий қийматга эга бўлиши ингибиторни металл юзасига адсорбцияланиши ўз-ўзича қайтмас равишда амалга ошишини кўрсатади. Ст.3 пўлат намунасини 3% ли  $H_2SO_4$  эритмаси муҳитига ИКА-8 композицион ингибитори киритилганида  $\Delta G_{\text{адс}}$  нинг қиймати 298÷343 К ҳарорат оралиғида -48.24 кЖ/моль<sup>-1</sup> дан -43.92 кЖ/моль<sup>-1</sup> қийматгача ўзгариши ушбу ингибитор Ст.3 пўлат намунаси юзасига аралаш турда борувчи адсорбцияланиш билан таъсир қилишини билдиради, яъни ингибитор физикавий ва кимёвий сорбцияланиш жараёнлари натижасида адсорбцияланади. ИКА-8 композицион ингибиторини ишқорий-тузли муҳитда металл юзасига

адсорбцияланиши жараённинг термодинамик хоссалари ҳисоблаб чиқарилди (6-жадвал) ҳамда ИКА-8 композицион таркибли ингибиторини ишқорий-тузли муҳитда Ленгмюр адсорбция изотермаси эгрилари ўрганилди. Ст.3 пўлат намунасини ишқорий-тузли агрессив муҳитларда Ленгмюрни адсорбция изотермасини йўналишлари жараён ҳароратига боғлиқлиги топилди, яъни турли ҳароратларда (298÷343 К ҳарорат оралиғида) ИКА-8 ингибитори металл намунасини коррозияланишдан турлича химоялаш самарадорлигига эгадир.

**6-жадвал**

**ИКА-8 композицион ингибиторини 3%NaOH + 3%NaCl эритмаси муҳитида металл намунаси юзасига адсорбцияланиш термодинамик катталиклари (Ст. 3-металл намунаси,  $C_{инг}=100\text{мг/л}$ )**

Ҳарорат, К	$K_{адс}$ моль <sup>-1</sup>	$\Delta G_{адс}$ кЖ/моль	R	$\Delta H_{адс}$ Ж/моль	$\Delta S_{адс}$ Ж/моль·К
298	$7.1 \cdot 10^5$	-49.94	0.980	-78.85	96.54
313	$6.8 \cdot 10^5$	-49.58	0.975	-78.56	96.58
323	$5.4 \cdot 10^5$	-48.86	0.901	-78.49	96.61
343	$3.2 \cdot 10^5$	-46.78	0.911	-78.80	96.64

Ленгмюр изотермаси жараён ҳароратининг ўзгариши термодинамикасини ҳам ўзгартиришига олиб келиши аниқланди.

ОЭДФ асосида рух оксиди, глицерин, каустик сода, натрий гидроксиди ва МЭАКҚ реагентлари иштироки билан синтез қилинган композицион таркибли ИКА-8 турдаги ингибитор Шўртан газ-кимё мажмуаси жиҳозлари ҳамда трубопроводларида металлни коррозияланишини, шунингдек, минерал тузлар чўкиндиларини ҳосил бўлишининг олдини олиш учун фойдаланилаётган “Опцион” ва Nalco марकाдаги чет элдан келтириладиган ингибиторлар кўрсаткичлари билан солиштириб синовдан ўтказилди.

Синов натижалари асосида ИКА-8 композицион таркибли ингибиторни металлларнинг коррозияланиш жараёнини ишлаб чиқаришда қўлланилаётган ингибиторларга нисбатан 4,5÷7,0% гача камайтириши аниқланди.

## ХУЛОСАЛАР

1. Маҳаллий хом ашёлар ва саноат чиқиндиларидан фойдаланиб металлларнинг коррозияланиш жараёни учун таркибида азот- ва фосфор-сақловчи кўп компонентли самарадор, янги ингибиторлар яратилди.

2. Тадқиқот усуллари асосида коррозияланиш токи, коррозияланиш тезлиги, химоялаш ва металл юзасини тўлиши даражаси, адсорбцияланиш жараёнининг мувозанат константаси ўрганилиб, ингибиторларнинг мақбул таркиблари тавсия этилди.

3. Янги таркибли композицион ингибиторларни кислотали, водород сульфидли, ишқорий-тузли ва сувли агрессив муҳитларда минерал тузлар чўкиндилари ҳосил бўлишининг олдини олиш ҳамда металлларнинг

коррозияланиш жараёнини ингибирлаш самарадорлиги кўрсаткичлари ва механизмлари ўрганилиб, ингибиторларнинг турли муҳитлардаги мақбул концентрациялари аниқланди.

4. Композицион ингибиторларни қўллаш билан Ст.3 ва Ст.12 маркали пўлат намуналарини турли муҳитларда фаолланиш энергияси ва термодинамик функциялари ( $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ) баҳоланди ва  $\Delta G_{\text{эфф}}$  нинг манфий қийматга эга бўлиши кўрсатилди.

5. Сирт-фаол хоссаларга эга бўлган композицион ингибиторлардаги фосфат ионларининг пўлат намунаси сиртига чўкиш тезлиги бир хил бўлиб, Ленгмюр конунига бўйсинади ва металл сиртида мономер молекуляр қатлам ҳосил қилади.

6. Яратилган композицион ингибиторлар ишлаб чиқаришда қўлланилаётганларига нисбатан минерал тузлар чўкиндиларининг тўпланишига қарши ингибирлаш самарадорлигини 2-4 % оширишга ва металлларни коррозияланишдан ҳимоя қилиш даражасини 97,3% гача оширишга олиб келиши кўрсатилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ РнД.03/30.12.2019. К.02.05 ПО  
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ САМАРКАНДСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**ОСЕРБАЕВА АЛЬФИЯ КУРБАНБАЕВНА**

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНГИБИРОВАНИЯ  
АМИНАМИ КОРРОЗИИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В СОЛЕВЫХ И  
СЕРОВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРАХ**

**02.00.04 – Физическая химия**

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

**Самарканд – 2020**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована за номером В2019.2.PhD/K190 Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертация на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Ученого совета по адресу [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный руководитель:**

**Нуруллаев Шавкат Пайзиевич**  
доктор химических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Юнусов Мирахмад Пулатович**  
доктор технических наук, профессор

**Халилов Қадритдин Фахритдинович**  
кандидат химических наук, доцент

**Ведущая организация:**

Институт общей и неорганической химии АН  
Республики Узбекистан

Защита состоится «9-20» ИЮНЯ 2020 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета PhD.03/30.12.2019.K.02.05 при Самаркандском государственном университете (адрес: 140104, г.Самарканд, Бульвар “Университет”, 15, Физико-химический корпус, 3 этаж, 305 аудитория. Тел.: (+99866)239-11-40; Факс: (+99866) 239-11-40. E-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного университета за № 30. С диссертацией можно ознакомиться в ИРЦ (адрес: 140104, г.Самарканд, Бульвар “Университет”, 15, ИРЦ. Тел.: (+99866)239-11-51; E-mail: [m\\_nasrullaeva@mail.ru](mailto:m_nasrullaeva@mail.ru))

Автореферат диссертации разослан «27» 05 2020 года.  
(реестр протокола рассылки № 1 от «27» 05 2020 года)



  
**А.М.Насимов**  
Председатель научного совета по  
присуждению учёных степеней, д.т.н.,  
профессор

  
**Ш.М.Сайиткулов**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению учёных степеней, к.х.н.,  
доцент

  
**Р.Нормахматов**  
Председатель научного семинара при  
Научном совете по присуждению  
учёных степеней,  
д.т.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время в мире коррозия металлов и защита от коррозии является одной из важнейших научно-технических и экономических проблем. Потому что в технических и промышленно развитых странах потери от коррозии металлов составляет от 2 до 4% валового национального продукта. Поэтому изучение процесса коррозии металлов, применяемых в промышленности, в различных средах и условиях производства (температура, давления) и закономерности по защите от коррозии имеет важное значение.

В данное время в мировом масштабе при создании многокомпонентных ингибиторов и противокоррозионных покрытий, необходимо провести научные исследование по всестороннему изучению их физико-химических свойств, с помощью физико-химических методов определения механизма образования ржавчины, повышение устойчивости ингибиторов и на основе отходов промышленности получение многокомпонентных композиций ингибиторов, применяемых против коррозии металлов.

В Республике промышленных масштабах в результате проведения научно-исследовательских работ достигнуты существенные результаты по изучению влияния ингибиторов на коррозию металлических оборудования, созданию и внедрению в практику новых импортозамещающих, экспорто-ориентированных, конкурентоспособных, соответствующих требованиям международных стандартов, обеспечивающих высокую эффективность даже при низких концентрациях, безопасных в применении новых универсальных антикоррозийных ингибиторов. В третьем направлении Стратегии действий по развитию Республики Узбекистан, предусмотренной в 2017-2021 годах отмечены важные задачи, направленные на «развитие высокотехнологичных перерабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов»<sup>2</sup> В этом аспекте получение ингибиторов на основе местных отходов для повышения износоустойчивости и долгосрочной работоспособности технологических оборудования и трубопроводов, работающих в различных высоко агрессивных средах является весьма актуальным.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», в Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан», ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах».

привлекательности химической промышленности», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий: VII. «Химическая технология и нанотехнология» и XII. - «Новые технологии производства органических, неорганических, полимерных и других природных материалов».

**Степень изученности проблемы.** Исследования по созданию высокоэффективных ингибиторов и их выпуску осуществлены такими учёными СНГ и дальнего зарубежья, как E.Kalman, A.Veres, T.Suzuki, E.Greco, W.Meier, B.Charles, E.Han, J.Berqе, A.Giovanni, G.Burstein, O.R.Mattos, Ю.И.Кузнецов, С.М.Решетников, А.Г.Акимов, Я.М.Колотыркин, В.П.Батраков, П.С.Фахретдинов, В.И.Вигдорович, Л.Е.Цыганкова, М.Хани, О.П.Кузнецова, А.В.Вахин и С.Н.Степен, у них рассмотрены и изучены возникновение процессов коррозии в различных агрессивных средах, механизм ингибирования, синтезирование ингибиторов и их физико-химические закономерности.

В Узбекистане в области создания новых видов ингибиторов для эффективной защиты металлов, изделий изготовляемых из стали, а также трубопроводов, исследованиями свойств ингибиторов против процесса коррозии, приоритетные развития осуществляется такими учеными как Р.С.Тиллаев, Т.Д.Цыганов, А.Т.Джалилов, Ф.Қ.Қурбанов, Д.Юсупова, В.П.Гуро, З.Б.Таджиходжаев, Ҳ.И.Акбаров, А.Икрамов, А.Ж.Халиков и Х.И.Қодиров. Этими ученые выполнены научно-исследовательские работы по созданию новых ингибиторов и покрытий против коррозии на основе местного сырья.

Исследования, проведенные зарубежными и отечественными учеными по решению проблем коррозии металлов, синтезу новых ингибиторов и их применению в промышленном производстве очень важны для развития физической химии и решения проблемы производства химической продукции. Поэтому создание экологически чистых, нетоксичных многокомпонентных ингибиторов и покрытий остается одной из важнейших проблем по обеспечению экономического развития нефте- и газовых предприятий республики. Однако задачи получения новых композиционных ингибиторов, предотвращающих коррозию металлов и образование отложений минеральных солей, изучения их физико-химических и создание ингибиторов нового поколения, применяемые для защиты металлов от коррозии не рассмотрены.

**Связь темы исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ прикладного проекта Ташкентского химико-технологического института по теме: «Новое поколение ингибиторов коррозии металлов на основе местного сырья» (2017-2021гг.).

**Целью исследования является** ингибирование коррозии металлических сплавов в соляной и сероводородной среде с аминами на основе местного сырья и отходов химической промышленности, а также создание новых состав композиционных ингибиторов против образования осадков минеральных солей и исследование физико-химических свойств.

**Задачи исследования:**

синтез и исследование физико-химических свойств импортозамещающих и экспортоориентрированных азот- и фосфорсодержащих новых многокомпонентных ингибиторов на основе местного сырья и отходов производств;

определение ингибиторных свойств новых композиций против коррозии металлов и скопления отложений минеральных солей в кислотных, водных и сероводородных средах на образцов стали марок 3 (Ст.3) и 12 (Ст.12);

исследование структурных изменений поверхности металлов в результате воздействия композиционных ингибиторов с металлами;

доказать механизм защиты ингибиторов от коррозии металлов в агрессивных средах.

**Объектом исследования являются** многокомпонентные композиционные ингибиторы, созданные на основе азот- и фосфорсодержащих веществ.

**Предметом исследования является** исследование общих закономерностей механизмов применения ингибиторов для антикоррозийной защиты и против наслоения минеральных солей стальных образцов с помощью современных методов физико-химического анализа.

**Методы исследования:** в диссертационной работе использованы методы гравиметрии, спектроскопии электрохимического сопротивления, полярного сопротивления, полярных кривых, электронного микроскопии.

**Научная новизна исследования диссертации** заключается в следующем:

создан новый состав азот (амины, амиды) и фосфорсодержащих многокомпонентных композиционных ингибиторов, предотвращающих коррозию сталей и скопление отложений минеральных солей на основе местного сырья и промышленных отходов;

определены образование комплексов ионов металла на поверхности металлов и термодинамические величины ( $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta G$ ) процесса адсорбирования при введении многокомпонентных ингибиторов в коррозионную среду;

доказано отсутствие образования свободных мест для  $H^+$  ионов в виде прочных комплексов ингибиторов с ионами железа и растворимости в сильнокислотных, водородносульфидных и водных средах;

установлены кинетические свойства и изотермы адсорбции многокомпонентных композитных ингибиторов, полученных на основе амин, амид и фосфорсодержащих веществ.

### **Практические результаты исследования:**

на основе производственных отходов АО “Махам-Чирчиқ” ва “Farg’onaazot” созданы композиционные ингибиторы;

эффективность ингибирования новых ингибиторов, полученных на основе амин, амид, азот и фосфорсодержащих из веществ равен 96-99,4%, их можно применять на кислотной, сероводородной и водной средах в нефть- и газодобывающих, нефть- и газоперерабатывающих промышленностях;

композиционные ингибиторы при использовании в эквимолекулярном количественном соотношении (2,0 мг/л) с промышленными ингибиторами степень ингибирования оборудования и трубопроводов от накопления минеральных солей составляет 94-98,5%.

**Достоверность полученных результатов.** Основные научные положения и выводы обоснованы на основе результатов, полученных с использованием электрохимического сопротивления, методов полярного сопротивления, гравиметрии, электронной микроскопии и другие методы исследования.

### **Научное и практическое значение результатов исследования.**

Научное значение результатов исследования состоит в синтезе многокомпонентных составных ингибиторов на основе азота, амина, амид и фосфорсодержащих веществ, применение при оценке особенностей защиты металлов от коррозии, а также изучении электрохимических и физико-химических свойств электрохимии.

Практическая значимость результатов исследования облегчает процесс приобретения и производства новых многокомпонентных композиционных ингибиторов на основе местного сырья и промышленных отходов.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по изучению физико-химические закономерности ингибирования аминами коррозии углеродистой стали в солевых и сероводородсодержащих растворах:

внедрены применение синтезированные композиционные ингибиторы в практике АО «Бектемир-спирт экспериментал заводи» (справка Агентство развития виноградарство и виноделия при министерстве сельского хозяйства республики Узбекистан, №01-09/450 от 17 февраля 2020 года). В результате создано возможность снижения коррозии стальных материалов до 97,3%;

разработанный многокомпонентный композиционные ингибиторы внедрены и успешно применяются в системах обратной отдачи воды на СП ООО “ART GLOSS GALLERY” (справка СП ООО “ART GLOSS GALLERY” №1 от 5 февраля 2020 года). В результате на оборудовании и трубопроводах степень образования минеральных солей и коррозии удалось уменьшить до 97,3%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были доложены на 3 международных и 8 республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 20 научных работ, из них 2 научных статьи в республиканских

и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD), также издана 1 монография.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 117 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении в практику результатов исследования, по опубликованным работам и структуре диссертации.

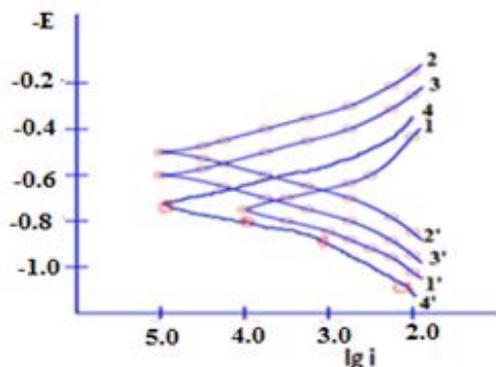
В первой главе диссертации под названием **«Виды ингибиторов применяемые против коррозии металлов и их сплавов»** рассматриваются виды и перспективы использования ингибиторов по защите от коррозии металлов и их сплавов. Приведён обзор литературы по использованию ингибиторов в различных агрессивных средах и изучению их термодинамики, кинетики, факторов, влияющих на адсорбцию, механизмов процесса и использования ингибиторов, в составе которых присутствуют азот, фосфор и сера, а также их применение. Кроме того, цели и задачи исследования определялись на основе критического подхода к научной работе, обсуждаемой в этой главе.

Во второй главе диссертации под названием **«Объект исследования и методы физико-химического анализа»** исследовано создание новых композиционных ингибиторов, содержащих атомы азота и фосфора по защите стального оборудования и трубопроводов марок Ст.3 и Ст.12 от коррозии в различных водных, кислых, щелочно-солевых, сероводородных средах химических, нефтегазоперерабатывающих предприятий, комплексов нефтехимического синтеза. На основе комплексного соединения цинка (Zn-ОЭДФ) с добавлением глицерина, каустической соды и многотонных отходов кубических остатков (МАСС) в присутствии оксиэтилендендифосфоновой кислоты (ОЭДФ), признанной эффективным ингибитором и многотонных отходов вакуумной откачки моноэтаноламина (МЭА) был синтезирован многокомпонентный композиционный ингибитор.

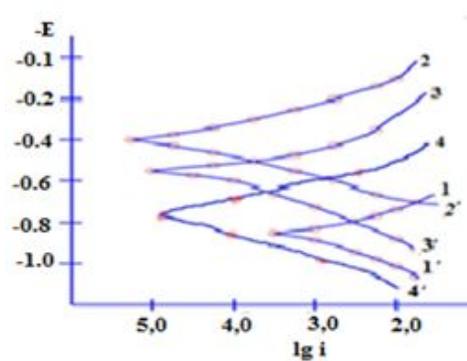
Представлены результаты структуры межмолекулярных и внутри молекулярных связей ингибитора посредством анализа состава и структуры системы МЭАКК, едкого натра (каустической соды) и воды в присутствии глицерина (этиленгликоль или лимонная кислота) по соединению цинка с кристаллической структурой ОЭДФ, основанный на физико-химических методах, таких как ИК-спектроскопия, хромато-масс спектроскопия.

Изучены механизмы и физико-химические закономерности ингибирования процесса коррозии металлических сплавов с помощью методов исследования и анализа, как электронный микроскоп, кривые полярности, сопротивление полярности, спектроскопия электрохимического сопротивления, гравиметрия ингибиторов композиционного состава (ИКА-8), полученных в присутствии Zn-ОЭДФ, ИОМС-1 и кубических остатков вакуумной перегонки МЭА, а также ингибиторов (ИКА-7), полученных на основании этаноламинов и нитрил-триметилфосфоновой кислоты (ИОМС-1), композиционных систем (условно обозначенные ИКА-6), приготовленных на основе Zn-ОЭДФ и этаноламинов (МЭА, диэтаноламин, триэтаноламин).

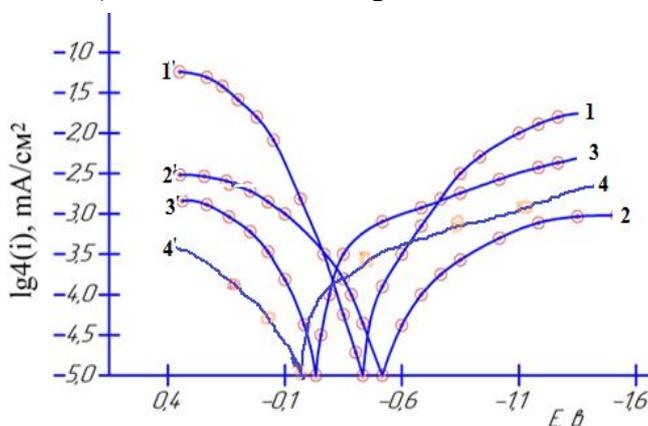
В третьей главе диссертации под наименованием «**Результаты, полученные методами физико-химических исследований и их анализ**» изучены кривые полярности ингибиторов (ИКА-6, 7, 8), взаимосвязь ингибиторов от концентрации и температуры на степень антикоррозийной защиты образца стали марок Ст.3 и Ст.12 электродной пластины, помещенной в растворы  $3 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $H_2SO_4$  и  $H_2S$  в присутствии ингибиторов и без них (рис. 1, 2, 3 и табл. 1, 2).



**Рис. 1.** Кривые полярности системы образца стали Ст.3 с введёнными (2,2', 3,3', 4,4') и невведёнными (1,1') ингибиторами ИКА-6, ИКА-7, ИКА-8 (в среде  $3 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $H_2SO_4$ )



**Рис. 2.** Кривые полярности системы образца стали Ст.3 с введёнными (2,2', 3,3', 4,4') и невведёнными (1,1') ингибиторами ИКА-6, ИКА-7, ИКА-8 (в среде  $3 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $H_2S$ )



**Рис.3.** Изменения электродного потенциала в условиях с введёнными (2,2', 3,3', 4,4') и невведёнными (1,1') (кривые) ингибиторами ИКА-6, ИКА-7, ИКА-8 в кислотной среде ( $T=50^\circ C$ )

Таблица 1

**Взаимосвязь степени антикоррозийной защиты металлов от концентрации и температуры ингибиторов ИКА-6, ИКА-7 и ИКА-8 в кислотной среде (3% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**

Ингибиторы	Температура °С	Концентрация, %	$\varphi_{ст.в}$	$i_{ст,мА/см^2}$	$\gamma$	Z%
ИКА-6	25	0,1	0,400	19,61	44	86,2
ИКА-7		1,0	0,530	43,17	57	87,7
ИКА-8		1,0	0,515	40,08	50	92,4
ИКА-6	40	0,1	0,540	21,89	47	94,74
ИКА-7		1,0	0,570	35,91	56	90,6
ИКА-8		1,0	0,509	32,81	43,8	99,8
ИКА-6	50	0,1	0,610	24,91	46	94,2
ИКА-7		1,0	0,620	43,62	55	89,3
ИКА-8		1,0	0,629	41,15	44	95,8
ИКА-6	70	0,1	0,580	39,56	49	91,4
ИКА-7		1,0	0,590	45,92	52	83,4
ИКА-8		1,0	0,581	40,29	55	90,6

По полученным результатам установлено, что степень защиты от коррозии композиционных ингибиторов ИКА-6, ИКА-7 и ИКА-8 в кислотной среде (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) при температуре, равной 25<sup>0</sup>С, с изменением концентрации становится в промежутке 86,2÷92,4%, а при равной 40÷50<sup>0</sup>С этот показатель будет в промежутке 89÷99,8%. Если температура поднимется до 70<sup>0</sup>С, то степень антикоррозийной защиты начинает несколько снижаться до промежутка 99,4÷91,4%.

Таблица 2

**Взаимосвязь степени антикоррозийной защиты металлов от концентрации и температуры ингибиторов ИКА-6, ИКА-7 и ИКА-8 в среде раствора H<sub>2</sub>S**

Ингибиторы	Температура, °С	Концентрация %	$\varphi_{ст.в}$	$i_{ст,мА/см^2}$	$\gamma$	Z%
ИКА-6	25	0,1	0,516	40,11	50	92,6
ИКА-7		1,0	0,601	35,82	48	95,8
ИКА-8		1,0	0,629	33,44	43	97,2
ИКА-6	40	0,1	0,540	22,09	48	95,8
ИКА-7		1,0	0,570	20,91	46	92,9
ИКА-8		1,0	0,580	29,92	41	98,9
ИКА-6	50	0,1	0,589	32,88	42	97,3
ИКА-7		1,0	0,618	25,44	47	96,7
ИКА-8		1,0	0,628	30,58	43	97,8
ИКА-6	70	0,1	0,620	43,68	55	90,4
ИКА-7		1,0	0,631	28,95	48	94,3
ИКА-8		1,0	0,665	25,81	44	96,3

Значение потенциала коррозионности в отношении к потенциалу нормального электрода в растворе фона 50<sup>0</sup>С составляет -0,585 в (в

кислотной среде), а в среде  $H_2S$  оно равно  $-0,600$  в. Если ингибитор ИКА-6 помещается в кислую среду, то потенциал коррозионности достигает  $-0,505$  В, если ИКА-8 повышается до  $-0,285$  в, значит здесь отмечается сдвиг кривых поляризации. Приведении ингибитора ИКА-8 в раствор значение потенциала электрода меняется в положительную сторону, что говорит о замедлении анодной реакции. Это состояние говорит о том, что формируется тонкая защитная плёнка на поверхности металла, состоящая из таких защитных веществ, как азот, амид и фосфат, которые находятся в составе введённых ингибиторов. С изменением потенциала коррозионности одновременно меняется значение тока коррозионности, это указывает о воздействии по смешанному механизму на процесс коррозионности металла ингибитора. Образцы металлов (Ст.3 и Ст.12) с целью защиты от коррозии, помещали в различные агрессивные среды – водных, сероводородных, щелочно-соленый и в кислотной были изучены свойства ингибирования аминов, в составе которых имеются различные радикалы и мономеры.

**Таблица 3**

**Степень защиты металлов от коррозии ИКА-6, ИКА-7 и ИКА-8 ингибиторов в кислых средах в зависимости от температуры и концентрации ингибитора**

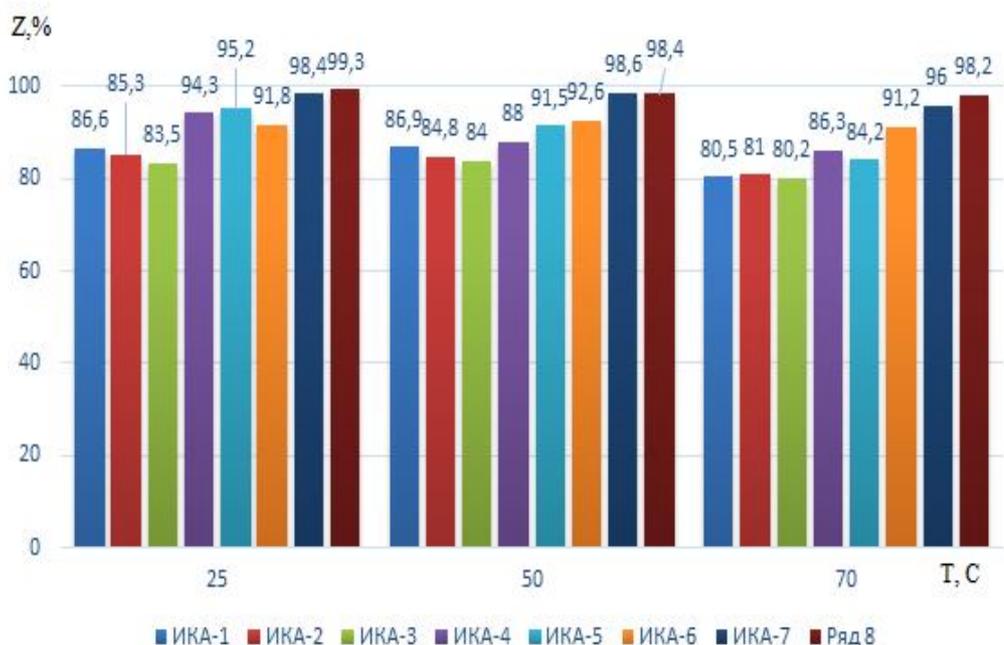
Ингибиторы	Концентрация С%	Время проведение эксперимента					
		360 часов			720 часов		
		К, г/м <sup>2</sup> ·сутка	$\gamma$	Z, %	К, г/м <sup>2</sup> ·сутка	$\gamma$	Z, %
Фон (1%NaCl +1% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0	398,86	-	-	354,04	-	-
ИКА-1	0,1	74,93	6,92	82,21	58,96	7,88	83,41
ИКА-2		81,41	18,11	80,82	77,31	20,09	81,82
ИКА-3		101,25	41,25	75,43	87,33	48,35	79,84
ИКА-4		55,44	9,84	87,85	51,32	11,48	90,73
ИКА-5		78,66	20,13	81,06	75,58	24,32	83,25
ИКА-6		27,68	12,45	93,37	25,05	14,43	95,92
ИКА-7		8,19	58,84	98,80	6,09	97,69	99,03
ИКА-8		6,24	60,81	99,65	4,25	102,41	99,75
Фон (1%NaCl +1% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0	398,81	-	-	355,01	-	-
ИКА-1	1,0	72,43	8,84	85,32	70,45	9,63	86,41
ИКА-2		75,38	20,15	82,93	73,18	21,48	83,09
ИКА-3		88,46	43,85	80,64	85,95	50,51	82,55
ИКА-4		58,53	12,81	91,36	61,58	12,83	92,64
ИКА-5		73,04	23,48	85,47	28,41	26,44	87,03
ИКА-6		26,03	15,05	95,88	16,03	15,81	86,44
ИКА-7		8,04	61,43	98,92	5,89	98,08	98,02
ИКА-8		4,03	68,74	99,81	3,35	104,52	99,89

Гравиметрическим методом по времени, температуре, концентрации ингибитора и др. показателей установлено, что при ведении процесса в водной, кислотной и нейтральных средах скорость коррозии (рис. 4-6 и табл. 3,4.) металлического сплава марки Ст.3 в различных агрессивных среда при температуре  $25 \div 70^{\circ}\text{C}$  в течение 360 и 720 часов для ингибиторов с растворами 0,1% концентрации типа ИКА-4, ИКА-5, ИКА-6, ИКА-7, ИКА-8 степень антикоррозийной защиты была равна  $96,8 \div 99,7\%$ . При повышении концентрации ингибиторов ИКА-6,7,8 с 0,1% до 1,0% показатель антикоррозийной защиты будет равен  $95,9 \div 99,8\%$ . Если повысить температуру процесса с данными ингибиторами до  $70^{\circ}\text{C}$ , то только для ингибиторов ИКА-6,7,8 сохранится показатель степени защиты, равный  $95,3 \div 99,81\%$ . Степень антикоррозийной защиты импортируемых в нашу Республику ингибитора марки Nalco составляет  $87,6\%$  при температуре  $80^{\circ}\text{C}$ .

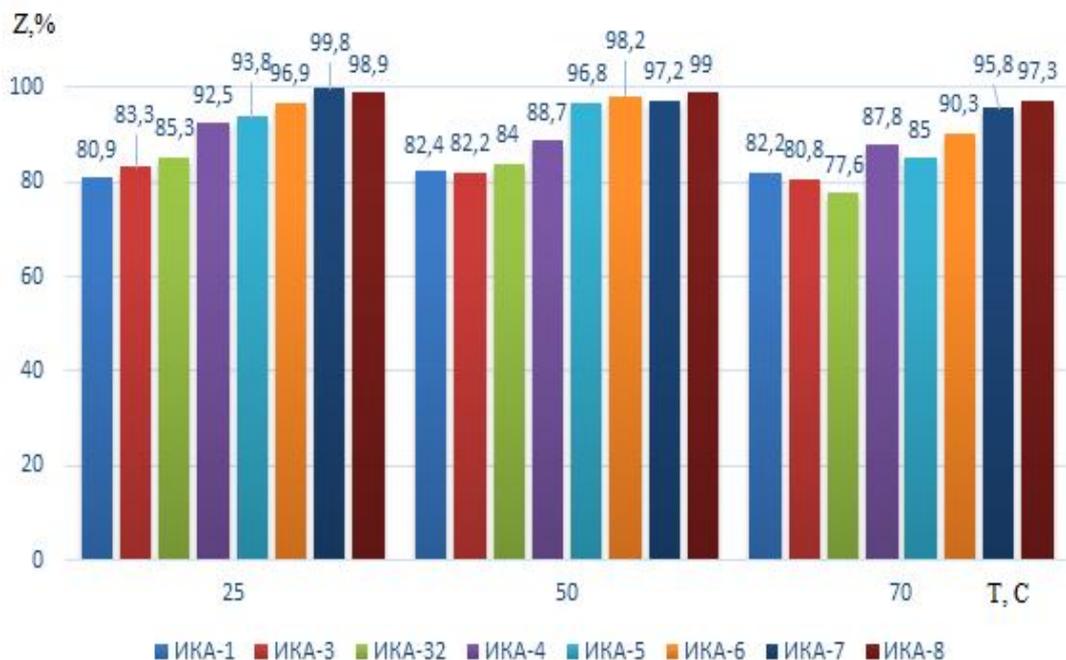
**Таблица 4**

**Степень защиты металлов от коррозии ИКА-6, ИКА-7 и ИКА-8 ингибиторов в средах  $\text{H}_2\text{S}$  растворов в зависимости от температуры и концентрации ингибитор**

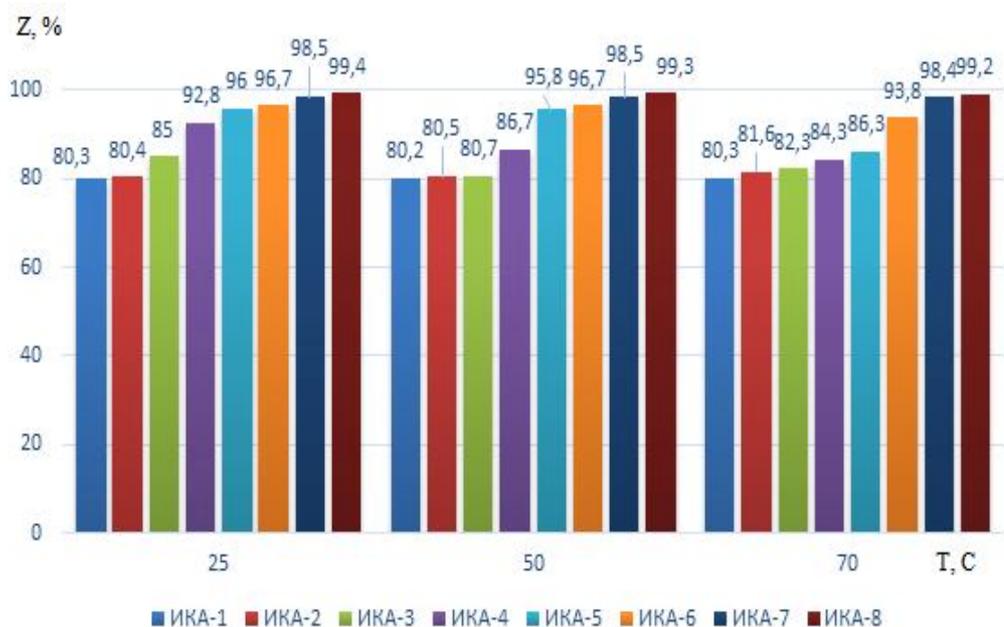
Ингибиторы	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Время проведение эксперимента					
		360 часов			720 часов		
		К, г/м <sup>2</sup> ·сутка	$\gamma$	Z, %	К, г/м <sup>2</sup> ·сутка	$\gamma$	Z, %
Фон(3% $\text{H}_2\text{S}$ )	50	142,37	-	-	101,75	-	-
ИКА-1		39,79	6,18	83,85	36,95	6,85	84,58
ИКА-2		43,56	18,93	80,54	40,81	17,18	83,45
ИКА-3		44,05	19,02	80,63	42,34	5,64	81,39
ИКА-4		6,29	39,98	97,51	5,18	58,41	98,15
ИКА-5		9,58	25,65	96,82	8,14	39,59	97,08
ИКА-6		19,25	13,96	93,44	17,52	21,14	95,51
ИКА-7		3,58	78,25	98,91	2,83	105,35	99,05
ИКА-8		2,89	95,13	99,82	1,93	168,44	99,89
Фон (3% $\text{H}_2\text{S}$ )	70	264,34	-	-	238,27	-	-
ИКА-1		44,02	8,84	80,36	43,89	9,04	80,41
ИКА-2		44,28	19,05	80,48	43,85	18,59	80,54
ИКА-3		45,01	20,01	80,09	49,59	21,08	79,42
ИКА-4		39,97	17,45	83,49	40,79	17,69	83,09
ИКА-5		44,08	18,06	80,09	48,81	19,08	79,24
ИКА-6		19,52	12,89	93,82	17,58	10,93	95,28
ИКА-7		3,51	79,01	98,43	2,72	105,35	99,35
ИКА-8		2,84	95,38	99,81	1,93	169,58	99,18



**Рис.4. Взаимосвязь степени антикоррозийной защиты от концентрации и температуры ингибиторов сплава металла Ст.3 с участием 3%  $H_3PO_4+H_2SO_4$  на фоне раствора (рН=1,5)**



**Рис.5. Взаимосвязь степени антикоррозийной защиты от концентрации и температуры ингибиторов сплава металла Ст.3 с участием 3%NaCl+3% NaOH на фоне раствора (рН=7,6)**



**Рис. 6. Взаимосвязь степени антикоррозийной защиты от концентрации и температуры ингибиторов сплава металла Ст.3 с участием  $H_2S$  на фоне раствора ( $pH=5,6$ )**

На основе поставленной задачи по импортозамещению ингибиторов на синтезированные ИКА-6, ИКА-7, ИКА-8, изучены процесс ингибирования и его физико-химические свойства на предмет предотвращения образования отложений минеральных солей и антикоррозийности металлов. Результаты показали, что с повышением концентрации ингибиторов также повышалась эффективность их антикоррозийной защиты, степень защиты была достигнута в 1% растворе. По данному результату установлено, что с увеличением количества молекул также увеличивается степень защита (количество) адсорбции на поверхности металлической ингибитора, но при этом происходит заметное изменение, так как ингибитор с низкой концентрацией также сохраняет свою защитную эффективность. Особенно для ингибитора ИКА-8 при 298К с концентрацией 0,001% антикоррозийность металла достигает 87,4%, если концентрацию повысить до 1%, этот показатель на фоне раствора  $H_2SO_4$  составит  $90,8 \div 92,9\%$ , а на фоне раствора  $H_2S$  -  $92,9 \div 99,4\%$ . Вместе с тем, увеличение времени процесса от 240 до 360 часов увеличивает степень антикоррозийности для ИКА-6 до  $92,9 \div 96,7\%$ , для ИКА-7  $81,3 \div 98,4\%$ , ИКА-8 -  $86,9 \div 99,4\%$ . Это указывает на то, что на поверхности металла существуют множественные фазы и, что они не растворяются одновременно. В условиях фона раствора  $H_2S$  показатели скорости коррозии стального образца марки Ст.3 за 3-4 часа примерно одинаковые и это доказывает, что процесс коррозии в очень агрессивных средах происходит с очень быстрой скоростью. Когда концентрация ингибитора повышается с 0,001 до 1%, то эффективность защиты ИКА-8 повышается соответственно с 92,3% до 99,2%. Это изменение наблюдается

также и при температурах 313, 323 и 343К. Установлено, что антикоррозийная степень защиты ингибиторов в щелочно-соленой агрессивной среде для образца стали Ст.3 также максимальна. Причина этому такова что находящиеся в составе ингибитора ИКА-8 множество активных электрононоров, сохраняют функциональные группы и это положение по мере изменения температуры процесса никак не влияет на степень его эффективности.

Установлены термодинамические свойства в фазах кислотных, серо водородных растворов и зависимости ингибирования от температуры при участии ингибиторов ИКА-6, ИКА-7, ИКА-8 в процессе коррозии металлов. По полученным сведениям видно, что повышение температуры очень мало влияет на процесс коррозии, так как с повышением температуры адсорбция поверхности металла почти не изменяется. Установлено, что повышение концентрации ингибиторов в обоих случаях влияет на эффективность замедления коррозии. Во всех изученных агрессивных средах ингибиторы оказывают энергетическое влияние полностью заполненные поверхности. Полученные на основе этих экспериментов показатели  $\gamma\text{-lgC}$  в виде зависимых прямых показали, что при введении ингибитора в 3% раствор  $\text{Na}_2\text{S}$  (с участием 500 мг/л  $\text{H}_2\text{S}$ ) на поверхности металлического образца образовывался слой (пленка). Для расчёта активности ( $E_{\text{акт}}$ ) был нарисован график зависимости  $\text{lgK}-1/T$  и по показателю тангенса угла отвлечения ( $E_{\text{акт}} = 2,3 \cdot R \cdot \text{tg}\alpha$ ) была рассчитана энергия эффектной активности  $E_{\text{акт}}$ . Установлено, что с повышением температуры процесса коррозии показатель энергии эффективности равен  $28,5 \div 47$  кДж/моль. Установлены показатели  $E_{\text{акт}}$ ,  $\Delta H$  и  $\Delta S$  многокомпонентных композиционных ингибиторов, содержащие азот, амид и фосфор, в средах сильных кислот. (см.табл.5)

**Таблица 5**

**Термодинамические значения коррозии в средах 3%  $\text{Na}_2\text{S}$  раствора с участием 3%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{H}_2\text{S}$  металлического образца Ст.3, установленные гравиметрическим методом ( $T=298\text{K}$ ;  $C_{\text{инг}}=1,0\%$ )**

Ингибиторы	Фон	$E_{\text{акт}}$ кДж/моль	$\Delta H$ Дж/моль	$\Delta S$ Дж/моль·К
Образец металла	3% $\text{H}_2\text{SO}_4$	38,88	32,43	68,45
ИКА-6		61,23	-43,43	48,56
ИКА-7		63,54	-41,89	40,48
ИКА-8		71,89	-42,34	38,43
Образец металла	$\text{H}_2\text{S}$ с участием 3% $\text{Na}_2\text{S}$	31,44	33,05	67,88
ИКА-6		48,93	-66,78	35,25
ИКА-7		49,56	-69,04	32,41
ИКА-8		48,89	-69,85	36,54

Из полученных результатов было установлено, что в процессе коррозии металлического образца Ст.3 в условиях с помещенными и непомяченными

ингибиторами в кислотную среду, показатели  $E_{акт}$  и  $\Delta H$  были почти близки друг к другу.

С повышением температуры в средах сильных щелочно-соленых растворов для стальных образцов Ст.3 и Ст.12 эффективность ингибирования коррозии почти не меняется, т.к. в среде растворов ингибиторов 3% NaOH+3% NaCl адсорбция на поверхности металлических образцов происходит в значительной степени. С повышением температуры процесс движения ионов гидроксида и хлора возрастает, в результате чего адсорбирование поверхности металлических образцов увеличивается. Вследствие этого, несмотря на низкую степень защиты ( $Z$ ), она начинает снижаться. Увеличение показателя температуры является одной из причин повышения количества оксидового и солевого слоев, подвергающих коррозии поверхность металла. Расчитаны термодинамические показатели ингибирования процесса коррозии стальных образцов Ст.3 и Ст.12 при температуре 298К, а также ингибиторов ИКА-6, ИКА-7 и ИКА-8 в щелочно-соленой среде.

Полученные на основе проведенных экспериментов результаты показали, что величины  $E_{акт}$  и  $\Delta H$  антикоррозийного процесса стального образца в условиях щелочно-соленой среды близки друг к другу и что это состояние для используемых ингибиторов имеет общность. Из-за резкого повышения показателя  $E_{акт}$  среды ингибиторов соответственно снижается и воздействие ионов активного хлора и гидроксила на поверхность металлического образца. Соответственно, насколько крепче оболочка будет связана, настолько уменьшится влияние активных ионов на поверхность металла. Показатель  $\Delta H$  в системах с введенными и невведенными ингибиторами равен соответственно 75,987 и 45,43 кДж/моль и его отрицательное значение говорит о ведении процесса коррозии в экзотермическом состоянии. Показатель  $\Delta S$  при введении ингибитора в систему изменился от 78,84 Дж/моль·К до 37,34 Дж/моль·К, значит молекулы ингибитора на поверхности металлического образца образуют комплексы с ионами железа. С повышением величины  $E_{акт}$  молекулы ингибитора создают барьер в катоде и аноде, и этим уменьшают коррозию образца металла. Полученные результаты дают хорошее объяснение тому, что по изотерме Ленгмюра о высокой степени заполнения поверхности металла прямо пропорционально зависимости процесса адсорбции с концентрацией композиционных ингибиторов ИКА-6, ИКА-7 и ИКА-8. Также, что скорость растворения ( $K$ ) образцов металла зависит от содержания ингибиторов и, если даже ингибитор будет с малой концентрацией, антикоррозийность составит 96-99,6%. При наличии у  $\Delta G_{адс}$  положительного знака адсорбирование ингибитором поверхности металла говорит о самоневозвратимости процесса. При введении композиционного ингибитора ИКА-8 в среду 3%  $H_2SO_4$  раствора образца стали Ст.3 изменение показателя  $\Delta G_{адс}$  в промежутке температур 298÷343К от -48.24 кДж/моль<sup>-1</sup> до -43.92 кДж/моль<sup>-1</sup> на влияние разного рода адсорбирования на поверхность образца стали Ст.3 этого ингибитора, т.е. ингибитор в результате физической

и химической сорбции адсорбируется. Были рассчитаны термодинамические свойства процесса адсорбирования поверхности металла в щелочно-соленой среде композиционного ингибитора ИКА-8 (табл.6), а также были изучены изотермы адсорбции Ленгмюра композиционного ингибитора ИКА-8 в щелочно-соленой среде. Выяснилась связь температуры процесса по направлениям изотермы адсорбции Ленгмюра в щелочно-соленых агрессивных средах образцы стали Ст.3, т.е. при различных температурах (промежутке 298÷343К) ингибитор ИКА-8 имеет различную степень антикоррозийной защиты образцов металлов.

**Таблица 6**

**Термодинамические значения адсорбирования поверхности металлических образцов в среде 3%NaOH + 3%NaCl раствора композиционного ингибитора ИКА-8 (Ст. 3-образец металла,  $C_{инг}=100\text{мг/л}$ )**

Температура, К	$K_{адс}$ моль <sup>-1</sup>	$\Delta G_{адс}$ кДж/моль	R	$\Delta H_{адс}$ Дж/моль	$\Delta S_{адс}$ Дж/моль*К
298	$7.1 \cdot 10^5$	-49.94	0.980	-78.85	96.54
313	$6.8 \cdot 10^5$	-49.58	0.975	-78.56	96.48
323	$5.4 \cdot 10^5$	-48.86	0.901	-78.49	96.31
343	$3.2 \cdot 10^5$	-46.78	0.911	-78.80	96.44

Установлено, что изотерма Ленгмюра также приводит к изменению термодинамики изменения температуры процесса.

Синтезированный, с участием оксида цинка, глицерина, каустической соды, гидроксида натрия и МЭАКК реагентов на основе ОЭДФ, композиционный ингибитор типа ИКА-8, был испытан на оборудовании и трубопроводах Шуртанского газо-химического комплекса на предмет антикоррозийности, в том числе по предотвращению образования отложений минеральных солей, сравнивая показатели ингибиторов марок “Опцион” и Nalco, поставляемые из-за рубежа.

На основе результатов проведённых испытаний установлено, что композиционный ингибитор ИКА-8 уменьшает образование отложений минеральных солей а также, по сравнению с используемым в промышленности ингибитором уменьшает коррозионность до 4,5÷7,0%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе местного сырья и промышленных отходов разработаны многокомпонентные эффективные ингибиторы с содержанием азота, амина и фосфора для процесса коррозии металлов.

2. На основе исследований установлены тока коррозии, скорость коррозии, степень защиты и наполнения поверхности металла, константа равновесия процессов адсорбции и рекомендованы оптимальный состав ингибиторов.

3. Изучены показатели и механизмы эффективности ингибирования

процесса коррозии металлов для предотвращения образования отложений минеральных солей в кислотных, сероводородных, щелочно-соленых и водных агрессивных средах и установлены оптимальные концентрации ингибиторов для различных сред.

4. Показано, что скорость покрытия на поверхность стального образца композиционных ингибиторов, проходит в одной плоскости и реализуется по закону Ленгмюра с образованием слоя, предотвращающего коррозию металла.

5. Определены энергия активации в различных средах сталей марок Ст.3 и Ст.12 с применением ингибиторов на основе термодинамические функции ( $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta G$ ) расчётами найдено высокое отрицательное значение  $\Delta G_{\text{эфф}}$ .

6. Показано, что разработанные композиционные ингибиторы увеличивают эффективность ингибирования накопления минеральных солей на 2-4 % и повышают степень защиты металлов от коррозии до 97,3% по сравнению с используемыми в производстве.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
PhD.03/30.12.2019. K.02.05 AT SAMARKAND STATE UNIVERSITY**

---

**TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

**OSERBAEVA ALFIYA**

**PHYSICAL AND CHEMICAL REGULARITIES OF CARBON STEEL  
CORROSION INHIBITION BY AMINES IN SALT AND  
HYDROGEN SULFIDE CONTAINING SOLUTIONS**

**02.00.04 – Physical chemistry**

**DISSERTATION ABSTRACT OF  
DOCTOR OF PHILOSOPHY IN CHEMICAL SCIENCES**

**Samarkand – 2020**

**The theme of the dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.2.PhD/K190**

The dissertation research has been carried out at the Tashkent institute of chemical technology.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online at the Scientific Council web-site [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz) and on the web-site of the «Ziyonet» information-education portal ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Research supervisors:** **Nurullaev Shavkat**  
doctor of chemical sciences, professor

**Official opponents:** **Yunusov Mirakhmad**  
doctor of technical sciences, professor

**Khalilov Kadritdin**  
Candidate of chemical sciences, docent

**Leading organization:** Institute of General and Inorganic chemistry at AS in the Republic of Uzbekistan

The defense of the dissertation will take place on the «9<sup>th</sup>» *June* 2020 at «10<sup>00</sup>» o'clock at the meeting of the Scientific Council on awarding scientific degrees of PhD.03/30.12.2019.K.02.05 at Samarkand State University (address: 140104, Samarkand city, University Blvd.,15, Department of Physics-Chemistry, 3<sup>rd</sup> floor, room 305. Ph: (+99866) 239-11-40, fax; (+99866) 239-11-40. E-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)).

The dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Samarkand State University № 30 (address: 140104, Samarkand city, University Blvd., 15, IRC, Ph.: (+99866) 239-11-51. E-mail: [m\\_nasrullaeva@mail.ru](mailto:m_nasrullaeva@mail.ru)

The abstract of the dissertation has been distributed on «27» 05 2020 y.  
(Protocol at the register № 1 - dated «27» 05 2020 y.)



*A. Nasimov*  
**A.Nasimov**  
Chairman of the Scientific Council for  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

*Sh. Sayitkulov*  
**Sh.Sayitkulov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
for awarding scientific degrees,  
candidate of chemical sciences, docent

*R. Normakhmatov*  
**R.Normakhmatov**  
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## **INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)**

**The purpose of the research is** to inhibit the corrosion of metal alloys in salty and hydrogen sulfide medium containing amines based on local raw materials and chemical industry wastes, as well as to create a new composition of composite inhibitors to protect against formation of mineral salts deposits and study their physicochemical properties.

**The object of the research** is multicomponent composite inhibitors prepared based on substances containing nitrogen, amines and phosphorus

**The scientific novelty of the research** is as follows:

a new composition of multicomponent composite inhibitors containing nitrogen (amines, amides) and phosphorus preventing corrosion steel and accumulation of mineral salts deposits on the basis of local raw materials and industrial wastes was created;

the formation of metal ion complexes on the metals surface and the thermodynamic quantities ( $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta G$ ) of the adsorption process upon the introduction of multicomponent inhibitors into a corrosive medium was determined;

the absence of the formation of free spaces for  $H^+$  ions in the form of strong complexes of inhibitors with iron ions and solubility in strong acidic, hydrogen sulfide and aqueous media was proved;

the kinetic properties and adsorption isotherms of multicomponent composite inhibitors prepared based on amine, amide and phosphorus-containing substances were established.

### **Implementation of the research results.**

Based on the obtained scientific results on the research of the physicochemical objective laws of the inhibition of corrosion of carbon steel by amines in salt and hydrogen sulfide solutions:

the application of synthesized composite inhibitors was introduced in the practice of JSC “Bektemir-alcohol experimental plant” (certificate of the Agency for the Development of Viticulture and Winemaking under the Ministry of Agriculture in the Republic of Uzbekistan, No. 01-09/450 of February 17, 2020). As a result, the opportunity was created to reduce the corrosion of steel materials upto 97.3%;

the developed multicomponent composite inhibitors have been introduced and are successfully used in water return systems at the JV LLC “ART GLOSS GALLERY” (certificate of the JV LLC “ART GLOSS GALLERY” No. 1 dated February 5, 2020). As a result, the degree of formation of mineral salts and corrosion on equipment and pipelines was reduced to 97.3%.

**Structure and volume of dissertation.** The structure of the dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusions, the list of references, applications. The volume of the dissertation consists of 117 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**Список опубликованных работ**  
**List of publised works**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Осербаева А.К. Применение amino- и фосфатсодержащих ингибиторов в различных средах. // Химия и химическая технология. – Ташкент, 2018. - №3. - С.34-37 <http://journals.isuct.ru/ctj> (02.00.00 №3).

2. Осербаева А.К., Нуруллаев Ш.П., Кодиров Х.И. Защита стали от коррозии в кислых и нейтральных средах. // UNIVERSUM: Химия и биология. – Новосибирск, 2018 - №11(53). - С.58-61. URL:<http://7universum.com/ru/nature/archive/item/6534> (02.00.00 №1).

3. Осербаева А.К., Нуруллаев Ш.П. Влияние температуры и продолжительности коррозионных испытаний на эффективность защиты сталей ингибиторами. // “Вестник науки и образования” Научно-методический журнал. - Изд. “Проблемы науки”. – 2019. - №8(62). - ч.1., - С.15-20. [http:// scientificjournal.ru](http://scientificjournal.ru) (02.00.00.№2)

4. Осербаева А.К., Нуруллаев Ш.П., Атауллаев Ш.Н. Перспективы использования новых ингибиторов коррозии металлов в кислых и сероводородных средах. // Фан ва технологиялар тараққиёти. - Бухоро, 2019. - №3. - С.41-45. (02.00.00 №14).

5. Осербаева А.К., Нуруллаев Ш.П. Физико-химические закономерности протекания процесса ингибирования металлов в различных средах. // Copyright International Book Market Service Ltd. Latvia, European Union. Palmarium academic publishing. - Riga, 2019. - С. 62.

**II бўлим (II часть ; II part)**

6. Осербаева А.К., Нуруллаев Ш.П., Башкирцева Н.Ю., Черкасова Е.И., Арипджанов О.Ю. Применение amino- и фосфатсодержащих ингибиторов для защиты сталей от коррозии. // Вестник Технологического университета. – Казань, 2019. - т.22, №2. – С. 97-99. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru). (02.00.00 №1).

7. Oserbaeva A.K. Protective properties of amino-and phosphate containing inhibitors. // Материалы XXXIX Международной научно-практической конференции “Естественные и технические науки в современном мире” «Chronos». - Москва, 2019. - С. 63-66.

8. Осербаева А.К., Нуруллаев Ш.П. Перспективы использования аминов в качестве ингибиторов коррозии металлов в нейтральных средах. // “Умидли

кимёгар-2019” Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриат талабаларининг XXVIII–илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. – Тошкент, 2019. - С.26

9. Осербаева А.К., Махкамов Д.У., Нуруллаев Ш.П. Термодинамика взаимодействия в системе диметиламиноэтилметаакриламид и иона меди. // Республиканский межвузовский сборник научных трудов «Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук». – Ташкент, 2019. - С. 109-111

10. Осербаева А.К., Нуруллаев Ш.П. Защитные действия азот и фосфорсодержащих соединений при кислотной и сероводородной коррозии металлов. // Материалы Международной научно-практической конференции “Общество-наука-инновации” - Оренбург, 2019, Ч.2, - С. 33-36

11. Осербаева А.К., Нуруллаев Ш.П., Халиков А.Ж. Изучение защитных свойств амино-фосфатсодержащих ингибиторов коррозии стали. // «Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук» Республиканский межвузовский сборник научных трудов. – Ташкент, 2018. - С. 91-93.

12. Осербаева А.К., Нуруллаев Ш.П. Изучение защитных свойств новых ингибиторов коррозии сталей. // Материалы XXXIII Международной научной конференции «Техноконгресс», Кемерово, 2018. - С. 3-7.

13. Осербаева А.К., Турсунова С.Т., Жумаева Г.Т., Нуруллаев Ш.П. Таркибида азот ва аминсақловчи сувда эрувчи полимер қўшилган композицион адсорбентларни термохимёвий барқорорлиги. // “Умидли кимёгар-2018” Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриат талабаларининг XXVII–илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. – Тошкент, 2018. - 173-174 бетлар.

14. Осербаева А.К., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И. Защитные свойства ингибиторов, содержащих амино- и фосфатные группы. // - ЎзМУ хабарлари. – Тошкент, 2012. - №3/1. - С.154-156.

15. Осербаева А.К., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И. Защитные свойства амино- и фосфатсодержащих ингибиторов в различных средах. // Композиционные материалы. Узбекский научно-технический и производственный журнал. – Ташкент, 2012. - № 3. - С. 7-10.

16. Осербаева А.К., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С. Фосфор- и азотсодержащая композиция для ингибирования коррозии сталей. // “Зелёная химия в интересах устойчивого развития”. // Материалы I Республиканской конференции с Международным участием. - Самарқанд, 2012. - С. 197.

17. Осербаева А.К., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И. Защитные свойства азот- и фосфорсодержащих ингибиторов в водных средах. // “Кимё муаммолари ёш олимлар нигоҳида” Кимё факультети профессор-ўқитувчилари ва ёш олимларининг илмий-амалий конференцияси материаллари тўплами. ЎзМУ Тошкент- 25 май 2012 йил. - С.10.

18. Осербаева А.К., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И. Защитные свойства амин и фосфор-содержащих ингибиторов в водных средах. // Материалы

Республиканской научно-технической конференции “Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли” - Навои, 2012. - С. 420.

19. Осербаева А.К., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С. Ингибиторы коррозии металлов на основе азотсодержащих соединений. // Материалы Республиканской научной конференции, посвященной 95-летию академика Х.У.Усманова. – Ташкент, 2011. - С. 95.

20. Осербаева А.К., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С. Новое поколение ингибиторов коррозии металлов на основе аминов. // «Кимё ва озиқ-овқат саноатлари ҳамда нефть-газ қайта ишлашнинг инновацион технологияларини долзарб муаммолари» мавзусидаги «Кичик бизнес ва хусусий тадбиркорлик йили» га бағишланган Республика илмий-техника анжуманининг мақолалар тўплами. - Тошкент кимё-технология институти, Тошкент, 2011. - С. 99.

**Автореферат «Самарқанд давлат университети Илмий ахборотномаси»  
таҳририятида таҳрир қилинди.**

2020 йил 14 мартда таҳририй-нашриёт бўлимига қабул қилинди.  
Қоғоз бичими 60x84 1/16 “Times New Roman” гарнитураси.  
Офсет қоғози. Адади 80 нусха. Бюртма № 03/7

---

СамДУ таҳририй-нашриёти бўлимида чоп этилди.  
140104, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15