

**Н.Б. ЭШМАМАНОВА, Л.М. ҚУРБАНОВА,
Ҳ.И. АКБАРОВ, Л.А.АЗИМОВ**

**ОРГАНИК АМИНЛАР ВА ХРОМ
БИРИКМАЛАРИ АСОСИДАГИ
ИНГИБИТОРЛАРНИНГ
ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ**



C/P.

**Н.Б. ЭШМАМАТОВА, Л.М. ҚУРБАНОВА,
Ҳ.И. АКБАРОВ, Л.А.АЗИМОВ**

**ОРГАНИК АМИНЛАР ВА ХРОМ БИРИКМАЛАРИ
АСОСИДАГИ ИНГИБИТОРЛАРНИНГ
ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ**



Тошкент–2022

УЎК 547.2.060(575.1)

КБК 24.4(5Ў)

Э82

Эшмаматова Н.Б., Қурбанова Л.М., Акбаров Ҳ.И., Азимов Л.А.
Органик аминлар ва хром бирикмалари асосидаги
ингибиторларнинг физик-кимёвий хусусиятлари. Монография/ Т.:
«Lesson press» нашриёти, 2022, -128 б.

Монографияда металлларни коррозиядан химоялашда амина гуруҳ тутган органик бирикмалар асосидаги юкори самарадорли ингибиторларни яратиш; пўлатнинг сувдаги коррозиясини сусайтиришда сиртга ингибиторларнинг таъсирини аниқлаш; химоялаш хусусияти, бирикмаларнинг металл сиртига адсорбцияланиши, катод ва анод жараёнларни секинлаштириш билан боғлиқлигини исботлаш; қўлланилаётган ингибиторларга муҳит ва концентрациянинг таъсирини аниқлаш бўйича янги маълумотлар келтирилган.

Монография ЎзМУ ва бошка Олий таълим даргоҳларида тахсил олаётган магистрант талабалар, илмий тадқиқотчи, докторантлар учун мулжалланган.

УЎК 547.2.060(575.1)

КБК 24.4(5Ў)

Масъул муҳаррир

Кимё фанлари доктори, проф. **Холиқов А.Ж.**

Такризчилар:

- кимё фанлари доктори, проф. **Сманова З.А.**

- кимё фанлари доктори, проф. **Эшметов И.Д.**

Монография Мирзо Улуғбек номидаги ЎзМУ кенгашида 2022 йил “25” ноябрдаги №11 сонли мажлисида нашр этишга тавсия этилган.

ISBN 978-9943 9034-2-5

© Эшмаматова Н.Б. ва б., 2022
© «Lesson press» нашриёти, 2022

КИРИШ

Ҳозирги кунда пўлат асосидаги қотишмалар кимё саноати, аграр саноат қурилмалари, нефть-газ корхоналарида, металлургия ва автомобил саноатларида муҳим материал ҳисобланади. Саноатда коррозия натижасида вақт ўтиши билан металл материалларининг табиий ҳолатини йўқолишига ва атроф муҳитнинг ифлосланишига олиб келади. Ер ости нефть-газ қувурлари маълум коррозион шароитларда ишлайди, бу пассив ва фаол ҳимоя тизимларидан фойдаланишни талаб қилади. Бутун жаҳон коррозия ташкилоти WCO-(The World Corrosion Organization) маълумотларига кўра, коррозиядан зарар ва унга қарши курашиш харажатлари тахминан 2,2 трлн долларни ташкил қилади. Металл билан адсорбцион таъсирлашув натижасида унинг ҳимоялаш хоссалари турли ҳароратларда қандай намоён бўлиши ва реакция механизмларини ўрганиш натижасида янги самарадорли ингибиторлар ишлаб чиқариш бугунги кунда долзарб вазифалардан бири ҳисобланади. Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.Мирзиёев кимё саноатини жадал ривожлантириш, тармоққа хорижий инвестиция ва замонавий технологияларни жалб қилиш масалалари бўйича йиғилишда тармоқдаги камчиликларни бартараф этиш бўйича ўз таклифларини киритганлар. Бунда кимё саноатини янада ривожлантириш юзасидан амалга ошириладиган чора тадбирларни бир қанчасини санаб ўтиб Республикамизни иқтисодийетини ривожлантиришда кимё фанининг аҳамияти, ишлаб чиқаришга алоҳида урғу бериб, бу борада қилинадиган ишларни режалаштириш кераклигини айтиб ўтганлар.

АҚШдаги (NACE) коррозия соҳасидаги мутахассисларнинг миллий ташкилоти ҳисобланиб, унинг сўнгги маълумотларига кўра ялпи ички маҳсулот Германияда-2,8%, Россияда, Хитойда-5% дан ортиқ ҳисобланади. Бугунги кунда Россияда нефть ва газ қувурларида содир бўлган бахтсиз ходисаларнинг қарийб 42% коррозия сабабли, Хитойда-45% ни ташкил қилади. Шунинг учун антикоррозион ҳимоя самарадорлигини оширувчи коррозия ингибиторларини олиш, ҳимоя тури техник ва иқтисодий жиҳатлар асосида танланади. Лойиҳаларни ишлаб чиқишда иккала техник омил ҳам ҳисобга олинади, адашган оқимларнинг мавжудлиги ёки йўқлиги, тупроқларнинг намлиги, коррозияга қарши изоляциянинг тури ва бошқалар, шунингдек иқтисодий омиллар, бир марталик ҳаражатларнинг ҳажми, эксплуатация ҳаражатлари шунга мисол бўлади. Изоляцияда ингибитор, қопламаларнинг ишлаб чиқаришда қўллаш технологиялари, ҳамда кўчириш шароитлари такомиллаштирилади, маҳаллий ва хорижий тажрибаларни таҳлил қилишни ҳисобга олган ҳолда, янги материаллар ихтиролардан фойдаланиб, тадқиқотлар ва ишланмалар натижаларидан коррозияга қарши курашишда ишлатилади. Ҳимоялаш натижасида ингибиторларнинг самарадорлиги изоляцияланган системага ва қўллаш сифатига боғлиқ. Республикамиз мустақилликка эришганидан буён кимё саноатида янги турдаги маҳсулотларни ишлаб чиқаришни ривожлантириш йўналишида илмий изланишларни юқори даражада ташкил этиш ва маҳаллий бозорни импорт ўрнини боса оладиган кимёвий реагентлар билан таъминлаш борасида кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Маълумки, аминлар, амин тузлари,

тўртламчи аммоний асослари нефть ишлаб чиқариш қурилмаларида коррозия ингибитори сифатида кенг қўлланилган.

Дунёда металлларни коррозиядан ҳимоялаш бўйича қатор, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: амина гуруҳ тутган органик бирикмалар асосидаги юқори сифатли самарадорли ингибиторларни яратиш; пўлатнинг сувдаги коррозиясини сусайтиришда сиртга ингибиторларнинг таъсирини аниқлаш; ҳимоялаш хусусияти, бирикмаларнинг металл сиртига адсорбцияланиши, катод ва анод жараёнларни секинлаштириш билан боғлиқлигини исботлаш; қўлланилаётган ингибиторларга муҳит ва концентрациянинг таъсирини аниқлаш. Монографияда органик аминлар ва хром бирикмалари асосидаги икки компонентли системаларнинг ингибирлаш самарадорлиги ўрганилган.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги 4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони, 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибдорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ва 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сон “Кимё ва биология йўналишларида узлуксиз таълим сифатини ва илм фан натижадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарорлари, шунингдек, мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу монография муайян даражада хизмат қилади¹. Жаҳонда

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони

олимлар томонидан олиб борилаётган кўпгина илмий-тадқиқот ишлари коррозия ингибиторларининг янги авлодини ишлаб чиқаришга бағишланган. Адабиётлар шарҳи шуни кўрсатадики, жуда кўп ишлар (Ю.Р.Эванс, Т.П.Хор, И.Л.Розенфельд, R.P.Frankental, D.Brasher, K.Z.Schwabe, С.З.Левин, Ю.Королев, В.Путилов) электрокимёвий усуллар тадқиқотларига бағишланган бўлиб, уларда ингибиторлар сифатида турли хил материаллар қўлланилган. Бугунги кунда коррозия ингибиторлари тадқиқотларида физик-кимёвий, электрокимёвий ва бошқа турли усуллар ишлаб чиқилган, бироқ технология ривожланиши билан коррозия жараёнида органик бирикмаларни ингибитор сифатида таъсир қилиш механизми ҳамда пўлат сиртига таъсирини ўрганиш бўйича илмий тадқиқот ишларига алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Ўзбекистон олимлари, жумладан Г.А.Цыганов, Р.С.Тиллаев, А.Т.Джалилов, Ф.К.Курбанов, Д.Юсупов, В.П.Гуро, З.Б.Таджиходжаев, А.Ж.Холиқов ва бошқалар металлارни коррозиядан ҳимоялаш муаммосини ҳал қилишда ҳамда ингибиторлар сифатида ишлатиладиган кимёвий бирикмаларни янги авлодини синтез қилиб олинишида ўз илмий тадқиқотлари билан катта ҳисса қўшганлар.

Пўлат сиртининг органик ва хром бирикмалари асосидаги ингибиторлар билан ингибирланиш механизми қизиқарли ҳамда ўрганилмаган савол бўлиб қолмоқда.

Фосфатли ингибиторларнинг юқори самарадорлиги турли муҳитда асослаб кўрсатилган, бироқ жуда кўп тадқиқотларда тоза фосфатли ёки полифосфатли бирикмалар қўлланилган бўлиб, органик бирикмалар, хромли тузлар кам ўрганилган ёки тўлиқ ёритилмаган. Коррозия ингибиторлари қўлланилиши

бўйича кўпгина ишлар маълум бўлиб, эритмада металлларни таъсирлашув қобилияти кимёвий фаол гуруҳлар учунгина тааллуқлидир.

Атроф-муҳитни ҳимоялашга бўлган талабнинг ортиши билан, металлларни коррозиядан сақлашда индивидуал кимёвий бирикмалар қўлланилишининг куйи самарадорликка олиб келиши микдорий усуллар ёрдамида олдиндан маълум ингибиторларнинг қўлланилиш доирасини кескин чегаралаб қўймоқда. Шунинг учун, экологик хавфсиз, кам захарли ингибиторлар ишлаб чиқишлиши долзарб масала бўлиб бормоқда.

I-БОБ. ИНГИБИТОРЛАР ЁРДАМИДА МЕТАЛЛАР КОРРОЗИЯСИНИ КАМАЙТИРИШНИНГ АСОСИЙ ЙЎЛЛАРИ

Таркибида азот, фосфор, хром тутган бирикмалар асосидаги ингибиторлар кенг тарқалган. Ҳимоялаш таъсирини алифатик аминлар ва уларнинг тузлари, аминоспиртлар, аминокислоталар, азометинлар, анилинлар, гидразидлар, имидлар, акрилонитриллар, иминлар, таркибида азот бўлган беш аъзоли бензимидазоллар, имидазолинлар, бензотриазоллар ва олти аъзоли пиридинлар, хинолинлар, пиперидинлар гетероциклик бирикмаларни намоён қилади. Бу турдаги бирикмаларни адсорбцион механизмда нанокатламлар ҳосил қилувчи ингибиторлар қаторига киритиш мумкин, лекин адабиёт маълумотларига қараганда уларни таъсир қилиш давомийлиги қисқа бўлиб, уларни ингибирланиш механизми билан тушунтирилиши мумкин. Кислотали муҳитдаги коррозия ингибиторларни анод, катод ёки иккала электрод жараёнларининг қутбланиши ошиши ҳисобига металлларнинг емирилиши жараёнини сусайтиради. Кислотали муҳит ингибиторлари сифатида кўпинча органик ва ноорганик бирикмалар қўлланилади. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, ҳозирги кунда коррозия тезлигини пасайтирадиган ингибиторлар жуда кўп, лекин коррозиянинг универсал ингибиторлари ҳали аниқланмаган. Ҳар бир муайян ҳолатда моддаларнинг жуда кам миқдори кўпроқ таъсир кўрсатиши аниқланган. Кимё саноатида жиҳозларнинг коррозия ингибиторлари сифатида аминлар ва уларнинг тузлари, тўртламчи аммоний бирикмалари кенг қўлланилиб келинмоқда.

Адабиёт маълумотларини таҳлили натижасида шу маълум бўлдики, таркибида хром тутган бирикмалар занглаган юзалар

сиртида ҳам коррозия жараёнини секинлаштириши мумкин. Шунинг учун металлларни коррозиядан ингибиторлар ёрдамида ҳимоя қилиш, бирикмаларнинг янги синфи бўлмиш хром тутган ингибиторларни яратиш Республикамиз кимё саноатидаги долзарб муаммоларни ечимларидан бири ҳисобланади.

Ноорганик коррозия ингибиторлари асосан айланма сув таъминоти системаларида қўлланилади. Ноорганик коррозия ингибиторларининг қўлланилиши уларнинг таннархи пастлиги ва етарлича юқори ҳимоя ҳусусияти билан тушунтирилади. Бу ингибиторлар айниқса сувли муҳитда пўлатни ҳимоялаш ҳусусиятини юқори даражага олиб чиқиш учун қўлланилади. Ноорганик ингибиторларга айрим пассивлаштирувчилар, катод, анод, қатлам ҳосил қилувчи ингибиторлар киради. Ноорганик коррозия ингибиторларига фосфатлар, бихроматлар, молибдатлар, хроматлар, нитритлар, полифосфатлар, силикатлар киради. Бу тур ингибиторлари туз йиғилишига қарши курашади, шунга қарамай айрим камчиликларга эга. Етарли миқдорда бўлмаган ёки ортириб юборилган дозаларида маҳаллий коррозияни келтириб чиқаради, улардан айримлари заҳарли, бактерияларга нисбатан таъсири ҳам аниқланган ва бу фақатгина кислород иштирокида боради. Ингибирловчи материалларга танлаб таъсир этиши туфайли, уларни қўллашда айрим қийинчиликларни келтириб чиқаради. Коррозиянинг органик ингибиторлари, аралаш таъсирли моддалар бўлиб, коррозия жараёнида ҳам катод, анод реакцияларини секинлаштириши аниқланган.

1.1. §. Таркибида азот тутган ингибиторлар

Нефть-газ ишлаб чиқариш корхоналарида турли металллардан тайёрланган қотишмалар асосидаги асбоб ускуналарнинг коррозия натижасида бузилишларига асосий сабаб, сувлар таркибидаги водород сульфид ва сульфат ионларини камайтирувчилар ҳисобланади. Технологик ускуналарнинг узоқ муддат хизмат қилишини таъминлаш учун ингибиторларни қўллашни авзаллик томонлари мавжуд. Амалиётда азот тутган органик бирикмалар асосидаги коррозия ингибиторлари кўпроқ қўлланилмоқда ва улар самарали ингибиторлар эканлиги адабиётлардан маълум. Хусусан, бу каби органик ингибиторларга: имидазолинлар, аминлар ва баъзи бошқа синф бирикмаларини киритиш мумкин [1].

Лаборатория шароитида алифатик аминлар асосидаги сувда эрийдиган гетероциклик реагентлардан (ДЭТА диэтилтолуоламид) синтез қилинган ва у коррозияга учратувчи фаол муҳитда универсал ингибитор сифатида қўлланилган. Адабиёт маълумотларидан ушбу ингибиторлар кислотали муҳитда сув-нефт эмульсияларига айланиши, маълум муддатдан кейин икки системага ажралиши натижасида коррозиянинг шиддатли кетиши кузатилади. Ингибиторлар бундай шароитда асбоб ускуналарни ҳимоялаш мақсадида қўлланилиши мумкин. Натижалар шуни кўрсатдики, синтез қилинган коррозия ингибитори ДЭТА 10-20 мг/л миқдор оралиғида юқори ҳимоялаш даражасини намоён қилади ва ўзининг намуналаридан қолишмаган ҳолда нефт ишлаб чиқариш корхоналарида ингибиторлар сифатида қўллаш мумкинлиги аниқланган. Қутбланиш эгрлари усули натижалари олиниб таҳлил қилинганда, синовдан ўтказилган ингибиторлар асосан катод жараёнлардаги реакцияларни

тезлигини пасайтиради деган хулосалар олинган. Бундай электрохимёвий жараёнда системада потенциалларни ўзгариши деярли кузатилмайди. Ингибитор миқдорини ошириш натижасида металл юзасида текис юпқа қатлам ҳосил бўлишини таъминлайди, бу олинган маълумотлар тўла қопланиш даражалари билан ҳисоблаб топилиши мумкинлиги аниқланган [2].

2-аллил ва 4-пропенилфенокси (C_2-C_4) бромалканларнинг пиридин билан таъсирлашиши, натижасида тегишли тузлари синтез қилинган ва ўрганилаётган пўлат (Ст.3) намунаси таркибидаги сув-тузли модел системада водород сульфидли муҳитда коррозия ингибиторлари ўрганилган. Синтез қилинган моддаларнинг ҳимоялаш даражаси уларнинг тузилишига боғлиқ эканлиги изоҳланди. N-(2-пропенилфенокситетраметилен) пиридин бромид энг яхши ингибирлаш хоссасини намоён этиши (100 мг/л миқдорда ҳимояланиш даражаси 96,0% ни ташкил этиши) аниқланди. Энергетик ва технологик асбоб ускуналарни эксплуатациясида юзага келадиган долзарб саволлардан бири бу – конструкцион материалларнинг коррозия тезлигини пасайтириш, айниқса сувли муҳитда углеродли пўлатларнинг коррозия тезлигини пасайтиришдан иборатдир. Ушбу тадқиқот ишида коррозия тезлигини пасайтиришнинг икки хил йўналиши кўриб чиқилган. Бунда сувни электрофизикавий йўл билан қайта ишлаш ва иккинчи ҳолатда сувда ингибирловчи қўшимчалардан тозалаш мумкин. Ингибирловчи қўшимча сифатида олдиндан маълум бўлган дезинфекцияловчи қўшимча қўлланилган. Унинг таркиби полигексаметиленгуанидин-хлорид (ПГМГХ)дан иборат. Кўрсатилган моддалар сувни кўпгина қўшимчалардан коагуляцияон тозалаш учун

қўлланилиши мумкин. Сувни электрофизикавий қайта ишлаш ООО «Электроэкотехнология» корхонасидаги ускунада олиб борилди, шу билан бирга, ООО «Александра-Плюс» корхонасидаги ультратовуш қурилмасида ўтказилди [3].

Адабиёт маълумотларидан маълумки, госсипол смолаларининг кимёвий таркиби етарли даражада ўрганиб чиқилган. Тадқиқот ишларининг натижаларига кўра госсипол смоласи таркибида азот сақлаган бирикмалар 12%, госсиполнинг ўзгариш маҳсулотлари 36%, қолган қисмини эса ёғ кислоталари ва оксиген кислоталари ташкил этади. Тадқиқот учун «Урганч ёғ-мой», «Каттакўргон ёғ-мой» ва «Янгийул ёғ-мой» каби акционерлик жамиятларининг комбинатларидан госсипол смолаларининг намуналари олинган. Тадқиқот ишлари хона ҳароратида маълум вақт оралиғида олиб борилган. Жараён кум ҳаммомида олиб борилиб, идишга 200 грамм ОАО «Урганч ёғ-мой» комбинатидан олинган госсипол смоласи солинди ва қиздирилди. Ҳар 10 дақиқада ҳарорат ўзгариши қайд этиб борилди, 20 дақиқадан сўнг маълум таркибли аралашманинг ҳарорати 50°C гача кўтарилгани аниқланди. Йиллар давомида муқобил ҳимоя материалларига бўлган талаб ортиб бормоқда, шу билан бир қаторда бўяш бўйича иш хажми ҳам ортмоқда ва шунингдек сирт юза қатламларини зангдан тозалаш бўйича ҳам иш хажми ошмоқда. Кўпгина коррозияга бардошли полимер таркибли ҳимоя қопламалар бошқа муҳим кўп функцияли хоссаларни намоён этади. Турли қўшимчалар тутган эпоксид қўшимчалар ва коррозияга қарши феррит пигменти, саноатдаги аналогларга нисбаттан олиб қараганда маълум афзалликларга эга. Кўпгина ҳолатларда бундай нанокомпозит қопламаларнинг ҳимоя механизми барьер типига таъсир қилиши аниқланган. Шу билан бирга, кўпчиликка

маълумки, занг модификаторини қўллаш ҳам яхши самара бериб, металлларнинг коррозиясини сезиларли даражада камайтиради. Бу ҳодиса гидрофоб бирикмалар ва қийин эрийдиган темир тузларининг ҳосил бўлиши билан изоҳланади [4].

Вақт ўтиши билан амидлар, айниқса, имидазолин ҳосилалари бўлган бирикмалар қўлланила бошланди. Полиэтоксид материаллар шундай афзалликка эгаки, улардан керакли даражада эрувчанликка эга бўлган ингибиторлар олиш мумкин. Ингибиторлар бир бирдан ўзаро фарқ қилувчи бирикмалар бўлиб бу уларнинг турли даражада эрувчанлиги, сув ва нефтда диспергирланиш хусусиятини аниқлаб беради. Тегишли фазада эрувчанлик ёки диспергирланиш даражаси жуда муҳим аҳамият касб этади. Ушбу хоссалар ингибиторни керакли ҳимоялаш хусусиятини намоён қиладиган ва юқори самарадорликка эришишига олиб келади. Сувдаги эрувчанлик молекула таркибидаги этилен сони ортиши билан ортади. Бу эса яхши ингибирлаш хусусиятига эга бўлишини, лекин сувда эрмайдиган бирикмаларга ўхшаган хоссани намоён қилиши мумкин. Етарли даражадаги эрувчанлик сиртга ютилиш хусусиятини ошириб беради. Этоксид ҳосилалар турли хил коррозия ҳолатларида яхши ингибиторлар эканлиги аниқланган [5].

Охириги ўн йилликда олтингугуртли нефт конларини интенсив равишда ўрганиш ишлари олиб борилмоқда, шу билан бирга нефтни ишлаб чиқариш, кўчириш ва қайта ишлашда ишлатиладиган пўлат асосидаги материалларнинг водород сульфидли коррозиясини ортиб кетишига олиб келади. Водород сульфидли коррозия – углеводород хомашёсини қазиб олиш, тозалаш, кўчириш ва қайта ишлаш жараёнида

қўлланиладиган асбоб-ускуна ва қувурларни коррозион бузилишларнинг асосий сабабларидан биридир. Водород сульфидли коррозияга қарши бир қанча ҳимоялаш воситалари маълум бўлсада, самарали ва қулай ингибиторларни ишлаб чиқариш муаммоси долзарб масала бўлиб қолмоқда. Олимлар бошчилигида ўсимлик кислоталарини сульфат ҳосилаларининг аминли ва этаноламинли комплекслари синтез қилинган ва улар коррозияга қарши ингибитор сифатида ўрганилган. Ушбу тадқиқот ишида ўсимлик кислоталарининг фосфат ҳосилалари этаноламин комплекслари синтези амалга оширилган ва водород сульфидли муҳитда ингибитор сифатида тадқиқ қилинган [6].

Пулат сиртида кимёвий адсорбцияланадиган, катион типдаги таркибида азот тутган кўпгина ингибиторлар сирт юзасида қатлам ҳосил қилувчи металлни эришини торmozлайдиган бирламчи воситалар ҳисобланади. Гексаметилендиамин ҳосилалари ингибиторлар сифатида ҳамда фенолнинг пропаргил эфирлари, сирт юзасида зич хемосорбцион азот тутган бирикмалар ёки полимер қопламаларни ҳосил қилиб, металл сиртига гидроксоний ионларини кириб боришига тўсқинлик қилади. Катод жараёнини торmozланиши гидроксоний ионларининг зарядсизланиш миқдорини камайишига ва албатта металлдаги водороднинг улушини камайишига олиб келади. Оксизтил азот тутган бензосульфонатларнинг гидрогенлашга қарши юқори даражадаги ҳимоялаш самарадорлиги уларнинг электрон зичлигини металлга ўтказиш қобилияти билан изоҳланади. Бу эса $Me-H$ боғланишни сусайтириб беради. Ўрганилаётган ингибиторларни нейтрал муҳитга нисбатан солиштирганда кислотали муҳитда яхшироқ ҳимоялаш самарадорлиги

таъкидлаб ўтилган. Лекин NaCl эритмасига коррозия тезлигини сезиларли даражада оширувчи водород сульфидни киритилиши, композициянинг ингибиторлик самарасини сезиларли даражада ошишига ҳисса қўшади. 0,1 г/л концентрацияли КИ-201А учун водород сульфидни миқдорини 0 дан 600 мг/л гача оширилганда, ингибиторнинг ҳимоялаш самарадорлиги мос равишда 55 дан 78% гача ошиши, КИ-201Б намунадаги ингибиторда ҳам шундай боғлиқлик кузатилган. Ингибиторларни 3% NaCl эритмасига 600 мг/л H₂S қўшиш билан олиб борилган гравиметрик тадқиқотлар кўрсатишича, фон эритмасида вақт ўтиши билан коррозия тезлиги деярли икки марта камайиши кузатилган, шу билан бирга ингибиторнинг ҳимоялаш таъсири ортиши аниқланган. Қопламанинг ҳимоялаш таъсирига коррозия маҳсулотларининг умумий ҳимоялаш самарадорлигининг ҳиссаси ортиши билан тушунтирилади [7].

Ингибитор молекуласининг адсорбцияланиши назарий жиҳатдан ўрганилаётган олигомер типдаги ингибиторни биринчи занжирини ташкил этади, бунда саноат ва нефт қувурларида қўлланиладиган узун углеводород занжирли азот тутган органик бирикмаларни ингибирлаш таъсир механизми таклиф этилган. Ушбу назарияга мувофиқ ингибиторнинг ҳимоялаш самарадорлиги учламчи механизми билан тушунтирилади. Ҳосил бўлган қатламнинг қуйи қисмида молекуланинг кутбли қисми ва металл сирти билан ўзаро боғланиш мавжудлиги аниқланган. Бундай ҳимоялаш таъсири боғ энергиясига боғлиқ. Қопламанинг ўрта қисми бу молекуланинг кутбсиз эканлиги ва унинг ҳимоялаш таъсирига ҳиссаси молекула қисмларини ҳосил қилиши мумкин бўлган сиртни экраниланиши ва намланиши билан аниқланади. Устки

қатлам ингибитор тузилишидаги узун углеводороднинг охириги қисмига бириккан ёғнинг гидрофоб қатлами ҳисобланади. Тахмин қилинишича, ушбу ёғ қатлами ингибиторнинг асосий қатламини қоплаб турувчи ва темир ионлари диффузияси учун барьер типдаги ингибитор эканлиги аниқланган [8].

Ҳозирги вақтда кимёвий технологик қурилмаларда коррозия натижасида ҳимоя қилувчи универсал ингибиторлар мавжуд эмас, шу сабабли бу йўналиш бўйича тадқиқот ишлари долзарб масалага айланмоқда. Ушбу мақолада металл қурилмаларни ҳимоялаш ингибитори сифатида дезмульгаторлар, коррозия ингибиторлари ва нейтраллизаторлар каби муҳим бирикмалар ўрганилган. Коррозия ингибиторлари – нефтни қазиб олувчи ускуналарда коррозияга қарши курашишда технологик жиҳатдан самарали усуллар ҳисобланади, шу сабабли улар нефт ва газ саноатида кенг қўламда қўлланилади. Металларни ингибиторлар ёрдамида коррозиядан ҳимоя қилишнинг ўзига хос хусусияти шундаки, қурилма ёки жиҳозларда узоқ вақт ишлаган бўлса ҳам, кўп маблағ сарф қилмасдан туриб самарадорликка эришиш мумкин. Бундан ташқари технологик қурилмаларга ингибиторни киритилиши, жиҳозларни тайёрлаш ва маҳсулотларни бир жойдан иккинчи жойга кўчириш каби жараёнлар самарали ҳимоялаш таъсирини аниқлашга ёрдам беради. Коррозия ингибиторлари сифатида узун углеводород занжирли азот тутган бирикмалар кенг ўрин эгаллаган, буларга имидазолинлар, амидлар, алифатик аминлар ва уларнинг ҳосилалари, тўртламчи аммоний бирикмалар ва бошқалар, ушбу бирикмалар металл сиртида адсорбцион қатлам ҳосил қилиши натижасида юқори ҳимоялаш самарадорликни намоён қилади [9].

Ҳозирги вақтда газ тозалаш тизимининг асосий қисмларида пўлат 3 намунасида тайёрланган ва уларни коррозиядан химоя қилиш учун муаллифлар кислотали муҳитдаги коррозия ингибиторидан фойдаланишни таклиф этишган. Таркибида азот тутган органик бирикмалардан оксазолидинлар коррозия ингибиторлари сифатида лаборатория тадқиқотлари ва саноатда тажриба сифатида қўлланиладиган синовлардан ўтказилган. Кейинчалик тажриба-саноат синовларини ўтказиш вақтида тадқиқотчилар саноат миқёсида ишлаб чиқариладиган коррозия ингибиторларини турли муҳитларда қўллаб кўришган [10].

Нефт-газни қайта ишлаш корхоналари учун коррозия ингибиторлари ва нейтрализаторлари сифатида асосан азот тутган органик бирикмалар қўлланилади. Бензин ва керосин фракцияларидаги азот таркибли бирикмаларга бўлган қаттиқ талабларга биноан реагентга ишлов бериш жараёнидаги нефтни бирламчи ҳайдашда қурилманинг материал балансида азотнинг тақсимланишига эътибор қаратиш лозим. Демульгаторнинг ишлаш принципини кўриб чиққанда нефтни эмулсияларга таъсири ва бу фазада сиртга адсорбцияланишга асосланган бўлиб, бунда табиий фаоллик нисбатан камроқ бўлган сирт фаол эмульгаторларни сиқиб чиқаради ва алмаштиради [11].

Айрим азот тутган коррозия ингибиторларнинг самарасини тадқиқ қилиш натижасида шу аниқландики, бундай бирикмалар химояланадиган металл сиртини углеводородлар нефт билан намланишини оширади. Баъзида металлдаги нефт қопламасига адсорбцияланган ингибитор қатлами экранланиш қаватини қалинлашишига олиб келади, натижада юқори химоялаш даражасига эришилади. Углеводород конденцати таркибида индивидуал ҳолатда ҳамда аралашма таркибида азот

тутган ингибиторларни концентрациясини баҳолаш, аминокислотали бирикмалар учун хос бўлган рангли сифат реакцияларини амалга ошириш асосида олиб борилади. Бундай сифат реакцияларга мисол қилиб, азотли ингибиторларни метил қизили билан таъсирлашиши натижасида сариқ рангли, виолур кислотаси билан эса пушти-бинафша рангли комплекс ҳосил қилишини келтириш мумкин. Экстракт рангининг интенсивлиги, ингибитор таркибига боғлиқ бўлиб, қювета қалинлиги 30 мм бўлган фото электроколориметрларда ўлчанади. Бунда мос светофильтр танланади, метил қизилидан ҳосил бўлган сариқ комплекс учун кўк ($\lambda=434$ нм) ва виолур кислотасидан ҳосил бўлган комплекс учун яшил ($\lambda=439$ нм) соҳа тўғри келади. Ушбу олинган бирикмаларни ингибиторлик хоссалари юқори эканлиги аниқланган [12].

Бензиламмоний имидазолин-хлорид ёки шунга ўхшаш имидазолинни ҳосилалари юқори ингибирланиш хусусиятига эга. Эссо компанияси томонидан патент олинган бўлиб, алифатик тўртламчи аммоний ҳосилалари, масалан, додецилдиметил бензил аммоний хлорид ёки диоктадецил диметиламмоний хлоридларнинг 0,001% концентрацияси нефт-газ корхоналари учун самаралидир. Ушбу материаллар хаттоки рН кўрсаткичи 2 дан 5 гача бўлган оралиқда кислотали кувурларда ҳам самарали ҳисобланади. Ҳозирги вақтда нефт ва газ қазиб олишда қўлланиладиган ингибиторларнинг асосий қисми, узун углеводород занжири одатда C_{18} азот тутган органик бирикмалардир. Алифатик ёғ кислоталарининг ҳосилалари бирламчи, иккиламчи, учламчи моноаминлар, диаминлар, амидлар, полиэтоксаминлар, ушбу бирикма тузларининг

диамидлари ёки амидлари, амфотер бирикмалар каби синфларга бўлиниб кетиши аниқланган [13].

Турли синф бирикмалари коррозия ингибиторларини минералланган сувли муҳитда қўлланилишини анализ қилиш тажрибалари асосида шунни айтиш мумкинки, нефт конлари сувлари учун фосфор кислотаси, фосфонат ва улар асосидаги композитлар самарали коррозия ингибиторлари бўлиб хизмат қилади. Бу каби коррозия ингибиторларини оз миқдордаги H_2S иштирокида ҳимоялаш хоссаси кучайиши ингибитор қўшимчаларини масалан, азот тутган бирикмаларни биргаликда қўллаш билан амалга оширилиши мумкин. Барча афзалликларга кам заҳарлилиги, қаттиқ сувларда ҳаттоки оз миқдордаги Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг концентрациясида ҳам пўлатни ҳимоя қила олиши мумкин, шунга қарамай фосфор тутган комплексонлар маълум шароитларда етарлича самара бермаслиги ва таннархи қиммат бўлиши мумкин. Фосфонатларнинг сувли муҳитда пўлат коррозиясини ингибирлаш қонуниятини ҳақида тўпланган далилий фактлар шулардан иборатки, коррозия ингибиторларини самарасини ошириш ва таннархини камайтириш йўллари аниқлашга имкон беради. Ушбу йўналишдаги ишлар кўплаб ижобий натижаларни берган. Шу билан бирга ушбу тадқиқот ишида ўрнатилган қатлам сувлари оғир шароитда ҳам олиб борилган тадқиқотлар деярли амалга оширилмаган. Ушбу тадқиқот ишида фосфонат типидagi коррозия ингибиторларини кам углеродли пўлатга нисбатан ингибирлаш таъсири кам миқдордаги H_2S ёки мутлақо бўлмагандаги қатлам сувлари ўрганиб чиқилган [14].

Азот тутган коррозия ингибиторларини қўлланилиши нефт қазиб олиш ва кўчиришда аввалдан маълум бўлган самарадорли усуллардан биридир. Булар орасида энг кенг

тарқалганлари: бирламчи, иккиламчи, учламчи алифатик аммоний бирикмалари, шунингдек, структурасида кислород сақловчи турли хил функционал гуруҳ тутган бирикмалар ҳисобланади. Молекуласида узун углеводород занжири бўлган тўртламчи аммоний асослари ва учламчи аминлар, водород сульфид иштирокида гидрогенлашнинг самарали ингибиторлари бўлиб, унинг таъсир механизми миснинг эримайдиган комплекси ҳосил бўлиши билан боғлиқ. Улар мис қотишмаларини кўчириш ва сақлаш вақтида коррозиядан ҳимоя қилиш учун ингибирланган қоғозлар шаклида қўлланилади. Улар тўғридан-тўғри маҳсулот сирт юзасига қўлланганда металлни коррозиядан ҳимоя қилишда самарали таъсир кўрсатади. Шу сабабли уларни контакт ингибиторлар типига киритиш мумкин. Бундай ингибиторларнинг ҳимоялаш хусусияти ингибиторнинг металл сирти билан маълум даражада контактни сақлаб туришига боғлиқ [15].

Шуни таъкидлаш лозимки, ҳозирги кунда коррозиядан ҳимоя қилишда ингибиторлар танловининг илмий асосланган аниқ маълумотлари мавжуд эмас. Бу коррозия жараёнини ўрганишда металлни бир вақтда эриш реакцияси мураккаблиги билан турли хил ташқи ва ички омилларнинг таъсир этиши ҳисобига қийинлиги билан тушунтирилган. Металл қисмларини коррозиядан тозалаш учун қўлланилувчи кислотали эритмалар учун ингибиторларни танлаш электрохимёгарлар орасидаги энг долзарб масала ҳисобланади. Фақатгина шуни таъкидлаш мумкинки, минерал ва органик кислоталар асосидаги ювувчи эритмаларга қўшимча сифатида сиртфаол моддалар билан азот сақловчи бирикмалар аралашмалари киритилиши жуда самаралидир [16].

Нефть-газ қазиб олиш ёки қайта ишлаш саноатидаги курилма ва қувурлардаги металл мосламалар сиртини кислотали коррозиядан самарали ҳимоя қилишда амидлар, аминлар ёки уларнинг ҳосилалари, шунингдек, гетероалкил тўртламчи аммоний бирикмалари, юқоримолекулар ва ацетилен спиртлар, айрим альдегидлар ва олтингугурт асосидаги бир қанча органик бирикмалар самарали ингибиторлар ҳисобланади. Маълумки, кўп функционал гуруҳ тутган, тўртламчи азот билан бирга қўшимча адсорбцион марказлар кислород, тўйинмаган боғлар, галогенлар сақлаган тўртламчи аммоний тузлари, пўлатнинг кислотали коррозиясида юқори ҳимоялаш самарасини намоён этади. Ҳозирги вақтга қадар азот тутган саноатда кислотали коррозия ингибиторлари 80°C гача бўлган ҳароратда самарадорлигини кўрсатади. Булар, ПБ-5 (уротропин ва анилиннинг конденсация маҳсулоти), катапин А (п-алкилбензил пиридинийхлорид) ва бошқалардир [17].

Ушбу ишда органик ва ноорганик коррозия ингибиторларининг ҳимоя таъсири бўйича тадқиқот натижалари келтирилган. Бу бирикмаларни биргаликдаги таъсири синергетик эффект намоён қилади. Ҳозирги вақтга келиб кислотали муҳитда металлларни коррозия тезлигига таъсир кўрсатувчи органик ва ноорганик бирикмалар жуда кўплаб ўрганилган. Асосан органик ингибиторлар қўлланилган, чунки улар металл сирт юзасида ҳимоя қатламлар ҳосил қилиш қобилиятига эга. Ўзининг таркибида азот, олтингугурт ва кислород тутган бирикмалар самарали органик ингибиторлар типига киради. Бироқ янги самарали ингибиторларни излаш долзарб вазифа бўлиб, ҳозирги вақтга қадар ўз аҳамиятини йўқотмаган. Маҳаллий маҳсулотларга кўра кислотали коррозияни ингибирлаш учун кўпинча уротропин қўлланилади,

ҳориж олимлари томонидан кватернизация реакцияси натижасида олинган имидазолин ва унинг ҳосилаларини қўллаш таклиф қилинган ва юқори самарадорликка эришилган [18].

1.2. §. Кўп компонентли ингибиторлар

Ноорганик ингибиторлар билан композицияни қўллашда KI ва NaNO_2 билан уротропиннинг композициялари маълум. Бирок, улардан фойдаланишда J⁻ ва бошқа ионларининг юқори тикланувчанлик қобилиятлари туфайли хоссалари чекланган. Бундан ташқари, NaNO_2 нинг ҳимояловчи концентрацияси эритманинг pH қийматига, ҳароратга, Cl⁻ ионларининг таркибига боғлиқ. Яхши ҳимоялаш хусусиятига эга бўлган бирикмалардан хроматлар, силикатлар, фосфатлар маълум. Аммо композицияларда улардан фойдаланишда ҳамда уларни қўллаётганда хроматларнинг миқдорига эътибор бериш зарур. Сувли эритмада силикат, хроматлар ва фосфатларнинг паст барқарорлиги айрим текширувларда маълум бўлган. Математик моделлаш усулларини қўллаш орқали саноатда фойдаланиш учун 4,4-диметил-1,3-диоксаннинг ишлаб чиқариш чиқиндиларини модификация қилиш йўли билан ишлаб чиқилган жуда самарали кўп компонентли хром асосидаги композицион ингибиторлар ишлаб чиқилган [19].

Сўнгги йилларда экологик талабларнинг кучайиши сабабли, турли хил функционал гуруҳларга эга бўлган турли хил табиатли индивидуал ингибиторлардан фойдаланиш кескин чекланиб бормоқда. Бунинг сабаби индивидуал ингибиторларнинг қўлланилиш миқдорини назорат қилиш тадқиқотнинг мақсади эканлиги аниқланган. Ингибиторларнинг қўлланилишига бўлган талаблар ҳам ортиб бормоқда, яъни бир вақтнинг ўзида коррозия жараёнини камайтириш,

ингибирловчи хоссани ошириш, кўп функционал гурухли ингибиторларни ишлаб чиқиш долзарб эканлиги адабиётлардан маълум. Илмий-техник ва патент адабиётларни таҳлил қилиш шунини кўрсатдики, орғанофосфонатлар (оксиэтилен дифосфоник кислота ОЕДК) асосидаги кўп компонентли ингибиторлар турли функционал гурухли бўлгани учун ингибирлаш хусусияти юқори эканлиги аниқланган. Кўп компонентли композициялар металл коррозиясини ингибирлайди туз ҳосил бўлишининг олдини олади, бундай бирикмаларнинг юқоридаги хоссалари билан боғлиқ ҳолда, аминогурух ҳисобига кўшилаётган фосфор кислота қолдиғини хоссаларини кучайтириб беради. Ушбу моддалар полиэлектролитлар билан биргаликда коррозион тузнинг чўктирилиши ҳисобига ингибитор сифатида киритилаётган бирикманинг кўп функционал хусусиятларини намоён этиб ингибирлаш механизми ўрганилганда юқори ҳимоялаш даражасига эга бўлиши аниқланган [20].

Ароматик аминларнинг тузлари металлларнинг кислотали муҳитдаги коррозиясини олдини олишда самарадорли саноат ингибиторлари қаторига киради, уларнинг ҳимоялаш механизми азот атомининг зарядига ва ароматик аминларнинг металл билан π электронларнинг ўзаро таъсири билан боғлиқ ҳисобланади. Ароматик аминлар коррозияни олдини олишда, шунингдек водород сульфидли муҳитда пўлатни гидрогенлашда молекулаларнинг баъзи бир физик-кимёвий хусусиятларига боғлиқлиги аниқланган. Ушбу ишда кўриб чиқилган кўп компонентли системалар жуда мураккаб жараёндир, улар адсорбция жараёнида коррозия потенциалини ва тоқини ўзгартириши мумкин. Анилин ҳосилалари H_2S ва CO_2 ли муҳитларда ҳимоялаш самарадорлигини ортишига, шу

билан бирга амино гуруҳдаги азот атомининг манфий заряди ва аминларнинг асослилиги ортиб боришига шароит яратиб берган. Куйи молекуляр массали аминлар 25 мг/л миқдорда коррозияни секинлаштириб беради. Водород сульфидли коррозияда ингибиторнинг протонланган шаклларини ҳисобига дипол моментини ортишига ва ароматик аминларни ингибиторлар сифатида ҳимоялаш самарадорлигига таъсир қилиши аниқланган [21].

Саноатда карбамид билан тозаланган, ишлатилган мотор мойи ($\text{ММО}_{\text{осв}}$) бўлиб, уларнинг антикоррозион таъсир қилиш хусусиятлари ва ҳимоялаш самарадорлиги ўрганилган. Бунда бирикмаларнинг табиати таъсир қилиш ингибиторловчи механизми ва қўшимчалар сифатида киритилаётган ИФХАН-29А ҳамда автоматик мойловчи моддаларнинг миқдори, ҳавонинг нисбий намлиги, ундаги CO_2 миқдори тажриба давомида кўриб чиқилиб ўрганилган. Табиатни муҳофаза қилишга қарши курашнинг техник жиҳатдан содда ва самарали усули, бу ҳимоя материалларидан, шу жумладан ёғда эрийдиган коррозия ингибиторларга асосланган бирикмалардан фойдаланиш ҳисобланади. Бундай ҳолатда коррозияга қарши материалларни яратиш учун назарий асосларни ишлаб чиқиш тобора муҳим аҳамият касб этмоқда. Энг самарали икки компонентли системалар ва уларнинг таркибий қисмлари эритувчи асос ва кўп функционал антикоррозион қўшимчалардир. Бундай материаллар металл буюмларни вақтинча коррозиядан ҳимоя қилиш нуқтаи назаридан жуда самарали усул ҳисобланади [22].

Адабиёт маълумотларини таҳлили натижасида шу маълум бўлдики, сувли муҳитда рух хлорид билан натрий полифосфатдан фойдаланганда коррозиядан ҳимояланиш

даражаси 98,47% га тенг бўлади. Кальций пирофосфат ва сувда эрувчан полиэлектролитлар асосидаги икки компонентли ингибиторлар бир хил юқори ҳимоялаш даражасига эга. Икки компонентли ингибиторларнинг эритмалари таркибида полиионлар мавжуд бўлиб унда $R-COO^-$ гуруҳ мавжуд, темир юзасида ҳам адсорбцияланиши мумкинлиги аниқланган. Иккинчи компонентнинг мавжудлиги, фосфатлар бўлмаган тақдирда ҳам, пассивланиш жараёнини кучайишига ёрдам беради, полифосфатлар ва : уларнинг ҳосилаларидан фойдаланиш айниқса самарали усуллардан бири ҳисобланади. Ингибиторларнинг коррозияга қарши ҳимоя механизми шундан иборатки, полифосфатлар шўрланган муҳитда коррозия жараёнида эритмада Fe^{3+} ионлари иштирокида $[Fe(H_2PO_4)_2]OOC-R$ типдаги мураккаб ва озгина сувда эрийдиган бирикмалар ҳосил қилиши аниқланган [23].

Илмий тадқиқот ишларидан маълумки, пўлат электродининг эриш тезлиги K икки компонентли ингибиторлар таркибига боғлиқ бўлиб, таркибий қисмларнинг эквимоляр нисбатдаги энг паст қийматларга эга бўлади. Ленгмюр изотермаларидан маълумки компонентлар эквимоляр нисбатда полимер типдаги ингибиторлар учун юқори адсорбцион хоссаларни аниқлаб беради. Бу шунингдек ингибиторларнинг таркибига қараб адсорбцион мувозанат константаси (B) ҳисоб-китоблари билан тасдиқланади. Бу компонентларнинг бошқа нисбати учун олинган (B) қийматидан 3-4 барабар юқори эканлиги аниқланган. Ушбу олинган натижалар ингибиторларнинг ҳимоялаш таъсир механизмига нисбатан юқоридаги олинган маълумотларни яна бир марта тасдиқлайди. Кўрииб турибдики, темир оксиди ва темир фосфатнинг бир текис наноструктурали қатламдан

ташқил топган бўлиб, механизми ўрганилганда таркибий қисмларнинг эквиволяр нисбатда бир хил сирт юзани ҳосил қилиши аниқланган. Ингибиторларнинг сирт фаол моддаси бўлган полиэлектролитлар, шубҳасиз, темир юзасида фосфат ионларининг тезлигини оширувчи сифатида хизмат қилади ва шу билан фосфат қатламининг хаддан ташқари кўпайишини олдини олади ва унинг бир ҳиллигини таъминлаб беради [24].

Лак-бўёқ материаллари сифатида ноорганик, органик ва полимер типдаги бирикмалар қўлланилиши таклиф этилган. Бу металлларнинг коррозиясида қўлланилувчи ингибиторлар бўлиб, улар металллар билан физик-кимёвий адгезия кучлари орқали боғланадиган мустаҳкам қатламни ҳосил қила оладиган кўп компонентли ингибиторлардир. Коррозияга қарши химоя учун фақат мой-сув-газга чидамли қопламалардан фойдаланилади. Химоя қопламларига қўйиладиган талаблар бу узоқ муддат фойдаланиш, яшаш даврини ошириш яъни 5-10 йил давомида паст ҳароратларда қатламни мустаҳкамлик хусусиятини ошириб беради ҳамда металл юзаларига адсорбция натижасида турли шароитларга бардошли бўлган материалларни ҳосил қилади [25].

Олигомер типдаги бирикмалар ва улар асосидаги композициялар электрокимёвий ва гравиметрик усулларда текшириш ишлари олиб борилганда адсорбция хоссалари буйича олинган натижалардан адсорбцион мувозанат константалари кийматлари ҳисоблаб чиқилган, ингибирланиш механизми таклиф қилинган. Айланма сув системалари учун пўлат коррозиясида янги турдаги ингибиторлар синтез қилинган бўлиб, олинган натижалар асосида алкиламинометилен гурухли ингибиторлар турли хил шароитларда қўлланилганда уларнинг самарадорлиги иккинчи

компонент киритилганда ҳимоялаш даражаси ортганлиги аниқланган ва натижалар муҳокамада келтирилган [26].

Микдорий усуллар билан атроф-муҳитни муҳофаза қилиш талабларининг яхшиланишига боғлиқ ҳолда, металларни алоҳида кимёвий бирикмалар билан ингибирлаш самарадорлиги адабиётлардан маълум. Шунинг учун экологик ҳавфсиз, заҳарлилиги кам бўлган кўп компонентли ингибиторларни яратиш долзарб муаммо бўлиб қолмоқда. Ушбу типдаги энг самарали ингибиторлар таркибида сирт қатламларни ҳосил қилувчи секинлатувчи қўшимчалар мавжуд эканлиги аниқланган. Бугунги кунда жаҳон бўйича экологик тоза, ҳавфсиз мураккаб кимёвий тузилишга эга бўлган структуралар шиддатли кетаётган коррозия жараёнини кескин пасайтириб беради. Кимё саноати ривожланган мамлакатларда фосфор тутган бирикмалар, уларнинг ҳосилалари ва олигомер, полимер типдаги композициялар асосида бир қанча кўп функционал ингибиторлар ишлаб чиқилган ва юқори самарадорли натижалар олинган [27].

Ишлаб чиқариш корхоналарида маҳаллий материалларнинг етишмаслиги бугунги кунда муҳим муаммо бўлиб қолмоқда, лекин ҳозирда ушбу ҳолатдан чиқиш учун чиқиндилар таркибини ўрганиш мумкин. Ажралиб чиқаётган чиқинди таркиби ўрганилиб турли функционал гуруҳ тутган коррозияга бардошли ингибиторлар, қопламалар олиш мумкин, ҳамда бу бўйича турли таклифлар келтирилган. Бунда монофункционал гуруҳ тутган олигомер компонентларни ўз ичига олган мураккаб композициялар пайдо бўлишига олиб келганлиги аниқланган. Бундай мураккаб ҳосилаларни ишлаб чиқиш, композициянинг ҳар бир таркибий қисмидаги функционал гуруҳлар ўзаро кучайтирувчи эффектлар орқали

шиддатли коррозияни кескин камайтириб беради. Аммо бу кўплаб кўшимчаларнинг индивидуал хусусиятларини синергетик кучайишига ёки антагонистик заифлашишига олиб келиши мумкин бўлган таркибий қисмларнинг ўзаро таъсирини ҳисобга олмайди. Ишлаб чиқаришнинг долзарб муаммоларидан бири кўп компонентли композицияларнинг кўпинча микдорий жиҳатдан хавфли ҳисобланиши, бу ҳолатда қўллашда муҳитга қараб ингибиторларни киритишни талаб қилиниши ҳақида адабиётларда муҳокама қилинган [28].

Кўп функционал гуруҳ тутган икки компонентли ингибиторларни яратишга қаратилган янги концепция ишлаб чиқилган. Бу концепциядан келиб чиқиб ингибиторлар куйидаги талабларга жавоб берадиган индивидуал бирикма бўлиши керак, юқори ҳимоялаш самарадорлиги, ишлаб чиқариш салоҳияти, экологик хавфсизлиги, маҳаллий хомашё базасининг мавжудлиги, арзон нархли, камида 3 йил кафолатланган сақлаш муддати бўлиши керак. Яъни қора ва рангли металлларнинг кўшимчалари пластификатор, модификатор, эмульсификатор ва бошқалар коррозия ингибитори вазифасини бажариши керак [29].

Олигомер типдаги кўп компонентли ингибиторларнинг коррозия жараёнини ҳимоялаш механизми қуйи молекуляр бирикмаларнинг ингибиторлик таъсиридан тубдан фарқ қилади, юқоримолекуляр бирикмалар асосидаги ингибиторлар қуйи молекуляр компонентлар билан коррозия маҳсулотлари таркибига кирувчи кам эрувчан комплекс бирикмалар ҳосил қилиши натижасида сиртни зичлаштиради ва коррозия фаол реагентларнинг таъсирини камайтиради, сўнгра адсорбцион жараёнлар фосфат қаватининг ўсишини секинлаштиради ҳамда натижада унинг ғовақлилиги, қалинлиги камаяди, ҳимоялаш

хоссалари эса ортади. Амино гуруҳ тутган икки компонентли ингибиторлардаги азот атоми тақсимланмаган электрон жуфти хисобига металл билан донор-акцептор боғлар ҳисобига ўзаро таъсирни кучайтириб беради. Полифосфатлар иштирокида RNH_2 молекулаларнинг ҳимоялаш таъсиридаги фарқ пўлат сиртининг турлича тўла қопланиш даражаси билан боғлиқ бўлиб, локал ўзаро таъсирлар нуқтаи назаридан адсорбент сирти микрорельефининг ўзига хослиги ва адсорбатнинг тақсимланиш константаси турличалиги билан боғлиқ хисобланади [30].

Ингибиторларни ҳимоялаш технологияси ишлаб чиқариш вақтида нефть қудуқларининг муҳитларига, сувланганлигига ва қазиб олинадиган маҳсулотнинг функционал гуруҳ таркибига боғлиқ. Ингибиторлар ассортиментини кенгайтириш ва уларнинг сифатини оширишнинг иқтисодий ва самарали усули мавжуд-бу синергетик самарадорлилик ҳамда ингибирлаш билан турли ингибиторларнинг кўп компонентли аралашмаларини яратиш билан боғлиқ. Синергетик самарадорлилик билан дастлабки компонентлар композицияларини олиш учун реагентларни комбинациялашнинг маълум принциплари ҳали ишлаб чиқилмаган ҳамда бирикмаларни олиш, эмперик танлаш усули мавжуд эканлиги маълум. Лекин бажариш керак бўлган шартлардан бири маълум бўлиб, синергетик хоссани намоён қилувчи кўп компонентли композицияларни олиш учун турли кимёвий хусусиятли ингибиторлардан фойдаланиш мумкин. Шу билан бирга композицияларда уларни қўллаш самарадорлигига концентрацияларнинг ва реагентлар нисбатининг таъсирини баён этувчи математик моделлаштириш усуллари мавжуд. Мақолада икки компонентли аралашмалар, таркиби алкилсульфатлардан

иборат бўлган ингибиторлар самарадорлигини тадқиқ қилиш натижалари кўрсатилган. Реагентларни танлаб олишда ҳамда алкилсульфат таркибли ингибиторлар қатлам ҳосил қилиши, нефтли муҳитда углеводород эритмаларида қўшимча сифатида ишлатиш мумкинлиги, бундан композицияларнинг таъсир қилиши натижасида синергетик самарадорлик вужудга келиши кўрсатилган. Танланган реагентлар ўзида қуйидагиларни ифодалайди, полиалкил бензол, алкилбензол ҳосилалари бўлиб ишлаб чиқаришнинг иккиламчи маҳсулоти нефть чўкиндиларини йўқотиш учун эритувчилар сифатида қўлланилган [31].

Кўп компонентли ингибиторлар ва коррозия бардош қопламалар янги авлодининг ҳимоялаш механизми ҳамда уларни ўз-ўзича сирт қаватлар ҳосил қилиши аниқланган бўлиб, полимер типидagi ингибиторларнинг хусусиятлари уларнинг металл юзасида юқори адсорбцияланиш қобилиятига эга эканлиги натижасида пўлат намунасининг ингибирлаш самарадорлиги сезиларли даражада секинлашишига олиб келишига асосланган. Синергизм ҳодисаси юқори молекуляр оғирликдаги бирикмалар иштирокида қуйи молекулали алифатик аминларга нисбатан яққол намоён бўлиши кўрсатилган, бу эса турли кимёвий табиатга эга бўлган ингибиторларнинг таъсир механизмлари фарқи билан тушунтирилади. Металларни занглаган сиртларини госсипол смоласи асосидаги қопламалар билан ишлаш натижасида ҳосил бўлган коррозия маҳсулотлари металларни ингибирлаш жараёнини секинлаштирувчи, кийин эрийдиган барқарор бирикмаларга айланиши исботланган [32].

Бугунги кунда дунёда пўлат коррозиясига қарши кўп компонентли ингибиторлар ва антикоррозион қопламалар

яратиш ва уларнинг физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ этиш юзасидан, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда, коррозияга бардошли ингибитор ва қопламаларнинг физик-кимёвий хоссаларини замонавий усуллар билан аниқлаш, занг ўзгартирувчиларни таъсир қилиш жараёнининг механизми асосида аниқлаш мумкин, барқарорлик даври самарадорлигини ошириш, металлларни коррозиядан ҳимояловчи кўп компонентли ингибиторларни олиш, коррозияга бардошли қопламаларни саноат чиқиндилари асосида яратиш мақсад қилиб қўйилган ва адабиётларда муҳокама қилинган [33].

Текшириш натижалари шуни кўрсатдики ингибиторлар кучсиз кислотали ва нейтрал муҳитларда пўлатни эритиш жараёнида юқори самарадорлигини кўрсатган. Ушбу жараёнда полифосфатлар, пирофосфатлар ва полиэлектролитларнинг ўзига хос хусусиятлари мавжуд. Улар паст концентрацияда таннархи арзон, кўп компонентли, заҳарли эмас, шунингдек маҳаллий ҳомашё асосида олиш мумкин бўлган самарадорли ингибиторлар бўлиб, ҳимоялаш механизмида темир ионлари билан кам эрийдиган бирикмалар ҳосил қилишидан иборат. Бу бирикмаларнинг самардорлигини пасайишига ва натижада уларнинг ғовақлилиги ортиши, қатламларнинг юққалашишига ҳамда ҳимоялаш хусусиятларининг кўтарилишига олиб келади. Ушбу жараёнда ингибирлаш самарадорлигини ўрганиш натижаларидан, ҳамда кинетик тадқиқот маълумотларидан адсорбцион мувозанат константаларини ҳисоблаш натижалари орқали тасдиқлаш мумкин [34].

Сувларни тозалаш иншоатларининг ишлаш тартиби ва айланма иссиқлик тармоқларининг ишини, энергиясини ва тармоқ усқуналарининг ички юзаларидаги коррозия

натижасида ҳосил бўладиган самарадорликнинг пасайишини асосий сабабларидан бири қатламлар ҳосил бўлиши ва ускунадаги лой ҳамда иситиш тармоқлари қувурлари ҳисобланади. Атроф муҳитни муҳофаза қилиш бўйича талабларнинг миқдорий ҳисоблаш усуллари билан кучайтирилиши муносабати билан, илгари маълум бўлган ингибиторлар доирасини кескин чеклайдиган айрим кимёвий бирикмалар билан металлларни ҳимоя қилишнинг чекланган самарадорлиги кўрсатилган. Шунинг учун экологик тоза, кам заҳарли, кўп компонентли ингибиторларни ишлаб чиқиш тобора муҳим аҳамият касб этмоқда. Ушбу турдаги истиқболли ингибиторлар ўз-ўзини тартибга солувчи сирт қатламларини ҳосил қилишга қодир бўлган аралашмаларни ўз ичига олади [35].

Эътиборга олиш мумкинки, тадқиқотлар давомида ҳароратнинг ортиши коррозия тезлигининг ортишига, бунинг натижасида металлларнинг сирти активлашиб қолади, деган хулосани бермайди. Кўпгина ҳолларда юқори коррозия тезлиги пассив ҳолатларда кузатилади. Коррозия жараёнида пўлат сиртидаги ўзгаришлар ва пассиваторларнинг самарадорлиги коррозия тезлигининг пассив ҳолатига ўтиши билан боғлиқ. Намуналарнинг сирти ва ҳолати уларнинг электрод потенциаллари ўзгаришига асосланган. Функционал гуруҳдаги электрон зичликлари реакция марказлари бўлиб, адсорбцион боғланишлар мустаҳкамлигига таъсир қилади. Ҳарорат ортиши билан бирикманинг ҳимоялаш хоссаси ортиб, сақланиб қолиб, бундан ингибитор хемосорбцион механизмда таъсир қилади ва мустаҳкам ҳимояловчи қаватларни ҳосил қилади, деб хулоса қилиш мумкин [36].

1.3. §. Таркибида хром тутган ингибиторларнинг ҳимоялаш хусусиятлари

Металларни коррозиядан ҳимоялашда таркибида азот, хром тутган бирикмалар асосида ингибиторларни янги авлоди олинган ва қўлланилиши учун қўшимча таклифлар келтирилган. Нодир ер металлари тузлари, хусусан лантаноидлар ўзининг кам заҳарлилиги ва инсон учун хавфсизлиги туфайли қўлланилишга жалб қилинган. Ингибитор молекуласига гетероатом структурали функционал гуруҳли бирикмаларга азот, кислород асосидаги ҳосилалар киритилганда ички молекуляр синергизм таъсири кузатилганлиги аниқланган. Ушбу ҳолатда ингибитор молекулалари турли атомлар билан адсорбцияланади, бу эса металл юзасида молекулалар орасидаги итарилиш кучларини камайишига олиб келади ва мустаҳкам боғли қатлам ҳосил бўлишига ёрдам беради. Ушбу жараёнда органик синтез усулларини қўллаб гексаметилентетраамин ҳосилаларини олиш мумкин, ҳамда ноорганик ингибиторлар билан композицияларини ҳосил қилиб улардан турли муҳитларда фойдаланиш мумкин. KI ва $NaNO_2$ ҳосилалари билан ГМТА композициялари маълум бўлиб, лекин уларнинг қўлланилиши J^- ва NO_2^- ионларининг юқори реакцион хусусиятлари сабабли чегараланган. Бундан ташқари $NaNO_2$ тузининг ҳимоялашда қўлланилиш миқдори рН муҳити, ҳарорат ҳамда эритмадаги Cl^- ва SO_4^{2-} ионларининг таркибига боғлиқ. Хроматлар, силикатлар, фосфатлар асосидаги композициялар яхши ҳимоялаш хусусиятларига эга. Улардан фойдаланиб композицияларни ишлаб чиқиш ва қўллаш сувли муҳитда хроматларнинг кам заҳарлилиги, шу билан бирга силикат ва

фосфатли ҳосилаларининг паст барқарорлиги ҳақида маълумот келтирилган [37].

Хром асосидаги махсус коррозия ингибиторларининг ҳимоялаш таъсири, ингибиторнинг металл ва коррозия муҳит билан кимёвий реакцияси натижасида металл юзасида қатлам ҳосил бўлишига асосланган. Хром тутган бирикмалар заҳарли, инсон саломатлиги ва атроф муҳитга хавfli таъсир кўрсатади, иккинчи хавfli синф бирикмаларига киради, шунинг учун заҳарли хром бирикмаларини заҳарсиз коррозия ингибиторлари билан алмаштириш долзарб муаммодир. Маълумки, баъзи бир хром тутган аралашмалар ингибириш хусусиятларга эга ва экологик тоза қўшимчалардир. Бироқ, уларнинг ингибириш хусусиятлари етарли даражада ўрганилмаган. Шу муносабат билан хром бирикмаларига асосланган заҳарли бўлмаган, арзон ва самарали металл коррозия ингибиторларини ишлаб чиқариш долзарб ва муҳим илмий-техник муаммо ҳисобланади [38].

Ингибиторнинг ҳимоялаш самарадорлиги кўпинча реагент қўлланиладиган муҳитга боғлиқ. Ҳозирги кунда кўпроқ қуйидаги ҳимоя қатлам ҳосил қилувчи ингибиторлар қўлланилади, булардан хлорид кислота эритмаларига қўшиладиган натрий нитрат, силикат, фосфатлар, бихромат, шунингдек турли органик аминлар, бензол сулфоксиди, крахмал, танин ва бошқа бирикмалар ҳисобланади. Вақт ўтиши билан ингибиторларни коррозияга учратувчи агрессив муҳитга қўшиб туриш зарур ҳисобланади. Лекин ингибиторларнинг миқдори коррозия фаол муҳитларда паст бўлиши талаб қилинади. Бунга ингибитор сифатида натрий нитритдан фойдаланиш мисол бўла олади, у сувли эритмаларда аралашманинг умумий ҳажмидан 0,01-0,05% миқдорда қўлланилиши мумкин. Металлга ишлов бериладиган шароитни

яъни, ишқорий ва кислотали муҳитни ҳам ҳисобга олиш лозим. Мусбат ёки манфий ионларнинг концентрацияси ёки зичлиги ўзгарганда эритмада металлнинг эриш жараёни тезлиги ўзгариши мумкин. Масалан катод жараёнида ингибитор миқдори камайганда бир вақтнинг ўзида коррозия токи, потенциали қийматлари ўзгариб боради. Ушбу жараёнда коррозия токининг кескин ўзгариши ва коррозия потенциалининг силжиши натижасида металлнинг қандай механизмда таъсир қилиши аниқланган [39].

Циклогексиламиннинг хроматли бирикмалар билан учувчан металл коррозия ингибиторлари сифатида қўлланилиши маълум. Ингибиторлар эритма ҳолатда махсус қоғозларга шимдирилади ҳамда металллар ўралади. Бу ҳолатда чангни таҳлил қилишганда хром оксидларининг юқори миқдори мавжудлиги аниқланган. Электромагнит саноат корхоналарида хром асосидаги Ni-Cr қотишмаларидан симлар сифатида фойдаланилади. Cr-Co-W қотишмалари айниқса қаттиқ ва кесувчи асбоблар ишлаб чиқаришда қўлланилади. Кимё саноатида хромат ва дихромат ҳосилалари ишлаб чиқариш учун асосий хомашё сифатида қўлланилади. Улар лак-бўёқ ишлаб чиқариш корхоналарида қўлланилиши мумкин. Хромнинг бирикмалари тери саноатида, гугурт, хром кислотаси, фотосурат ва бошқа соҳаларда жумладан, металлларни электрокимёвий қайта ишлашда, калий дихромат, хром оксиди, хром ацетат ишлатилиши мумкин [40].

Карбонат ангидрид гази натижасида коррозия жараёни юқори ҳарорат, босимларда шиддатли бўлиши кузатилган. Хром, никел ва молибденнинг қотишмалари махсус хусусиятларга эга бўлиб, зангламайдиган пўлатдан ясалган қувурлар юқори ҳарорат ва босимларда агрессив муҳитга

бардошли ҳисобланади. Углеродли пўлатни кувурлар учун материал сифатида ишлатиш, ишлаб чиқарилган суюқликнинг юқори коррозия бузилишларига олиб келиши мумкин. Бир қатор кувур ишлаб чиқарувчи корхоналар хусусан Tenaris Group ва Sumitomo намуналари карбонат ангидрид миқдори юқори ва таркибида водород сульфид кам бўлган муҳит учун хром миқдори тахминан 3% бўлган 3Cr ли пўлат қотишмаларидан тайёрланган маҳсулотлардан фойдаланишни тавсия қилади. Хорижий олимларнинг фикрига кўра 5% хромли пўлат карбонат ангидрид коррозиясига юқори қаршилик қилиши билан ажралиб туради [41].

Сувли системаларда сувга ишлов беришда чўкиндиларни ҳосил бўлиши ва коррозияни олдини олиш учун, сувда эрувчан полимерлар, фосфонатлар ва бошқа реагентларни бир вақтда оксидлаш ҳамда дозалаш тавсия қилинган. Оксидлашни тутунли газлардан, минерал ёки органик кислоталардан иборат бўлган манбалардан олинган ис газини қўллаш орқали ўтказиш мумкин. Сувда эрувчан полимерлар сифатида фосфатлар ва полифосфатлардан фойдаланиш мумкин. Сувга ишлов бериш учун қўллаш мумкин бўлган реагентларга Zn ва Cr ларни, фосфор тутган бирикмалар, силикатлар, хроматлар, молибдатлар, нитритлар, органик кислоталар, комплексонлар, бензотриазол ҳосилалари, миснинг бошқа коррозия ингибиторлари, аминларни киритиш мумкин. Шу билан бирга сувга ишлов беришда қўлланилувчи биоцидлар, кўпикли ўт ўчиргичлар сифатида бошқа реагентларни ҳам қўйиш мумкинлиги аниқланган [42].

Маълумки, X18H10 типдаги пўлатлар турли муҳитларда жуда яхши коррозияга бардошлидир. Шу билан бирга, амалиёт натижалари шунни кўрсатадики, худди шундай кимёвий

таркибга эга пўлат намуналари коррозияга чидамлилиги, яъни сирт коррозиясига бардошлилиги билан фарқ қилиши мумкин. Энг хавфли турлардан бири бўлган сирт коррозиясига қаршилиқ кўрсатиши нафақат пўлат таркиби билан балки конструктив ҳолати, яъни маълум бир турдаги металл бўлмаган қўшимчалар билан ифлосланиши натижасида коррозион фаолликни намоён қилиши мумкин. Ушбу таъсирни аниқлаш учун қотишмаларни сиртда кетадиган коррозиясини ўрганиш учун анализ қилинади [43].

Гравиметрик усул ёрдамида сувли яъни нейтрал муҳитда ингибиторлар сифатида ишқорий металлларни хромат, силикат, нитрит, фосфатли хосилаларини қўллаш орқали металлофторопластли намуналарнинг коррозияси ўрганилган. Булар орасидан натрий нитрити ҳамда унинг икки ўрин алмашган фосфати энг яхши коррозия ингибиторлари эканлиги аниқланган. Фосфонатлар аралашмаси ва улар асосидаги композициялар ишда анча юқори химояловчи ҳоссани намоён этганлиги аниқланган. Улар ўз навбатида катод типидagi реакцияни олдини олган ва анодли ингибиторлардан фарқли ўлароқ коррозияни локаллашув ҳавфини пасайтирган [44].

Қатламлар металлнинг кимёвий таркибини ўзгартириши ва шунингдек сиртни қоплаш пайтида металл-шлак-газ тизимидаги ўзаро таъсирни батафсил таҳлил қилиш натижасида пўлатни Cr, Mn, Si, Ni, Nb, V, В ли қотишмалари қатламларнинг кимёвий мослигини камайтирмайди деган хулосага келиш мумкин. Коррозияга чидамлилиги жиҳатидан биметаллнинг хизмат кўрсатиш ва технологик хусусиятлари қотишма таркибидаги углерод, титан, алюминийни маълум чегарадан ошиб кетиши натижасида ҳосил бўлган маҳсулотларни ишлаб чиқариш қурилмаларини қисмларига

салбий таъсир кўрсатиши аниқланган. Сирт жараёни коррозиясини беқарорлаштириш натижасида ҳосил бўлган қопламани таркиби, хусусиятлари камаяди. Бундан ташқари, юқори ҳарорат, қотишманинг коррозияга бардошлилигини таъминлашда ҳар хил турдаги нуқсонли маҳсулотларни саралаб олишда, асосий эътибор олтингугурт ва водород миқдорини камайтиришга қаратилади [45].

Металларнинг фосфат кислота ва унинг тузлари эритмалари билан таъсирлашиб, металлар сиртида сувда эримайдиган фосфат тузларидан иборат қопламалар ҳосил қилишига асосланган. Фосфат қопламалар олиш учун ишлатиладиган моддалар анод ингибиторлари қаторига киради. Ушбу ишнинг мақсади ҳарорат ва шароитларга қараб фосфат-кислота эритмасида зангламайдиган хром-никелли пўлатдан фойдаланиб Н18N10Т нинг пассив қотишмаларини ўрганишдан иборат. Ҳар қандай ўлчам ва шаклдаги буюмларни фосфатлаш мумкин, бунда ҳарорат режими турлича бўлган фосфатловчи эритмалар ишлатилади. Фосфатлаш учун кетган вақт эса қисқа бўлади, шунингдек хром қўшимчаси тутган пўлат намуналарига фосфат ва нитрат ионларини қўшилса ингибирлаш самарадорлиги янада ошиши адабиёт маълумотларидан маълум [46].

Айланма сув таъминотида чиқинди сувларида нейтрал муҳит кузатилиб, сульфат ва хлорид кислота эритмаларида пўлат 3 намуналари коррозиясида электрохимёвий тадқиқотлар ўрганилган. Бунда анионларнинг умумий концентрацияси 10 ммол/л бўлган эритмаларда ингибиторлар самарадорлиги ўрганилганда стационар шароитда пўлат 3 намуналарининг химоялаш даражаси 20, 40 ва 80°C ҳароратларда химоялаш даражаси 95% етган. Ушбу тадқиқот натижаларидан Na

молибдат заиф ингибитор эканлиги аниқланган, аммо унинг 25% миқдорини дихромат ва хроматлар билан алмаштирилганда аралашманинг ҳимоялаш даражаси 90% га ортганлиги аниқланган. Шундай қилиб ҳимояланиш даражаси паст бўлган ингибиторларни дихромат ва хромат ионлари билан алмаштириб ҳимоялаш даражасини ошириш асосий мақсад қилиб кўйилган [47].

Металл намуналарида сувли муҳитда ингибиторлар сифатида хроматлар, силикатлар, нитритлар, фосфатли бирикмалардан фойдаланиб гравиметрик усулда натижалари олинган. Ушбу ингибиторлар оксидловчи, пассиваторлар ҳисобланиб металл сиртида оксид қобигини ҳосил қилиб, коррозия потенциалини паст соҳага силжитади буларга хроматлар, нитритлар киради. Бу ноорганик турдаги ингибиторлар ҳисобланиб, органик бирикмалардан авзаллиги сувда яхши эриши, универсаллиги, қулай ва арзонлиги ҳисобланади. Энг яхши коррозия ингибиторлари сифатида натрий нитрит ва натрий дихромат тузлари эканлиги аниқланган [48].

Олиб борилган тадқиқотлар шунини кўрсатдики, оловбардошли пўлатлар коррозияга чидамли бўлиб, таққослаганда юқори ҳимоялаш хусусиятиги эга эканлиги адабиётлардан маълум. Бунга асосий сабаблардан бири уларнинг таркибида хром тутганлигидир. Бундан ташқари, ушбу синф пўлатлари электрохимёвий ва кучланишли коррозиясига юқори қаршилик кўрсата олади, яхши пайвандланиши билан ажралиб туради. Юқорида тавсифланган пўлатларнинг технологик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, уларнинг коррозияга бардошлилиги таркибида биметалларнинг коплама сифатида фойдаланилиши ва коррозияланувчи сиртда

кўприк вазифасини бажариб бериши мумкинлиги аниқланган [49].

Алюминий қотишмалари ўрганилганда уларнинг ишлаб чиқаришдаги ва истеъмол хажмидан келиб чиққан ҳолатда пўлат намуналаридан кейинги иккинчи ўринни эгаллаши аниқланган. Жаҳон амалиётида Cr (VI) аралашмалари алюминий қотишмаларини коррозиядан ҳимоя қилиш учун йиллар давомида ингибиторлар, пигментлар ва конверсион қопламалар сифатида ишлатилиб келинган. Ушбу қотишмаларнинг асосий камчиликлари хром бирикмаларининг юқори заҳарлилиги, мутацияга тез учраши ва канцерогенлилиги ҳисобланади. Ҳозирги вақтда алюминий қотишмаларининг кремний билан аралашмасига хром (VI) бирикмалари қўшилса хром бирикмаларининг заҳарлилиги камаяди. Адабиётларда Al-Cr қотишмалари коррозияси ва ингибирлаш механизми яхши ўрганилган [50].

Коррозияга чидамлилиги юқори бўлган биметалларнинг қопламалари сифатида таркибида хром тутган бирикмалар қўлланилишига бўлган талаб ошиб бормоқда. Саноатда кўп ишлатиладиган ингибиторларнинг кимёвий таркибига қўйиладиган талаблар сифатида ингибиторларнинг самарадорлиги углерод занжирининг узунлиги, тармоқланганлиги, ўрин олган гуруҳларнинг табиати ва сонига боғлиқ. Масалан, этил, пропил, бутил, пентил аминлар ингибирлаш хоссасига кўра қуйидаги қаторга жойлашади: $NH_2 < RNH_2 < R_2NH < R_3N$. Ингибиторларнинг ҳимоялаш хоссалари уларнинг металл сиртига адсорбцияланиши билан боғлиқ. Кўпгина тадқиқотчилар органик моддаларнинг турлича адсорбцияланишини адсорбцион марказ бўлган атомнинг

электрон зичлигини ўзгартириши билан тушунтирадилар. Ингибиторларнинг ҳимоялаш хоссаларини улар тузилишига боғлиқ равишда ўрганиш янги самарадорли ингибиторлар синтез қилишга имкон бериши аниқланган [51].

Янги алуминийтриполифосфат пигменти қуйидаги тузилишга эга $CP_{10}AlH_2P_3O_{10}$ бу пигмент заҳарли бўлганлиги учун уларни Ca, Pb, Zn, Cr ва хромат тузлари каби аъъанавий заҳарли бўлмаган бирикмалар билан алмаштириш, ҳамда янги ингибиторлар олишга асосланган. Ушбу бирикмалар коррозияга қарши пигмент сифатида қўлланила бошланди. Саноатда ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатдики ушбу пигментни металллар билан қўлланилганда ҳимоялаш самарадорлиги юқори эканлиги аниқланган. Бу бирикмалар коррозияга қарши материаллар сифатида охириги пигментларга nisbatan доимий фойдаланишга имкон яратиб беради. Диссоциация натижасида ҳосил бўлган $P_3O_{10}^{5-}$ ионлари Fe^{3+} га nisbatan PO_3^{3-} кучли комплекс таъсирга эга ва шунинг учун $Fe_xAl_y(P_3O_{10})_z$ тузилишдаги комплекс қатламни ҳосил бўлишига ва пўлат юзасини ниҳоятда пассивлаштириб қўяди [52].

Ингибиторларда хром миқдори тахминан 12% бўлган пўлатлар учун пассивланиш жараёнининг биринчи ва иккинчи босқичлари беқарор ҳисобланади. Сирт қатламида доимий Cr_2O_3 ёки тоза темир хромит $FeCr_2O_4$ ҳосил қилиш учун етарли хром йўқ, жараён қотишма юзасида $Fe(Fe_xCr_{2-x})O_4$ аралаш қатлам ҳосил бўлиши билан тугайди. Магнетит Fe_3O_4 ва темир хромит бир-бири билан чексиз аралашганлиги сабабли, хром миқдори ошиши билан темир-хром қотишмаларининг коррозияга бардошлилиги ошиб боради. Темирдаги хром миқдори 12% ва ундан юқори бўлган темир-хром тизимининг барча қатламлари орасида энг яхши пассивлаштирувчи

самарали соф темир хромит $FeCr_2O_4$ қотишмасида барқарор пассивловчи сиртни яратиш учун шарт-шароитлар таъминланган. Шундай қилиб, хром микдори 5% бўлган пўлат юзасида $Fe(Fe_xCr_{2-x})O_4$ аралаш бирикмали қатлам ҳосил бўлиши, улар камроқ химоялаш хусусиятларига эгаллиги, бу эса $150^\circ C$ ҳароратда пўлатнинг коррозия тезлигини юқори бўлиши билан тушунтирилган. Ушбу пўлатнинг химоялаш даражаси пастлиги ва $200^\circ C$ ҳароратгача кўтарилганда бардошлилиги йўқолиши ҳамда икки қатламли коррозия маҳсулотларининг сирт қавати темир карбонат $FeCO_3$ ҳосил бўлиши билан изоҳланади [53].

Таркибида хром ва азот бўлган бирикмалар ҳамда полиэлектродитлар асосидаги полимер туридаги икки компонентли ингибиторлар, ингибирлаш механизмини ўрганиш ва бундай турдаги ингибиторларга хос бўлган умумий қонуниятлар аниқланган. Маҳаллий хомашё ҳамда кимё ва тоғ-металлургия саноати чиқиндилари кўшимча маҳсулотларининг асосида пўлат коррозиясининг самарали ингибиторлари яратилган. Полимер туридаги ингибиторларнинг химоялаш даражаси ўрганилган. Коррозия токи қийматлари ва тезлиги, химоялаш даражалари, (pH) муҳит, температура, ингибиторлар таркиби, юқори химояни таъминлайдиган оптимал шароитлар топилган. Электрод юзасини тўлдириш даражаси, эриш тезлиги белгиланган ва адсорбцион мувозанат константалари, кутбланиш эгрлари усули билан аралашма таркибли ингибиторларда компонентларнинг ўзаро таъсир қилиш механизми аниқланган [54].

Шунинг учун экологик хавфсиз, кам захарли, кўп компонентли ингибиторларни ишлаб чиқариш долзарб муаммо бўлмоқда. Таркибида функционал гуруҳларни ташкил қилувчи

юза қатламларини ҳосил қилишга қодир бўлган бирикмаларга эга бўлган аралашмаларга истиқболли ингибиторлар ҳисобланади. Эрувчанликнинг умумий назариясидан келиб чиқиб мавжуд самарали ингибиторларни қидириш, қўлланилиш шароитларини аввалдан аниқлаш мумкин. Кимёвий таркибдан келиб чиқиб, таркибида ароматик ёки алифатик углеводородлар кўп бўлган ингибиторлар танланган. Таркибига асфальтен ва парафинларни эритмайдиган ароматик углеводородлар кирадиган кўп компонентли ингибиторлар қўлланилган. Парафинлар ва церезинларни эритиш учун парафин углеводородлар, қатрон ва парафинларни эритадиган, қайнаш ҳарорати юқори бўлган нафтен ва тўйинмаган углеводородларни киритиш мумкин. Ингибитор қуйидаги тарзда ишлаши мумкин, яъни боғловчи агентни эритади, натижада асфальтенлар ва парафинларнинг алоҳида агломерати ҳосил бўлади, уларнинг кейинги эриши эритма таркибига боғлиқ. Кўпинча бу турдаги ингибиторлар иккинчи компонент сифатида хром бирикмаларидан қўшиб ишлатилиши адабиётлардан маълум [55].

1.4. §.Адсорбцион механизмда наноқатламлар ҳосил қилувчи коррозия ингибиторлари

Кўпчилик органик моддаларнинг самарадорли ингибиторловчи таъсири уларнинг металл юзаси билан таъсирлашгандаги адсорбцион қобилияти билан белгиланади. Одатда, бу қобилият молекулаларда атомлар ёки функционал гуруҳларнинг мавжудлиги туфайли жуда катта бўлиб, ингибиторнинг металл билан фаол адсорбцион таъсирини таъминлайди. Бундай фаол гуруҳлар донор-акцептор ва водород боғлари туфайли металлда адсорбцияланадиган азот,

олтингугурт, кислород ва фосфорли гуруҳлар бўлиши мумкин. Пиранлар, пиринлар, диоксанлар, феноллар, циклик ва чизикли эфирлар, аллил спирт эфирлари, бензальдегидлар ва бензой кислоталар, димочевиналар, спиртлар, фуранлар, диоксоланлар, ацеталлар, диоксоциклан ва бошқалар ишлатилиш соҳалари аниқланди. Бирок, ишлатиладиган реагентлар ҳар доим ҳам старлича юқори ҳимоя таъсирини таъминламайдилар. Бу қатлам суюқликларида ингибиторнинг эрувчанлиги, қатлам сувлари билан мувофиқлиги паст даражадалиги, муайян шароитлар учун реактивни нотўғри танлаш билан боғлиқ. Одатда амалда бу муаммо реактивнинг дозасини ошириш билан ҳал қилинади, аммо бу усул ҳар доим ҳам керакли таъсир бермайди. Бинобарин, кенг диапазонда юқори ҳимоя таъсирига эга янги ингибиторлар композицияларини яратиш зарур ҳисобланади [56].

Металл пассивлигини тушунтириб берадиган иккита қонуният мавжуд бўлиб – қатламли ва адсорбцион ҳисобланади. Қатламли назарияга кўра пассивлик металл юзасида қалинлиги 10-100 нанометр келадиган қават ҳосил бўлиши билан тушунтирилади. Оксид ёки асоснинг бундай қатлами пассивликнинг бутун соҳасида потенциални ўзгартириш билан қалинлиги ортади. Металл юзасида кимёвий боғланганлиги пассивлик соҳасидаги маълум фактларни тушунтириб бера олмайди. Адсорбцион назарияга кўра пассивлик кислородни металл сиртида адсорбцияланиш натижасида пайдо бўлади. Шу билан бирга, пассивлик металлнинг юзаси бир молекула қатламга тўлиқ қопланмаган бўлганида ҳам содир бўлиши мумкин [57].

Металлларнинг коррозияси - жуда мураккаб таърифланган жараёндир. Сўнги вақтларда металл сиртида ҳосил қилинган

нанокристалли қатламлар ёрдамида коррозия жараёнлари кенг ўрганилмоқда. Темир асосида коррозия тезлиги турли мухитларда электрохимёвий усуллар билан аниқланади. Коррозия натижасида синов жараёнида коррозия тезлигини аниқлаш услуги таклиф этилган. Кейинчалик бу услуб органик бирикмаларни жалб қилиш орқали ингибиторлик хоссалари таҳлил қилинмоқда. Кислотали шароитда ўзига хос услубда темир металлларининг бошқа элементлар билан фаол коррозион хусусиятлари ўрганилмоқда. Жуда катта эмпирик материаллар тўпланиб борилмоқда. Ушбу ишнинг мақсади органик бирикмалар иштирокида нанокристалли қатламларни тасвирлаш учун энг оддий модел ёрдамида металл сиртида наноструктураларни ҳосил бўлиши, коррозион хусусиятлари ўрганилмоқда [58].

Коррозия ингибиторларининг ҳимоялаш таъсири қуйидагича миқдорий баҳоланади, тормозланиш коэффиценти, ҳимоялаш даражаси, ингибиторларнинг минимал концентрацияси, ҳарорат ва бошқа омиллар. Умуман олганда, ингибирланиш самарадорлиги мухит таркиби, металл табиати ва жараён шароитларига ҳарорат, босимга боғлиқ. Тормозланиш коэффиценти жараённинг кинетик соҳасини ифодалашга ингибитор хусусиятлари, тури ва усулнинг самарадорлиги, адсорбцион ва электрохимёвий хусусиятлари шулар қаторига киради. Ингибиторларнинг ҳимоялаш таъсири натижасида пардасимон қатлам ҳосил қилиши ва металл сиртида қийин эрувчан бирикмаларни анча юпқа эканлиги аниқланган. Коррозия ингибиторлари, шунингдек, мураккаб коррозия жараёнини чеклайдиган электрод реакциялари фаоллаштириш энергиясини ўзгартириши мумкин [59].

Ингибиторларнинг ҳимоялаш таъсирининг турлари ва усуллари хилма-хиллиги уларни таснифлашнинг мураккаблигига олиб келади. Бундан ташқари, ингибиторларнинг таъсири, уларнинг физик-кимёвий хусусиятлари, коррозия тури ва металл сиртининг ўзгаришлари, хусусан, маҳсулотларнинг қатлам тузилиши билан боғлиқ. Замоनावий техника ва ускуналар коррозия ингибиторларининг ҳимоялаш самарадорлигини баҳолаш мезонларини бирлаштириш учун синфлар ва индивидуал моддаларнинг хусусиятларини ва металл юзасида ҳосил бўлган қатламнинг қалинлигини ўрганишга имкон беради. Катод ва анод ингибиторлар тегишли электрод реакцияларини секинлаштиради, аралаш ингибиторлар ҳар иккала реакциянинг тезлигини ўзгартиради. Пассиваторлар одатда металл сиртини пассивлаштирадиган ва коррозия потенциалини силжитадиган моддалардир. Одатда, пассивлаштирувчи ингибиторлар коррозия тезлигини анча камайтиради, натижада адсорбцион ингибиторларга нисбатан самарадорлиги ортади. Шунинг учун, баъзи металллар ва муҳит учун ингибиторларнинг бу тури энг яхши ҳисобланади [60].

Коррозия ингибиторлари металл сиртидаги кетадиган жараёнларни пассивлаштириш хусусиятига эга, лекин эриётган металл ионлари билан қийин эрувчан комплекс тузлар ҳосил қилади. Айнан мис ва унинг қотишмаларининг турли муҳитларда азоллар синфидаги органик моддалар билан ҳимояланиши тушунтирилган. Органик коррозия ингибиторларининг металл билан мустаҳкам алоқаси пайдо бўлганда, унинг сиртининг гидрофобланиши билан бирга, металл пассивацияси коррозия ингибиторларининг адсорбцияси орқали юзага келган бўлиши ҳам мумкин. Коррозия ингибиторлари ҳимояланаётган маҳсулот юзасида

катлам ҳосил қилиб адсорбцияланади, ва электрохимий реакцияларни тормозлайди. Адсорбцион ингибиторларни потенциал ва коррозия токининг таъсирида уни катта ёки кичик қийматлар томон силжитилади. Коррозия ингибиторларининг адсорбцияси ва металл юзасида қийин эрувчан қатламларнинг шаклланиши юза гидрофоблиги ва заррачалар заряди, металл ёки агрессив муҳит билан боғлиқ. Коррозиядан химояланаётган металл юзасида органик ингибитор адсорбцияси химоялаш таъсирининг биринчи босқичи учун зарур шарт ҳисобланади [61].

Микро даражадаги адсорбцион жараёнларни ҳар доим экспериментал равишда соф ҳолда кўриб бўлмайди, чунки улар параллел электрохимий ва кейинги химий реакциялар билан мураккабланилади. Шундай қилиб, ингибиторлар иштирокида ўрганилаётган электрод юзасида содир бўладиган коррозия жараёнларининг табиатини ўрганиш учун электрохимий усуллар анча қулай ҳисобланади.

Тадқиқот ва ишланмалар универсал таъсирлар, реактивлар ўрнини боса оладиган ингибиторларни олишга қаратилган. Қиритилаётган қўшимчанинг ён таъсири химояланаётган қисм ёки қурилманинг ишлатилиш соҳаси билан белгиланади. Мисол учун, ёқилғи ва бошқа нефть маҳсулотлари водород сульфиди коррозиясини олдини олиш учун ҳам ингибиторлар таъсири лозимлиги аниқланган. Коррозияни келтириб чиқарадиган омилларнинг хилма-хиллигини, шу жумладан салбий биохимий жараёнларни ҳисобга олган ҳолда, ингибиторларни ишлаб чиқиш ва қўллашда коррозия ингибитори бактерицид хусусиятларини бирлаштирган реагентларга талаб кучаяди. Шу каби мураккаб хусусиятлар сирт - фаол моддаларга эга бўлган баъзи тўртламчи аммоний бирикмалар билан тавсифланади.

Ушбу синф реагентларининг ҳимоялаш таъсири уларнинг қурилмалар юзасида адсорбцияланиши билан изоҳланади ва ингибитор эритмада мицелляр ҳолатда бўлса ингибирловчи таъсир кучаяди. Коррозия ингибиторларининг гидрофоб реагентлар билан комбинацияси истиқболли ҳисобланади [62].

Илмий адабиёт маълумотлари асосида темирнинг коррозиясида потенциалларни ўзгариши, эриш жараёнидаги реакция механизмлари аниқланди, унда стационар ҳолатда адсорбциянинг фаол ҳолати мавжудлиги кўрсатилган. Водород сульфидини ўз ичига олган тузли эритмаларда фаол ҳолатда темирнинг электрохимик коррозиясини дастлабки босқичларининг механизми ва кинетикасини ҳисобга олган ҳолда модел таклиф этилган [63]. Олинган натижалар водород сульфиди коррозия тезлигини ошириш механизмини тушунтиришга имкон беради, бу эса нефт маҳсулотлари билан оғир шароитда коррозияланган металлнинг сирт фаол шакллари билан мустаҳкам боғланиши мумкин бўлган энг самарали ингибиторларни танлашда муҳим аҳамиятга эга.

Чиқиндилардан капролактама ишлаб чиқарилиб, пўлатни коррозиясида ингибитор сифатида электрохимик импеданс усули билан хлорид кислотали муҳитда текширилди. "Эритма-металл" чегараларида Ленгмюр назариялари бўйича ингибиторларни адсорбцияланиши ўрганилган. Адсорбция константалари эркин энергияларининг яқинлиги, ингибиторларнинг табиати, эритма таркибий қисмлари молекулалари билан ўзаро таъсири билан белгиланади. Ингибитор сифатида ўрганилаётган модда ҳимоялаш таъсири гравиметрик усулда маълум вақтда металл сиртида қатлам ҳосил қилиши адсорбцион маълумотлар асосида амалга оширилиши мумкинлиги кўрсатилган [64].

Сирт-фаол моддалар функционал хусусиятлари адсорбцияланиш натижасида бирикмаларнинг қобилятига, қатлам ҳосил бўлишига ҳамда ингибиторнинг концентрациясига қандай боғлиқлигини тўла қопланиш даражалари асосида аниқланган. Ўрганилаётган бирикмаларда кислотали коррозияда металл сирти қатламлари, тўла қопланиш даражалари ҳисоблаб топилган. Ушбу хусусиятларнинг комбинациясига кўра, моддалар ёки аралашмалар уларга асосланган кислотали коррозия ингибитори сифатида самарали таъсири ҳақида дастлабки хулоса чиқарилган [65].

Бугунги кунга келиб, ўнлаб индивидуал бирикмалар ўрганилган бўлиб, улардан тўғридан-тўғри коррозияни секинлаштирувчи самарали усуллар сифатида фойдаланилган. Атмосфера шароитида уларнинг ҳимоя қобилятини аниқлаш учун вақтинчалик коррозиядан ҳимоя қилиш воситаларини синаш усуллари ишлаб чиқилган. Сўнгги ўн йилликлар мобайнида янги аралаш коррозия ингибиторларини яратишда сезиларли ютуқларга эришилган. Уларнинг сувли эритмаларида пассив композициялар сифатида ишлатилиши мумкинлиги ва улардан бўёқ қопламалари учун янги коррозияга қарши пигментларни яратиш, шунингдек, адсорбцион ингибиторларнинг илмий асосланган танлови ва уларнинг ҳимоя таъсир механизми тушунтирилган [66].

Олиб борилган синтезлар юқори минерализацияга эга сувдаги водород сульфидли коррозияга нисбатан ўзининг кичик ҳарорати, босқичларнинг камлиги ва олинган моддаларнинг юқори ҳимоялаш ҳоссаси билан тавсифланиши аниқланган. Юқори минерализацияга эга сув-тузли муҳитга нисбатан унчалик юқори бўлмаган ҳимоялаш ҳоссаси ва технологик босқичларнинг давомийлигини тартиблаштириш-

нинг мураккаблиги юқоридагиларнинг камчиликлари ҳисобланади. Гетероҳалқали аминлар ва уларнинг тўртламчи тузларининг ҳимояловчи таъсирларини ўрганишнинг механизми ва асосий усуллари кўриб чиқилган. Металл сирти билан органик ингибиторларнинг адсорбцион таъсирланиши, улар молекулалари тузилиши билан ингибирловчи ҳоссаларнинг боғланиши каби саволлар тубдан ёритилган. Юқоридаги бирикмаларнинг коррозия ингибиторлари сифатида, шунингдек синергетик хоссани намоён қилувчи композицияларни яратишда таркибий қисмларни танлаб қўллаш имкониятларининг асосий мезонлари тақдим этилган [67].

Углеводород радикаллари гидрофоб ҳоссаларга эга агрессив муҳит томонга йўналтирилган бўлиб, улар металл сиртидан сув молекулаларини ва коррозион-фаол заррачаларни итаради, шунингдек қўшимчасига унинг ҳимояланишини кучайтиради ва экранлайди. Бу ерда фосфатларнинг ўрнини металл сиртида улар томонидан юпқа фосфатли катламларни ҳосил қилиши билан тушунтириш мумкин бўлиб, ушбу катлам таркибига ҳимояланган металл ионлари киради. Фосфатли бирикмалар эримайдиган комплексларни ҳосил қилиши билан янада самарали ҳисобланади [68].

Саноат корхоналарини сув билан таъминлаш системаларида турли хил ингибиторларни қўллаш учун имконият етарлидир: фосфатлар, силикатлар, боратлар ва бошқа бирикмалар. Сув сарфи анча юқори бўлган туташтирилган бир йўналишда оқувчи системаларда ингибиторларнинг концентрациялари иктисодий жиҳатдан олганда унчалик юқори бўлмаслиги керак, шунинг учун ҳам бундай системаларни коррозиядан тўлиқ ҳимоялаш ҳар доим

амалга ошавермайди. Айланма сув билан таъминлашнинг туташтирилган системаларида ингибиторларни қўллаш анча самарали ва истиқболли ҳисобланади. Фосфатлар асосидаги айрим ингибиторлар трубаларнинг ички қатламларида тузларнинг тўпланиши олдини олиш ва олдиндан ҳосил бўлган чўкиндиларни йўқ қилиш қобилиятига эгадир, бунда йўқ қилиш вақтини ингибиторнинг дозасини ўзгартирган ҳолда бошқариш мумкин [69].

Таъкидлаш мумкинки, пўлат электроди сиртида адсорбцион қаватлар ҳосил бўлиши, яъни таркиби азот- ва фосфор тутган комплекс тузилишли бирикмаларга айланиши ҳамда тегишли ингибиторлар сифатида коррозия жараёнида ўрганилиши натижасида бир мунча юқори самарадорли жиҳатларини олдиндан аниқлаб беради. Электрохимёвий коррозия натижасида молекуляр массаси кичик ва олигомерли ингибиторлар қўлланилганда металл сирти билан таъсирлашиши ҳисобига адсорбирланган қаватлар сирти манфий, ички қисми мусбат зарядлиниши хусусида маълумотлар берилган. Шундан келиб чиқиб, адсорбирланган органик ва ноорганик ингибиторлар қўлланилганда, адабиёт маълумотлари билан тўлиқ мос келиб, улар биринчи бўлиб анод жараёнларидаги реакцияларга таъсир қилади. Бу маълумотлар электрохимёвий жараёнларда тўла қопланиш даражаларини ҳисоблашда қўлланилади. Олигомерли ингибиторлар қўлланилишида концентрацияга самарали боғлиқ бўлиб, эритмада пўлатнинг юза соҳасида юқори даражадаги қопланиш, адсорбциянинг таъсири, тушунарли тарзда адсорбция изотермасида моно қаватларнинг ҳосил бўлиши билан келтирилган [70].

Анод ингибиторларининг таъсири металлнинг коррозияланувчи сирти анод соҳаларини пасивлашга асослангандир. Катод сиртларда осон қайтарилиб, коррозияланувчи металл ионларини эритмага анод ўтишини кескин секинлаштиради ва кутбланишни камайтирувчилар сифатида тутади. Оксидлаш хоссаларига эга бўлмаган фосфатлар ва полифосфатлар ҳам анод ингибиторлари синфига мансубдир. Уларнинг ингибирлаш таъсири секинлатувчи ролини бажарувчи кислород иштирокида намоён бўлиши аниқланган. Бундай моддалар металл ионлари билан таъсирлашиб, эрувчанлиги кам бўлган маҳсулотлардан иборат химоя қатламини ҳосил қилиши ҳисобига анод эриш жараёнини секинлаштиради. Фосфатлар пўлатнинг сиртига адсорбцияланиб, темир ионлари билан экранловчи қатламлар ҳосил қилади. Натрий пирофосфат ва полиэлектролитлар асосида аралаш ингибиторларнинг турли ҳароратда коррозия тезлиги константаси қийматлари, тормозланиш коэффициенти ва химоялаш даражасини гравиметрик тадқиқотларининг натижалари аниқланган. Пирофосфат ионларининг ҳаракатчанлиги полифосфатларникидан юқорирок, уларнинг ўрганилган муҳитлардаги химоялаш самараси ҳам юқори эканлиги аниқланган [71].

Ушбу адабиёт маълумотларидан пўлатнинг кислотали, ишқорий, сувли муҳитларда коррозия натижасида классик ингибиторлар сифатида таркибида азот, хром ва бошқа бирикмалар қўлланилгани тадқиқ этилган.

Адсорбция натижасида металл сиртида қатламларни ҳосил бўлиши ва коррозиядан олдини олиб, химоялаш хоссалари ортиб бориши келтирилган. Ҳозирги вақтда Ўзбекистон Республикасига Россия ва Германияда ишлаб чиқарилган

ингибиторлар импорт қилиниб, улар айниқса кимё, электрокимё, нефт-кимё, газ саноатида, сув таъминоти тармоқлари ва айланма сув тармоқларида қўлланилади.

Атроф муҳитни муҳофаза қилишга доир талаблар ортганлиги сабабли металлларнинг коррозиядан ҳимоялашга бўлган талаби ошиб бормоқда. Ингибиторлар муҳитнинг кислотали ёки ишқорли ҳоссасига боғлиқ ҳолда танланади. Масалан, ингибитор сифатида тез-тез қўлланилувчи азот, хром, фосфор тутган бирикмалар асосан ишқорий муҳитда қўлланиши мумкин ва у ҳаттоки ўзининг самарадорлигини кучсиз кислотали муҳитларда ҳам намоён эта олади. Тавсия қилинган комбинациялашган ингибитор, ускуналарни ва қора металллардан тайёрланган қурилмаларни, шунингдек легирланган пўлатни атмосфера коррозиясидан ишончли ҳимоялайди.

Маълумки коррозия ингибиторларининг кенг номенклатурасига қарамасдан янада юқори ҳимояловчи ҳоссага ва нисбатан иқтисодий самарадорли янги ингибиторларни яратиш ҳисобига уларнинг хилларини кенгайтириш муаммоси ҳалигача мавжуддир. Ҳозирги кунда аминлар, шунингдек олтингугурт, кислород фосфор ва хром сақловчи органик бирикмалар асосидаги коррозия ингибиторларига бўлган эътибор кучайиб бормоқда. Шунинг учун монографияда органик аминлар ва хром тутган бирикмалар асосида пўлат коррозиясини олдини олиш бўйича янги ва юқори самарадорли икки компонентли ингибиторларни яратиш ҳамда уларнинг таъсир механизмлари ёритиб кўрсатиб берилган.

II-ВОВ. САМАРАДОРЛИ ИНГИБИТОРЛАРНИ СИНТЕЗИ, ТАДҚИҚОТ УСУЛЛАРИ ҲАМДА ТУРЛИ ОМИЛЛАРНИНГ ТАЪСИРИ

Коррозиядан келувчи иктисодий зарар йилига юз миллион долларни ташкил этади. Металларни ҳимоялаш бўйича вазифаларни амалий жиҳатдан ҳал қилиш имконияти айрим ҳолатларда техникадаги кўплаб соҳаларнинг ривожланиш даражасини аниқлаб беради. Турли фирмалар ингибиторларнинг кимёвий таркиби, уларни олиш ва қўллашнинг ўзига ҳос услублари ва аҳамияти тўғрисида унчалик кўп маълумот бермайди. Адабиётларда сувли системаларда, аниқроқ айтганда, кислотали муҳитда металлар коррозиясини қайта ўзгартиришда турли ингибиторларнинг ҳимояловчи ҳоссаларини кучайтириш учун нефтни казиб олиш системаларида коррозия муҳитни ингибирлаш бўйича етарлича маълумотлар мавжуд. Ингибиторларни қўлланилиши истиқболли йўналишлардан бири ҳисобланади, бу эса ўз навбатида оғир иқлим шароитларида металларнинг хизмат қилиш муддатини узайтириш муаммоси билан боғлиқдир.

Ингибитор самарадорлигига таъсир кўрсатувчи зарур омилларга атроф-муҳит, ҳарорат, концентрация, муҳит уларнинг биргаликдаги таъсирини кўрсатиш мумкин. Кўплаб реагентлар учун агрессив муҳит ҳароратининг ортиши билан уларнинг ҳимояловчи ҳоссасининг ортиши кузатилади, лекин маълум даражага етгандан сўнг ингибирловчи ҳоссалар кескин камая бошлайди. Ушбу доирада ҳимояловчи ингибиторларни юқори ва паст ҳароратлиларга бўлиш тасдиқланган. Шунини таъкидлаш жоизки, айрим ингибиторлар учун таъсир кучининг максимал кўрсаткичлари нейтрал муҳитлар чегарасида

жойлашади. Ушбу омилнинг долзарблиги ва уни ҳисобга олиш оптимал ҳароратлар мувозанатини аниқлашда катта аҳамият касб этади. Ингибиторнинг максимал ҳимояловчи ҳоссаси уни коррозион муҳитга металл қатламнинг мономеролекуляр сирт билан қопланиш учун етарли бўлган миқдоридагина киритилганда эришилади.

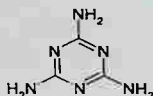
2.1. §. Органик ва олигомер ингибиторлар синтези

Коррозия ингибитори (КИ-1). Диэтиламин $C_4H_{11}N$ (КИ-1): ўткир ҳидли, жигар ранг суюқлик, сув билан аралашмайди, молекуляр массаси: 73,14 г/моль; $T_{суюқ} = -50^{\circ}C$; $T_{қайн} = 55,5^{\circ}C$. Зичлиги 0,71 г/мл органик асос бўлиб сувли эритмаси лакмус қоғозини кўкартиради. Кислоталар билан реакцияга киришиб туз ҳосил қилади. Олиниш усули бўйича саноатда этанолга аммиак таъсир эттириб $350-450^{\circ}C$ ҳароратда, Al_2O_3 , SiO_2 катализаторлари ёрдамида олинади.

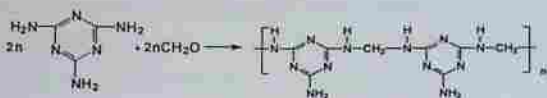
Коррозия ингибитори (КИ-2). Гексаметелендиамин $NH_2-(CH_2)_6-NH_2$ бензол билан қайта кристалланади, сув билан аралашмайди, молекуляр массаси: 116,21 г/мол; $T_{суюқ} = 40-43^{\circ}C$; $T_{қайн} = 205^{\circ}C$; кучли асос хоссани намоён қилади. Гексаметелендиамин Россияда анид, АҚШда нейлон деб юритиладиган синтетик толалар олишда асосий хомашё ҳисобланади. Гексаметелендиамин саноатда адипин кислотага аммиак таъсир эттириб олинади.

Коррозия ингибитори (КИ-3). Меламин (2,4,6-триамино-1,3,5 триазид), $C_3H_6N_6$ -рангсиз кристалл модда. Оғирлиги 126,12 г/моль; $T_{суюқ} = 364^{\circ}C$; $T_{қайн} = 250^{\circ}C$; зичлиги $1,574 \text{ г/см}^3$. Совуқ сув ва кўпгина органик эритувчиларда эримайди. Меламин саноатда аммиакли муҳитда дицианамидни $180-500^{\circ}C$

гача қиздириб олинади. Меламин формальдегид билан олигомер, полимерли хосилалари коррозия ингибиторлари сифатида кенг қўлланилиши мумкин.

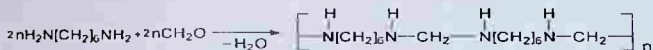


Коррозия ингибитори (КИ-4). Сувда эрувчан меламиннинг формальдегидли олигомерининг синтези куйидаги кўринишда олиб борилади. Механик аралаштиргичли сиғими 250 мл бўлган туби думалоқ колбага формалин солиб қиздириб, $pH=8,0-8,5$ бўлгунча триэтиламин билан нейтралланади ва ҳароратни $80^{\circ}C$ гача олиб чиқилади. Аралаштириб турган ҳолда реакцион аралашмада формалин 60% бўлгунча оз-оз миқдорда меламин қўшиб борилади. Кейин колбага изопропил спирт ва $pH=3,5-4$ га тенг бўлгунча, муҳитни pH метр ёрдамида назорат қилган ҳолда 10% ли шавел кислотасининг сувдаги эритмасидан куйиб ҳароратни $60^{\circ}C$ га кўтарилади. Аралашмани 1-2 соат давомида юқори ҳароратда ушлаб турилади. Поликонденсацияланиш вақтида муҳит $pH=5,4-5,8$ дан ошиб кетмаслигини 10% ли шавел кислотаси ёрдамида назорат қилиб турилади. Реакция тугагач ҳарорат $30-35^{\circ}C$ гача совитилиб, $pH=7-7,2$ бўлгунча триэтиламин билан нейтралланади. Кейин эритмани шиша филтрдан тозалаш мақсадида ва вакуум остида ҳайдаш қурилмасига қўйилади. $55-60^{\circ}C$ ҳароратда қолдиқ сув ва бошқа учувчан эритувчилар ҳайдалади. Олинган ковушқоқ масса $40^{\circ}C$ ҳароратда каттик ҳолатдаги маҳсулот хосил бўлгунча мўрили шкафта қуритилади. Маҳсулотнинг чиқиш унуми назарий жиҳатдан 85-95% ни ташкил қилади. Диметилолмеламин олигомери куйидагича чизиқли тузилишга эга:



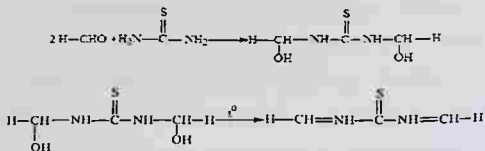
Диметилломеламин нейтрал, кучсиз ишқорий ва кучсиз кислотали муҳитдаги суюлтирилган эритмаларида чизиксимон тузилишга эга бўлиб, полимерланиш даражаси 6 дан 11 гача молекуляр массаси 1650-3000 га тенг бўлган олигомер туридаги моддалиги аниқланган.

Коррозия ингибитори (КИ-5). Диметилломгексаметилендиамин синтези. Механик аралаштиргич тутган ҳажми 250 мл бўлган уч бошли колбага формалин қуйилади ва 25% ли аммиакни сувдаги эритмаси билан рН=7 бўлгунига қадар нейтралланади, универсал индикатор ёрдамида муҳитни назорат қилиб турилади. Механик аралаштиргич ишга туширилади ва гексаметилендиамин кўшиб аралашмани 60°C гача қиздирилади. Аралашмани 40-60 мин давомида кўрсатилган ҳароратда ушлаб турилади, сўнгра аралашмани 40-45°C гача совутилади. Совутилган массани вакуум остида ҳайдаш учун қурилмага олиб кўйиб, 60°C ҳароратда ва 60 мм.смм.уст босимда сув ҳайдалади. Олинган қовушқоқ массани қаттиқ маҳсулот ҳосил бўлгунга қадар мўрили шкафта 40°C ҳароратда қуритилади. Маҳсулот ҳосил бўлиш унуми назарий жиҳатдан 87-92%га тенг бўлади. Гексаметилендиаминнинг формальдегид билан ҳосил қилган олигомерининг синтези қуйидаги реакция бўйича боради:



Коррозия ингибитори (КИ-6). Тиомочевинанинг 0,1М эритмасига 0,1М формальдегид кўшиб ишқорий муҳитда

реакция уч оғизли колбада олиб борилди. Механик аралаштиргич ишга туширилади, ҳамда олинган масса маҳсулот ҳосил бўлгунга қадар мўрили шкафта қуритилади, ҳосил бўлиш реакция механизми келтирилган:



Иккинчи компонент сифатида калийнинг хромат, дихроматли тузлари қўлланилди. Ушбу иккинчи компонент сифатида киритилган хром таркибли тузлар Республикамизга импорт сифатида кириб келаётган ингибиторларни таркибий қисми билан солиштириш учун тадқиқотлар олиб борилди. Калий хромат тузи кукун ҳолатда бўлиб сувда яхши эрийди, сариқ рангли туз, молекуляр масса 194 г/моль. Ишқорий муҳитда барқарор, кислотали муҳитда дихроматга айланади, $T_{\text{суюқ}}=968,3^{\circ}\text{C}$; зичлиги 2,732 г/мл сувда яхши эрийди, 20°C да 100 г сувда 62,9 г эрийди. Калий дихромат $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ —тўқ сариқ ёки қовоқ рангли туз, молекуляр масса 294 г/моль, жуда кучли оксидовчи модда ҳисобланади, хромат дихромат ионлари эритмада бир-биринга ўтиб туради. Калий дихромат терничлик, текстил, лак, бўёқ ва металллар коррозиясида ингибиторлар сифатида кенг қўлланилади. Калий дихроматни тўйинган эритмаси ҳамда концентрланган сульфат кислота билан тенг ҳажмда аралаштирилса жуда кучли оксидловчи аралашма ҳосил бўлади. Калийнинг хромат, дихромат тузлари иккинчи компонент сифатида органик аминлар ва олигомер типигаги бирикмаларга киритилиб ўрганилган. Кучсиз кислотали ва кучсиз ишқорий муҳитда хром тутган бирикмалар асосидаги

икки компонентли ингибиторларнинг самарадорлиги электрохимёвий ва гравиметрик усулда ўрганилган. Адабиёт маълумотларидан фойдаланиб ингибиторларнинг таъсир килиш давомийлиги турли вақтларда солиштириб натижалар таққосланган ва ўрганилган. Хромат ва дихроматларнинг қайтарилиш жараёнининг юқори даражада кучланиши натижасида сиртда хром гидроксиди ёки асосий хромат қатламлари ҳосил бўлиши билан боғлиқ бўлиб, улар қайтарилиш жараёнига тўсқинлик қилади. Шунинг учун хромат ионларини тўлиқ Cr^{3+} гача ўтиш потенциал қиймати $-0,76В$ га етгунча ўзгармайди. Шундай қилиб калийни дихромат ва хромат тузлари кучли оксидловчи, нейтрал электролитда катод жараёнини самарадорлигини оширибгина қолмай, уни камайтириши ҳам мумкин. Хроматларнинг тормозловчи хусусиятлари кислородни қайтарилиш реакциясини секинлаштиришда эмас, балки уларнинг анодли реакция тезлигини пасайтириш қобилияти юқори бўлади. Бундан хром асосидаги ингибиторлар иккинчи пассивланиш жараёнида ҳам иштирок этиши ва калий дихромат анодли ингибитор сифатида, шунингдек тўлиқ ҳимоя қилиш учун етарли бўлмаган концентрацияларда локаллашган коррозияни олдини олиши аниқланган. Ўрганилган маълумотлардан азот ва хром тутган бирикмалар қўлланилиши паст концентрацияда ҳам коррозияни пасайтириши аниқланган [72].

2.2. §. Коррозия жараёнини ўрганишда қутбланиш қаршилиги усули самарадорлиги

Кислотали муҳитдаги эритмадан доимий ток ўтганда қутбланиш қаршилигини ўлчаш орқали металлларнинг электрохимёвий коррозия тезлигини аниқлаш учун

мўлжалланган юқори сезгирликка эга икки электродли Р-5035 коррозия тезлигини ўлчаш қурилмаси ёрдамида тадқиқотлар олиб борилди. Коррозия ингибиторларининг самарадорлигини $5\%Na_2SO_4+3\%H_2SO_4$ (Ф-1), $pH=5,3$; ва $3\%NaCl+5\%Na_2CO_3$ (Ф-2), $pH=8,6$ таркибли фон эритмаларда ва турли температураларда олиб борилди. Эритмалар “к.т” намунали реактивлардан ва дистилланган сувдан тайёрланган. Кутбланиш қаршилиги усули коррозиявий жараёнларни микдорий баҳолашда кенг қўланилувчи ҳамда узоқ вақт талаб қилувчи гравиметрик усулни ўрнини босадиган усул ҳисобланиб, коррозия тезлиги ва ингибиторларнинг самарадорлигини аниқлаш вақтини кескин қисқартиришга, коррозия синовларининг экспресс усулларини жорий қилишга имкон беради. Шу тариқа иш унумдорлигини кескин оширади. Р-5035 қурилмаси ёпиқ шароитда атроф-муҳит ҳарорати 20 дан $35^{\circ}C$ гача ва нисбий намлик 80% гача бўлган шароитда ишлашга мўлжалланган. Ушбу қурилма кутбланиш қаршилигини учта диапазонда 5 дан 5000 Ом оралигида ўлчайди: 1) 5-50 Ом; 2) 50-500 Ом; 3) 500-5000 Ом.

М2 – ўлчов схемалар блоки;

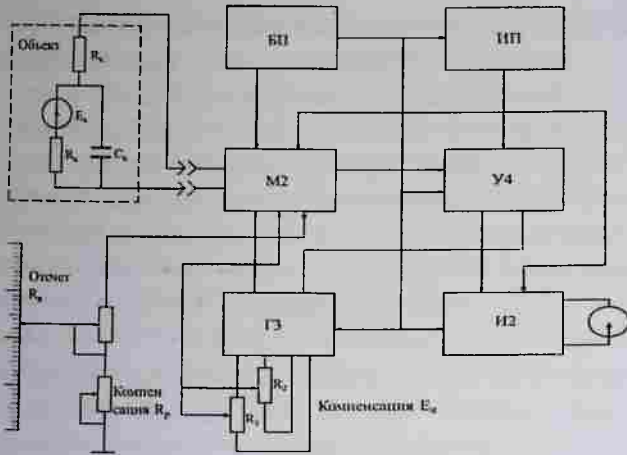
БП – алмаштириш блоки;

У4 – кучайтиргич блоки;

Г3 – генератор блоки;

И2 – интегратор блоки;

ИП – манбалар блоки.



2.1. расм. P-5035 коррозия тезлигини ўлчаш қурулмасининг схематик тузилиши

Ўлчагич куйдагиларни компенсациялайди: 1) Эритма қаршилиги 50 дан 2000 Ом гача; 20 кГц частотада учта кичик диапазон: 0-20 Ом, 0-200 Ом, 0-2000 Ом. Электродда икки каватли электрод қатламининг ажралиш чегараси 50-100 мкФ оралигидаги бўлиши керак.

2) Коррозия сезгичининг дастлабки ЭЮК қиймати 0 дан 30 мВ гача. Ўлчов занжиридаги кутбланиш қаршилиги қийматини ўлчаш пайтида доимий токнинг кучланиш қиймати ва эритма қаршилигини компенсациялаш вақтидаги ўзгарувчан ток кучининг мувозанат вақтида коррозион датчикдаги амплитудаси 10 мВ дан ошмаслиги керак. Ўлчагич баланси нол-индикатор кўрсаткичига созлаш механик тарзда қўлда ўриатиш орқали бажарилади. Коррозия тезлигини аниқлаш қурулмасини ўчирмасдан туриб доимий кутбланиш

кучланишини аниқлаш мумкин. Ўлчагич таъминоти 373 ГОСТ 12333-74 стандарти бўйича ёки унга аналогик равишда тузилган қурилмалар ёрдамида амалга оширилади.

P-5035 коррозия тезлигини ўлчаш қурулмаси ёрдамида ишчи эритмага ингибитор киритилмаган ҳолатда электрод қаршилиги ва ингибитор киритилган ҳолатдаги қаршилиги аниқланади ва ингибиторнинг химоялаш даражаси Z (1) топилади [73].

$$Z = \frac{R_{\text{инг}} - R_0}{R_{\text{инг}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

бу ерда: R_0 ва $R_{\text{инг}}$ —ингибиторсиз ва ингибиторли қаршилиқ қийматлари. Бундан ташқари ушбу катталиқлар ёрдамида сиртнинг тўла қопланиш даражаси θ (2) ва тормозлаш коэффициенти γ (3) топилади.

$$\theta = \frac{R_{\text{инг}} - R_0}{R_{\text{инг}}} \quad (2)$$

Кимёвий ва электрокимёвий коррозиянинг асосий фарқи шундаки, электрокимёвий жараёнлар нафақат ҳарорат, реактив, моддалар концентрацияси, қотишма табиати, таркиби ва бошқа параметрлар билан металл сиртининг ўзгаришини бошқаради.

$$\gamma = \frac{R_{\text{инг}}}{R_0} \quad (3)$$

Электрокимёвий коррозиянинг ўз-ўзидан пайдо бўлишининг асосий сабаби коррозия жараёнининг эркин энергиясининг ўзгариши билан белгиланади [74].

2.3. §. Гравиметрик усул

Ўрганилаётган ингибиторлар иштирокидаги турли хил концентрацияларда гравиметрик усул ёрдамида муайян ҳарорат

оралигида турли мухитда ишлайдиган электроднинг коррозия тезлигини аниқлаш учун экспериментал ишлар амалга оширилган. Бу усулда массаси аниқ тортилган пўлат 3 намуналаридан фойдаланилиб, улар 2 хил фон эритмасига 30-50 мг/л ингибитордан қўшилиб ўрганилди. Намуналарни 15-30 кун давомида ушлаб турилди. Тажирибалар бошлашдан олдин металл намуна жилвир қоғоз билан тозаланди ва метал ўлчами аниқланди сўнгра дисстилланган сув ва ацетон билан ювилган. Тажирибалар 5%Na₂SO₄+3%H₂SO₄ (Ф-1), рН=5,3 ва 3%NaCl+5%Na₂CO₃ (Ф-2), рН=8,6 эритмаларида ва турли вақт оралигида олиб борилди. Дастлаб коррозияга учратувчи эритмага ва параллел равишда ингибитор киритилган системаларга ҳам металл намуна туширилади. Тадқиқотлар якунига етгандан сўнг массаси тортилади ва коррозияга учратувчи мухитга нисбатан металл оғирликларини ўзгаришлари оркали ҳисоблаш ишлари олиб борилади. Ингибитор самарадорлиги куйидаги формула ёрдамида аниқланиши мумкин. Гравиметрик коррозия даражаси (K), тормозланиш коэффициенти (γ) ва ингибиторнинг химоялаш даражаси (Z) аниқланган [75].

$$K = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 10000}{S \cdot \tau_1} [z / M^{-2} \cdot \text{сум}] \quad (4)$$

$$\gamma = \frac{K_{\text{инг}}}{K_0} \cdot 100 \quad (5) \quad z = 100 - \gamma \quad (6)$$

Бу ерда:

m₁- эритмага киритишдан олдинги металл пластинкасининг массаси, (г).

m₂-ушлаб қолингандан кейинги металл пластинка массаси, (г).

S-металл пластинка юзаси, (m^2).

t_1 -ушлаш вақти, (кун).

Шундай қилиб, гравиметрик усулнинг авзаллик томони, бунда металл намуналарини қандай коррозияга учраши, яъни унинг турлари ҳақида маълумотга эга бўлиш мумкин. Металлнинг дастлабки оғирликларини олган ҳолда, ундаги йўқотишларни вақтга нисбаттан аниқлашни имконини беради. Ушбу усул айниқса айланма сув қувурларида ҳамда нефть-газ саноатларида қўлланилувчи ингибиторлар учун анча аниқ натижа олишга ёрдам беради. Бунинг учун албатта аниқ ишлайдиган аналитик тарози ҳамда текшириш учун талаб этиладиган металл намуналари зарур ҳисобланади.

Шу билан бирга ҳозирги кунда асосий эътибор нефт конлари ва қудуқлардаги технологик ускуналарнинг хизмат муддатини узайтириш муаммосига қаратилмоқда. Ингибиторли ҳимоялаш иқтисодий нуқтан назардан саноат ускуналари ва ўтказгич трубаларни коррозиядан ҳимоялашнинг энг кенг тарқалган ва амалиётда ўз тасдиғини топган усули ҳисобланади. Ингибитор миқдорини ўзгартириб ёки турли коррозияга қарши ҳоссага эга ингибиторларни қўллаб, мавжуд технологик схемаларни ўзгартирмасдан коррозия тезлигини керакли даражагача пасайтиришга эришиш мумкинлиги аниқланган. Гравиметрик усулнинг қўлланилишида асосан уларнинг миқдори, муҳит, ҳарорат, олиб бориладиган шароитларни ва қандай системадан иборатлиги алоҳида аҳамиятга эга ҳисобланади.

III-БОБ. ОРГАНИК АМИНЛАР ВА ХРОМ БИРИКМАЛАРИ АСОСИДАГИ ИНГИБИТОРЛАРНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ

Ингибиторлар – бу кимёвий жараёнларнинг кечишини секинлаштиришга ёки уларни буткул тўхтатишга қодир бўлган моддалар ҳисобланади. Металларга, айниқса пўлатга нисбатан ингибирловчи таъсир қўплаб анорганмик ва органик моддалар қўлланилганда намоён бўлади, ушбу моддалар ўз навбатида коррозияни пайдо қилувчи муҳитга қўшилади. Ингибиторлар металл қатламида уни коррозиядан ҳимояловчи жуда ҳам юпқа қатламни ҳосил қилиш хусусиятига эга [76].

Ингибитор миқдорини ўзгартириб ёки турли коррозияга қарши ҳоссага эга бирикмаларни қўллаб, мавжуд технологик схемаларни ўзгартирмасдан коррозия тезлигини керакли даражагача пасайтиришга эришиш мумкинлиги аниқланган. Углеводород молекулалари гидрофоб хоссаларни намоён қилиб, агрессив муҳит томон йўналтирилиб, металл сиртидан коррозия актив заррачаларни итариб чиқаради ҳамда қўшимча экранилаштириб ҳимояни кучайтиради. Хроматларнинг таъсирини сиртда юпқа қаватлар ҳосил қилиши ва металл ионларини ҳимоя қилиши билан тушунтирилади. Олигомерли бирикмалар хроматлар билан эримайдиган комплексларни ҳосил қилиши билан бирмунча самарадорли ҳисобланади. Сувга органик ва олигомер бирикмаларнинг қўшилиши металлларни коррозиядан сақлаб, ортқича туз ҳосил қилишнинг олдини олади. Ингибирлаш хусусияти айрим металлларда функционал гуруҳлар $-NH_2$; $=NH$; CN ; $N=O$ тутган бирикмаларда кучлироқ эканлиги тахмин қилинади.

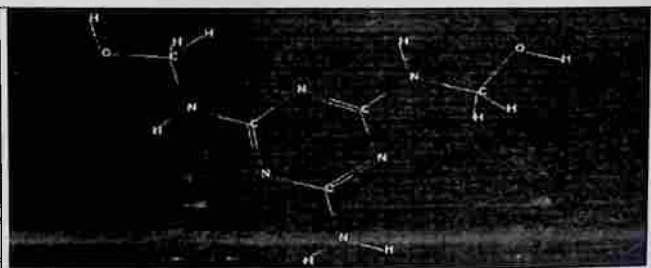
3.1. §. Органик бирикмаларнинг молекуляр-динамик ва квант-кимёвий тавсифлари

Квант кимёси - назарий кимёнинг бир бўлими ҳисобланади. Кимёвий бирикмаларнинг тузилиши, физик-кимёвий хоссаларини квант механика назарияси қонуниятлари асосида ўрганади. Квант кимё элементларнинг валентлиги, атомлараро кимёвий боғнинг табиати, молекулаларнинг спектроскопик, электромагнит хоссалари, реакция фаоллиги ва тузилишини таҳлил қилади. Шу нуқтаи назардан квант кимёси физика ва кимё фанлари ўртасидаги назарий фан ҳисобланади. Квант кимёси орқали жуда кўп илмий масалаларни ечиш мумкин. Спектроскопик усуллар модда тузилишини, кимёвий реакциянинг боришини ва металл юзасида борадиган ходисаларни ўрганади. Квант кимёсининг натижалари электрон зичликнинг тузилиши, тарқалиши ҳақида хабар беради. Хозирги кунда квант кимёси моддаларнинг атом ва электрон тузилишини ўрганишда энг арзон, қулай ва универсал усуллардан ҳисобланади [77]. Бугунги кунда кўплаб замонавий комплекс ҳисоб китоблар, квант кимёси ва молекуляр динамика усуллари ривожланган соҳа ҳисобланади. Жуда кўп қўлланиладиган квант кимёвий ва молекуляр динамик дастур *HyperChem* ҳисобланади. Кўпгина қилинган квант-кимёвий тадқиқотларда органик бирикмалар ва уларнинг композицияларининг геометриясини ўрганишда жуда катта маълумотларни аниқлаш мумкин. Шундан келиб чиқиб, молекуладаги электрон зичлик ва зарядлар тақсимоли ўрганилади: *HyperChem* дастуридан фойдаланиб ярим эмперик яъни MNDO усулларда бирикмаларнинг 3D структураси аниқланди. Мисол тариқасида Диметилолгексаметилендиаминнинг геометрияси, электрон тузилиши ўрганилди ва

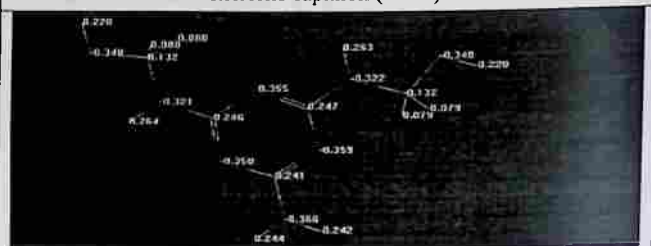
куйида 3D структураси келтирилган. Молекуладаги электрон зичликлар тақсимоти келтирилган бўлиб, (3.1, 3.2-расмларда *a, b, c*), диметилолмеламин ва диметилолгексаметилендиаминни электрон зичликлари, зарядлар тақсимоти келтирилган ва тушунтирилган.

HyperChem дастури жуда мукамал бўлиб ярим эмперик, ноземперик ва эмперик усулларда ҳисоб китоб ишлари олиб борилади. Амалиётда ушбу усулдан жуда кенг фойдаланилади, айниқса, органик бирикмалар учун қулай ҳисобланади. Ярим эмперик усулларни қўллашдан асосий мақсад, аниқлиги паст бўлган ҳисоблаш ишларини қисқартириш ва ҳисоблашнинг мукамалроқ усулларини очишдан иборат. Ярим эмперик усулларга CNDO - дифференциал беркитишни бутунлай четлаб ўтиш; INDO - дифференциал беркитишни қисман четлаб ўтиш; MINDO, INDO модификацияси; NDDO усуллари - икки атомли дифференциал қопланишни четлаб ўтиш мумкинлигини молекуладаги зарядлар, электрон зичликлари тақсимланиши асосида, ҳамда интеграллаш қийматлари ёрдамида бирикмаларни тузилиши таҳлил қилинади [78].

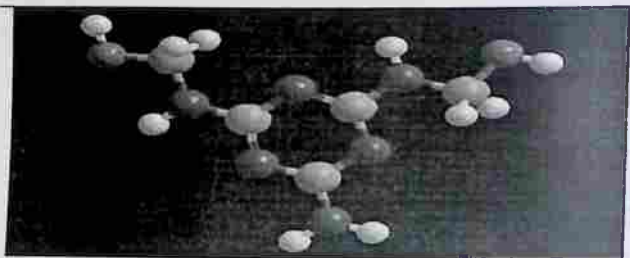
Ҳозирги вақтда металлларни коррозиядан ҳимоялашда органик ингибиторлар кенг қўлланилади. Кўпчилик нашр этилган адабиётларда металл эритма сиртида адсорбцияланишга бўлган қобилиятини ингибитор структурасига нисбатан боғлашга уринишган.



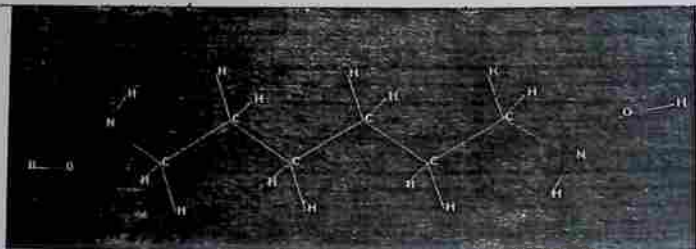
3.1. Расм (а). Диметилолмеламиннинг структура тузилиши, элемент таркиби (КИ-4)



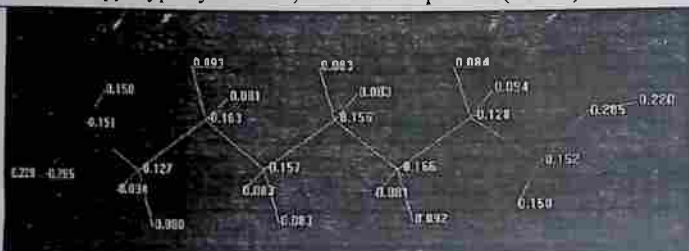
(б). Диметилолмеламин молекуласида зарядларни тақсимланиши (КИ-4)



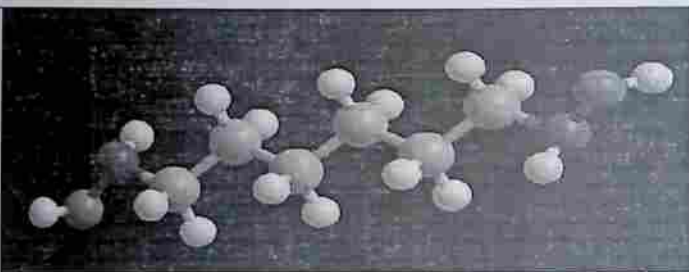
(с). Диметилолмеламиннинг шар-стержни 3D модели (КИ-4)



3.2. Расм (а). Диметилолгексаметилендиаминнинг структура тузилиши, элемент таркиби (КИ-5)



(б). Диметилолгексаметилендиамин молекуласида зарядларни тақсимланиши (КИ-5)



(с). Диметилолгексаметилендиаминнинг шар-стержни 3D модели (КИ-5)

Олинган маълумотлардан органик аминлар ва хром тутган бирикмалар билан икки компонентли системада адсорбцияланиш натижасида металл сиртини самарадорлигини ошириши, ҳақида фикр юритиш мумкин. Шу тариқа, ўрганилаётган кўп компонентли ингибиторлар кучсиз кислотали муҳитларда ҳам пўлатнинг эриш. жараёнини секинлаштиришда юқори самарадорликка эга бўлишини яна бир бор тасдиқлайди. Диметилолгексаметилендиамин ва диметилолмеламин асосидаги тузлар иккинчи компонент билан қўлланилганда ҳимоялаш хусусиятининг нисбатан юқори самарадорликка эгаллиги ва темир ионлари билан кам эрувчан бирикма ҳосил қилиши, олинган маълумотлар билан тасдиқланади. Кўпгина органик бирикмаларнинг ингибирланиш механизми ҳақида маълумот олишга ва кучсиз кислотали муҳитда металл юзаси билан таъсирлашганда адсорбцион хусусиятлари ортиши мумкинлиги аниқланган.

HyperChem ярим эмпирик квант-кимёвий усуллар ёрдамида ҳисобланган маълумотларни ингибирлаш самарадорлиги билан солиштириш тажриба натижаларининг назарий ёндашувини янада аниқлаштириб беради. Турли муҳитларда коррозиянинг самарали ингибиторлари учун молекулада бир неча гетерохалкали азот атомлари ва бошқа қутбли гуруҳлар мавжудлиги аниқланган. Бунда органик ва олигомер молекулаларнинг металл сиртида адсорбцияланиши кузатилади, ҳамда кимёвий боғланиш N атомининг электрон жуфти π -электрон булутлар иштирокида ҳосил бўлиб, натижада кучсиз кислотали муҳитларда металлнинг коррозияси камаяди. Ярим эмпирик усуллар (MINDO/3 ва MNDO) экспериментаторлар томонидан тез-тез қўлланилади, чунки

улар *ab initio* усулларига қараганда анча қулай ва мураккаб эмас. Ярим эмпирик усуллар М.Девар томонидан махсус органик молекулаларни ўрганиш учун ишлаб чиқилган МО дастурларининг бир қисмидир. МОРАС дастури ярим эмпирик яъни MINDO/3 ва MNDO усуллари бўйича ҳисоб-китобларни амалга ошириш учун мўлжалланган бўлиб, у қуйидаги элементлар учун параметрларини ўз ичига олади Н, Ве, В, С, N, О, F, Al, Si, P, S, Cl, Br, I. MNDO усули кўшни атомларда ягона электрон жуфтларини ўз ичига олган тўйинмаган бирикмалар ва молекулаларни ҳисоблашда MINDO/3 га нисбатан афзалликларга эга. MNDO усулининг асосий афзалликлари қўбл молекулаларнинг ҳисоб-китобларида намоён бўлади.

Шундай қилиб, бирикмаларнинг ингибирлаш самарадорлиги билан ўзаро боғлиқликни излаш учун реакция марказлари бўлган функционал гуруҳларнинг атомларида электрон зичлигини қўллаш мақсадга мувофиқдир.

3.2. §. Рентген структуравий анализ усули

Кўпгина адабиётларда рентген структуравий анализ усули бошқа амалий усуллардан тубдан фарқ қилади деб таъкидлаб ўтилган. 1901-йилдан рентген нурлари кашф қилингандан бўён ҳозиргача ушбу анализ усулига доир бир неча марта Нобел мукофоти топширилганлиги алоҳида диққатга сазовор бўлган. Мураккаб тузилишга эга бўлган биологик объектларни ўрганишда рентген структуравий анализи усули қўлланилганда, йирик молекулаларнинг тузилишини аниқлаш мумкинлигини айтиб ўтиш керак. Рентген нурлари электромагнит тўлқин хусусиятига эга бўлиб, тўлқин узунлиги (0,01-10 нм) диапазонда бўлади. Рентген тадқиқотини ўтказиш учун

монохроматик тўлқин узунлиги аниқ бўлган рентген нури керак бўлади. Шунинг учун рентген структуравий анализда турли фильтр ва монохроматорлардан фойдаланилади. Монохроматорларга кўра электрон булут кристаллари орқали ўтганда ҳар бир атом худди шу тўлқин узунликка эга бўлган иккиламчи нурлантирувчи манба вазифасини бажаради. Электрон булутлар атомларнинг рентген нурланиши интерференция натижасида айрим йўналишларда йиғилади, улар тўлқин узунлиги, қайтиш бурчаги ва қаттиқ бирикма атомлари орасидаги масофанинг нисбатига яқин бўлади. Бу ҳодисанинг тўлиқ назарий асоси У.Брег томонидан ишлаб чиқилган ва алоҳида назария сифатида қаралади. Биламизки кристалл - бу, тартибланган ҳолда тузилган атомлар ёки атомлар гуруҳидан ташкил топган қаттиқ модда ҳисобланади, улар учта йўналишда даврий такрорланади. У кўпгина элементар ячейкалардан тузилган, бири-бирига ҳар томондан зич жойланган ҳолатда бўлади. Ячейка ўлчами ва шакли уни ҳосил қилган зарралар ўлчамлари ва шакли билан аниқланади. Кристаллларнинг геометрияси унинг 3 та нопараллел қатламлари яъни фазовий уч ўлчамли ўқ йўналишлари узунлиги билан нанометрларда аниқланади (a_0 , b_0 , c_0), улар орасидаги бурчақлар қийматлари (α , β , γ) ҳам инобатга олинади. Кристаллардаги атомлар характеристик симметрия нисбатлари билан боғланган ҳолда аниқланади, шунга кўра бу кристаллар маълум гуруҳларга ажратилади. Рентгенографик тадқиқот вазифаси элементар ячейкалар ўлчами ва шаклини ҳамда унинг ҳажми бўйича атомлар гуруҳи тақсимотини аниқлашдан иборат. Рентгеноструктура анализда мураккаб структура тузилишли модда молекуласини ўрганишда қўлланиладиган икки усул мавжуд. 1) катта бурчақлар остида

ўрганиш; 2) кичик бурчаклар остида ўрганиш. Ҳар икки метод бир хил принципга асосланган бўлиб - рентген нурлари дифракцияси ва интерференцияси, ҳамда уларнинг кристаллар ички юзасида қайтарилишига асосланиши маълум. Рентген структуравий таҳлил бу модданинг тузилишини фазода тарқалиши ва таҳлил қилинаётган объектга туширилган рентген нурланишининг интенсивлиги бўйича ўрганиш усули ҳисобланади.

3.1. Жадвал. N, N'- диметилен тиомочевина бирикмаси учун элементар ячейкаларда параметрлари кийматлари ўзгариши

a	b	c	α	β	γ	V	Структура
5,47	7,64	8,59	90	90	90	359 53/94	47m orthorombic P(32); 56,4%


$$\text{H}_2\text{C}=\text{NH}-\overset{\text{S}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}=\text{CH}_2$$

Ушбу усул кристалл жисмларнинг атом тузилишини ўрнатиш учун энг муваффақиятли усуллардан биридир. Бунинг сабаби шундаки, кристаллар структуранинг қатъий даврийлигига эга ва табиатнинг ўзи томонидан яратилган рентген нурлари учун дифракцион панжарани ифодалайди. Тажриба диффрактометрда ўтказилди хона ҳароратида нурланиш, графит монохроматор, ω сканерлаш, $2\theta_{\max}=124,50^\circ$. Ҳосил бўлган структура орторомбик $a=5,47$, $b=7,64$, $c=8,59 \text{ \AA}$, $V=359 \text{ \AA}^3$, $\rho=1.263 \text{ г/см}^3$ [79]. Атом тузилишини ўрганиш учун тўлқин узунлиги 1 \AA бўлган нурланишда рентген нурлари сочилиши кичик бурчак остида дискрет кўринишда деб қабул қилинган. ҳамда сочилиш узлуксиз характерга эга деб қаралади. Бундан хулоса қиладиган бўлсак, бирлик каткакчаларининг параметрлари аниқлагандан сўнг ушбу

катакчаларнинг ўлчамларини топдик улар *a*, *b* ва *c* векторлари ва улар орасидаги бурчаклар, катакча ичидаги атомларнинг координаталарини аниқлаш керак, бунинг учун аввало координата тизимини белгилашимиз керак.

3.2. Жадвал. Диметилломеламин олигомер бирикмасининг элементар ячейкаларда параметрлари қийматлари

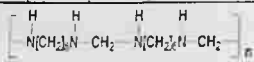
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	α	β	γ	<i>V</i>	Структура
7,29	7,45	10,34	90	108,5	90	533 65/68	1s15m monoclin P(33); 95,6%



Рентген структуравий таҳлил усуллари билан металллар, қотишмалар, минераллар, ноорганик ва органик бирикмалар, полимерлар, аморф материаллар, суюкликлар ва газлар, оксиллар, нуклеин кислоталарнинг молекулалари ва бошқаларни ўрганиш мумкин.

3.3. Жадвал. Диметиллогексаметилендиамин олигомер бирикмасининг элементар ячейкаларда параметрлари қийматлари

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	α	β	γ	<i>V</i>	Структура
9,8	9,4	20,4	90	120	90	1587	4/m (t-c) tetragonal



Рентген нурлари тўлқин узунлиги тарқалишида битта кристалл панжарадаги атомлар ёки атомлар гуруҳи орасидаги масофаларни фарқлаб беради. Шу асосида моддаларнинг ўлчамлари рентген нури дифракциясини ҳисобга олган ҳолда аниқланиши мумкин. Органик ва олигомер типдаги аминларда

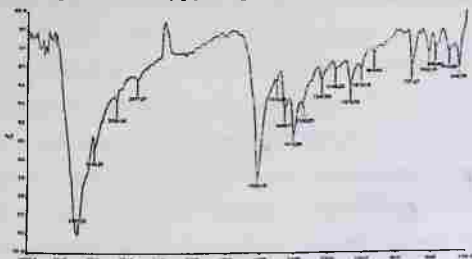
кристаллография вазифасига қараб турли координат тизимлардан фойдаланиб рентген структуравий тақлиниши мумкин.

3.3.§. Биринчи компонент сифатида қўлланилган органик аминлар асосидаги ингибиторларнинг ИҚ спектрлари уларнинг тахлиллари

Ингибиторларни химоялаш хусусияти айрим металл бирикмаларда кучлироқ эканлиги олдиндан маълум. Ингибиторлар сифатида амино гуруҳ тутган бирикмалар адсорбция жараёнида амино гуруҳдаги азот атомлари тақсимланмаган электрон жуфти ҳисобига бўлиши билан эканлиги бизга маълум. Шундай қилиб, ушбу турдаги органик ингибиторларнинг самарадорлиги адсорбцион марказлар билан ва маҳсулотларнинг ажралиши билан боғлиқлигини ИҚ спектрлари натижаларидан кўришимиз мумкин. Ингибиторларнинг фарқли томони, паст концентрация, турли муҳит ва шароитларда қўлланишда ҳароратларда ўз самарадорлигини саклаб қолиши ва хавфсизлигини айтиб ўтиш ўринли. Органик бирикмалар асосидаги ингибиторларни химоялаш таъсири жуда хилма-хил ва ҳар бири ўзига хос меҳанизмга эга [80;81]. Органик таркибли бирикмалар адсорбцион темир ионлари билан кам эрувчан қатламлар ҳосил қилинади. Қатламнинг ўсиши ва бунинг натижасида қатламнинг говаклилиги, қалинлиги ҳам камаяди, бунинг натижасида химояловчи ҳоссалари ортиб боради.

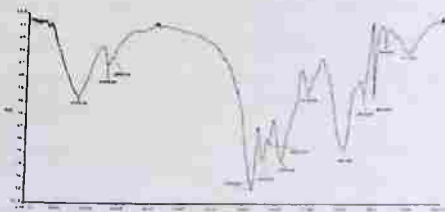
3.3. Расмда ИҚ спектрда 3193 см^{-1} соҳада (NH_2) гуруҳи 2924 см^{-1} частотада (CH_2) метилен гуруҳлари; 2677 см^{-1} соҳада

боғланишлар борлиги, ҳамда 1620 см^{-1} ва 1513 см^{-1} оралиқларда (NH_2) гуруҳга мос келиши аниқланган. 1465 см^{-1} тебранишларда ($\text{C}=\text{S}$) боғланишлар; 1362 см^{-1} соҳада (CH_2) метилен гуруҳлар такрорланиши кузатилган. 1169 , 1079 ва 1018 см^{-1} оралиқларда ҳам (CH_2) гуруҳ мос келиши, 727 см^{-1} ва 632 см^{-1} соҳаларда ($\text{C}-\text{S}$) гуруҳлар мавжудлиги аниқланган.



3.3. Расм. N, N'- диметилен тиомочевина ИҚ спектри.

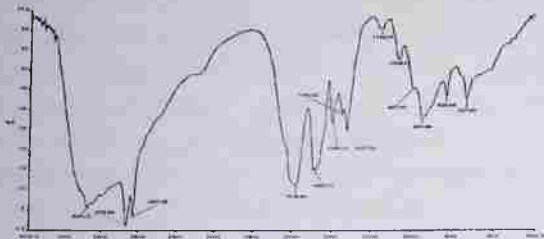
Муҳит $5\%\text{Na}_2\text{SO}_4+3\%\text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{pH}=5,3$ да вақт ўтиши билан ингибиторлар ўзларининг химояловчи ҳоссаларини кучайтирадилар, ҳароратнинг ортишида эса химояловчи таъсир аввалига қараганда ортади, кейин ҳарорат 80°C га етгандан кейин бир қанча фоизларга камаяди. Бу бирикмаларнинг таъсир қилиш механизмини таққослаш учун органик аминлар ҳамда уларнинг ҳосилаларининг ИҚ спектрлари олинди ва натижалар солиштирилди.



3.4. Расм. Диметилолмеламиннинг ИҚ спектри.

Диметилломеламиннинг ИҚ спектрида 3324 см^{-1} соҳада амина гуруҳ, $2956\text{-}2896\text{ см}^{-1}$ частоталарда $-\text{CH}_2$ гуруҳ, 1488 см^{-1} соҳаларда ароматик боғлар ($\text{C}=\text{C}$), 1553 см^{-1} соҳаларда амина гуруҳ мавжудлиги, $873\text{-}812$ ва 744 см^{-1} соҳаларда (CH) боғланишлар ҳамда 611 см^{-1} соҳада (NNN) боғланишлар мавжудлиги аниқланди.

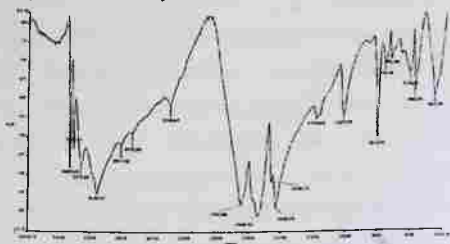
Ингибитор сифатида қўлланилган гексаметилендиамин ИҚ спектридаги $3340\text{-}2928\text{ см}^{-1}$ соҳаларда амина гуруҳларга тегишли бўлган ютилиш соҳалари кўринади; 2855 см^{-1} оралиқда ассиметрик ва симметрик тебранишларда $-\text{CH}_2$ -гуруҳлар, ҳамда 1578 см^{-1} частоталарда амина гуруҳларга ҳос ютилишлар намоён бўлади. 1480 см^{-1} соҳада C-N гуруҳ, $1148\text{-}1058\text{ см}^{-1}$ соҳада CH_2 гуруҳлар мавжудлигини кўришимиз мумкин бўлади.



3.5. Расм. Гексаметилендиамин ИҚ спектри.

Олинган ИК-спектрлар шунинг кўрсатадики, бирикманинг структурасидаги алкил радикали, занжирнинг узунлиги унинг ингибиторлиги ҳосиласини самарадорлигига таъсир кўрсатади, яъни муҳитда ҳимоя қатламларни мустаҳкамлигини таъминлайди. Демак, таъкидлаш мумкинки, пўлат электроди сиртида адсорбцион қаватлар ҳосил қилиб, яъни бир мунча юқори самарадорлиги ингибиторлар эканлиги аниқланган.

Меламиннинг ИҚ спектр натижасига кўра 3469-3418 см^{-1} ва 3330-3126 см^{-1} соҳаларда амина гуруҳларга тегишли ютилиш максимумлари ҳосил бўлади, 2817 см^{-1} да эса $-\text{CH}$ гуруҳлар, 2190 см^{-1} интервалда (CN), ҳамда кўш боғлар ($\text{C}=\text{C}$) эса 1023 см^{-1} соҳада намоён бўлиши, 616-584 см^{-1} ораликда (NNN) боғланиши кузатилиши мумкин.



3.6. расм. Меламиннинг ИҚ спектри.

Металл билан адсорбцион таъсирлашув натижасида, унинг химоялаш хоссалари юкори ҳароратларда янада кучлироқ намоён бўлади ва бунда хемосорбцион механизмда таъсир қилиб бир мунча мустаҳкам қаватлар ҳосил қилади. Молекулалар хемосорбцияланишининг ҳисобига синергизм эффектини ковалент боғланиш билан тушунтириш мумкин. Катион ва анионлар адсорбцияланиши натижасида электростатик кучлар таъсирида уларнинг тортишиши, ҳосил бўлган қаватларни мустаҳкамлигини ошириб беради. Бунда $\text{pH}=5,3$ қийматини ёки ундан ҳам паст қийматларда ушлаб туриш талаб этилади. Ўтказилган тадқиқотлардан олинган маълумотларга кўра, шу жиҳатлар аниқландики, кислотали муҳитда (Ф-1) фақатгина агрессив анионларнинг концентрацияси баланд бўлмасдан, балки металл сиртида химояловчи қатламларнинг ҳосил бўлишини ва коррозия

агрессивликнинг пасайишини таъминлаб берувчи ионларининг мавжудлиги аниқланган.

Ингибиторлар тузилиши ва муҳит таркибига боғлиқ ҳолда катионлар, анионлар ва нейтрал молекулалар кўринишида бўлиши мумкин, металл сирти билан электростатик ёки кимёвий таъсирлашиб физикавий адсорбция ёки хемосорбция натижасида қатламлар мустаҳкамланади, бу эса коррозия жараёнининг сусайишига олиб келади. Одатда ушбу хусусиятлар молекулаларда ингибиторнинг металл билан ўзаро фаол адсорбцион марказини таъминловчи атомлар ёки функционал гуруҳларнинг мавжудлиги сабабли етарли даражада самарадорли натижаларга олиб келиши аниқланган.

Донор-акцептор ва водород боғланишлар туфайли металлда адсорбцияланадиган, таркибда азот, олтингугурт, кислород ва хром тутган гуруҳлар бўлиши мумкин. Бундан қўтиш мумкинки, электронодонор молекулаларнинг кичик ионланиш потенциали, қарама-қарши зарядлари, азот атомининг маркази ва бир мунча мусбат зарядли водород атомининг протонланган ҳолати металл сирти билан, координацион ёки водород боғлари ҳисобига энг яхши ингибитор ҳисобланади.

Бирикмаларнинг юқоридаги рентген структуравий анализ натижаларига кўра нурлар тўлқин узунликлари орқали кристалл панжарадаги атомлар гуруҳи орасидаги масофаларни фарқлаб бериши аниқланган. Шу асосида моддаларнинг ўлчамлари рентген нури дифракциясини ҳисобга олган ҳолда аниқланиши мумкинлиги монографияда кўрсатилган. Органик аминларда кристаллография натижаларига қараб турли координатли тизимлардан фойдаланиб рентген структуравий таҳлиллар қилиниши мумкинлиги кўрсатилган.

IV-БОБ. ҚУТБЛАНИШ ҚАРШИЛИГИ УСУЛИ ЁРДАМИДА ОЛИНГАН НАТИЖАЛАР

4.1. §. Қутбланиш қаршилиги усули ва муҳит таъсири

Тадқиқотлар давомида ҳароратнинг ортиши коррозия тезлигининг ортишига, бунинг натижасида металлларнинг сирти активлашиб қолади, деган хулосани бермайди. Кўпгина ҳолларда юқори коррозия тезлиги пассив ҳолатларда ҳам кузатилади. Коррозия тадқиқотларида пўлат сиртидаги ўзгаришлар ва пассиваторларнинг самарадорлиги коррозия тезлигининг пассив ҳолатига ўтиши билан боғлиқ [82;83].

Тадқиқотлар олиб борилганда, текширувлар натижасида пайдо бўлган қатламлар металлни агрессив муҳит билан таъсирлашувидан ҳимоялайди. Кўплаб органик бирикмаларнинг ингибирловчи таъсир самарадорлиги металл сирти билан адсорбция натижасида олинган маълумотлари асосида хулосалар чиқарилади. Айнан ушбу қобилият ингибиторни металл билан фаол адсорбцион таъсирлашувини таъминловчи молекулаларда атомлар ёки функционал гуруҳларнинг мавжудлиги туфайли анча юқорилиги аниқланган. Мисол тариқасида кучсиз кислотали муҳитда (Ф-1), пўлат электродининг коррозия тезлигини аниқлашда қутбланиш қаршилиги усулида турли ингибиторларнинг таъсири ўрганилган. Расмдан кўриниб турибдики, пўлат электродининг коррозия тезлигини аниқлашда, фон эритмаларда органик бирикмалар бўлган ингибиторларнинг қўшилиши натижасида қутбланиш қаршилигининг ўзгариши, системага хромли тузлар киритилганда янада қаршиликларнинг ортиши кузатилади. Бундай натижалар электрохимийв жараёнларнинг секинлашишига, у ёки бу ингибиторларнинг

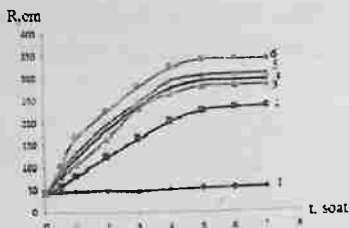
самарадорлиги ҳақида маълумот беради. Фон эритмалар Ф-1 да (4.1. ва 4.2. расмлар 1-эгри) тадқиқот вақтида 25°C ҳароратда қутбланиш қаршилиги 42 ва 84 Ом/см² га тенг. Фон эритмаларда органик ингибиторлар қўшилиши билан 25°C ҳароратда қутбланиш қаршиликлари R=42 Ом/см² ва R=342 Ом/см² тенг бўлганлиги аниқланган.

4.1. Жадвал. Кучсиз кислотали муҳитда турли органик ингибиторларнинг 30 мг/л концентрацияда 25°C ҳарорат (Ф-1) рН=5,3 муҳитда қутбланиш қаршилигини ўзгариш натижалари

Вақт, соат	Фон	КИ-2	КИ-3	КИ-4	КИ-5	КИ-6
	R ₀	Ингибитор киритилганда қутбланиш қаршилигини ўзгариши				
0	12	42	42	42	42	42
0,5	45	57	78	82	92	102
1	47	80	106	121	132	165
2	49	124	164	185	197	226
3	48	164	234	238	246	281
4	52	203	265	278	294	323
5	54	227	283	294	306	342
6	55	233	284	295	308	342
7	55	235	285	296	309	342

Демак, таъкидлаш мумкинки, бу усул ёрдамида пўлат электроди сиртида адсорбцион қаваглар ҳосил бўлиши, яъни ингибиторлар сифатида қўлланилганда коррозия жараёнида ўрганилиши натижасида бир мунча юкори самарадорли жиҳатларини олдиндан аниқлаб беради.

Синергетик эффект айрим органик бирикмаларни маҳсулотларининг ҳосил бўлиши ёки парчаланишини боғлаб тушунтиради, бу эса, уларнинг бири органик катион ва бошқаси анион эканлигини кўрсатади.



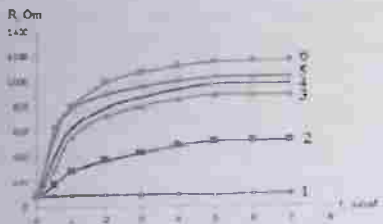
4.1. Расм. Қутбланиш қаршиликнинг вақтга боғлиқлиги 5%Na₂SO₄+3%H₂SO₄, pH=5,3 фон эригмада (1), 30 мг/л концентрацияда КИ-2 (2); КИ-3 (3); КИ-4 (4); КИ-5 (5); КИ-6 (6) ва 25°C хароратда олинган эриглари

Ушбу эффектнинг афзаллик томони, молекулада битта ёки иккита функционал гуруҳлар гетероатоми билан боғлиқлиги ҳамда зарядлари белгиси, ўлчами билан фарк қилади. Бундай ҳолатда битта гуруҳ катион, бошқаси анион сифатида қаралиши мумкин. Мисол тариқасида бундай ингибиторлар сифатида куйидаги функционал гуруҳлар –NH₂ ва –OH; –NH₂ ва –CrO₄²⁻, Cr₂O₇²⁻; –NH₂ ва –COOH келтиришимиз мумкин. Бундай ионларни металлларда адсорбцияланиши уларнинг бир қисми битта (масалан амино-), бошқа қисми (масалан, окси гуруҳлар) ҳисобига кузатилади. Бу эса ингибиторларнинг итарилиш кучлари ҳисобига бирмунча мустаҳкам каватлар ҳосил қилишига олиб келади [84].

4.2. Жадвал. Кучсиз кислотали мухитда турли икки компонентли ингибиторларнинг 30 мг/л концентрацияда 25°C харорат (Ф-1) рН=5,3 мухитда кутбланиш қаршилигини ўзгариш натижалари

Вақт, соат	Фон	КИ-2+K ₂ CrO ₄	КИ-3+K ₂ CrO ₄	КИ-4+K ₂ CrO ₄	КИ-5+ K ₂ Cr ₂ O ₇	КИ-6+K ₂ Cr ₂ O ₇
	R _o	Ингибитор киритилганда кутбланиш қаршилигини ўзгариши				
0	14	84	84	84	84	84
0,5	87	180	302	402	560	621
1	89	286	560	624	780	797
2	91	362	720	786	890	986
3	90	422	800	863	950	1070
4	92	483	850	924	995	1110
5	85	512	882	963	1024	1140
6	93	515	883	966	1026	1147
7	93	517	884	967	1028	1148

Шундай механизм органик аминлар ва хромли тузлар таъсир килганда кузатилади, юқори самарадорлиги ичкимолекуляр синергизм билан тушунтирилади.



4.2. Расм. Қаршилиқни вақтга бoғлиқлиги (1) фон эритмада, (КИ-2)+K₂CrO₄ (2); (КИ-3)+K₂CrO₄ (3); (КИ-4)+K₂CrO₄ (4); (КИ-5)+ K₂Cr₂O₇ (5) (КИ-6)+K₂Cr₂O₇ (6) ингибиторларнинг 30 мг/л концентрацияси ва 25°C хароратда олинган эрилари

Ушбу ингибиторлар коррозияга учровчи металл сиртида химояловчи қатламларни ҳосил қилиш қобилиятига эгадир. Таъкидлаш жоизки, ҳароратнинг ортиши коррозия тезлигининг ва химоялаш даражаларининг ўзгаришидан далолат беради. Тадқиқотлар натижасида бирикмалар орасида кучсиз кислотали муҳитларда қўлланилувчи самарали коррозия ингибиторлари мавжуд бўлиб, улар КИ-5 ва КИ-6 лар деб топилган. Бундай самарадорликни пўлат намунасида азот, хром сақловчи икки компонентли ингибиторлар юпка химояловчи қатламнинг ҳосил бўлиши билан тушунтириш мумкин, улар ўз навбатида пўлат сиртини қоплаб олади ва коррозион парчаланиш тезлигини сусайтиради ёки тўхтатади. Аминларнинг ингибиторлик хоссаларида муҳитнинг доимий қийматидаги таъсири, уларнинг адсорбцион хоссалари билан тушунтириб берилди ва у азот атомидаги электрон зичлигига боғлиқлиги аниқланган. Олинган натижалардан, қўлланилган ингибиторлар металл билан эримайдиган тузлар ҳосил қилиши ва намуналарнинг сиртлари коррозион муҳитларнинг фаол заррачалари билан таъсирлашиш қобилиятига эга бўлиб, бунинг оқибатида эритувчи ва муҳит таркибини тўғри танлови асосида ингибиторнинг юқори адсорбцион фаолиги таъминланиши мумкин ва шу билан бирга металл коррозиясини чақирувчи муҳит функциясининг пасайишини ёки блоккланишини намоён қилиши мумкин. Кучли кислотали муҳитларда ингибирланиш механизмини фақат тахминий ҳолати ҳақида фикр юритиш мумкин, аниқ бир механизмда кетади деган фикр нотўғри хулосаларни келтириб чиқаради. Бундай натижани пўлат сиртида юпка химояловчи қатламнинг ҳосил бўлиши билан тушунтириш мумкин, ушбу ҳолат ўз навбатида пўлат сиртини блоклайди яъни коррозион

парчаланиш тезлигини тормозлайди [85;86].

4.3. Жадвал. Кучсиз кислотали мухитда турли органик ингибиторларнинг 30 мг/л концентрацияда 25°C харорат (Ф-1) рН=5,3 мухитда қутбланиш қаршилиги ва химоялаш даражалари ўзгариши

τ, соат	R _n , Ом/см ² мухит Ф-1 (рН=5,3)	R _n , Ом/см ² ; Ф-1 (рН=5,3) мухитда ва 30 мг/л, КИ-6	γ	Z, %
0	12	42	-	-
0,5	45	102	2,27	55,9
1	47	165	3,51	71,5
2	49	226	4,61	78,3
3	48	281	5,85	82,9
4	52	323	6,21	83,8
5	54	342	6,33	84,2
6	55	625	11,36	91,2
7	55	723	13,14	92,4

Электрохимик коррозия натижасида молекуляр массаси кичик лекин икки компонентли ингибиторлар қўлланилганда металл сирти билан таъсирлашиши ҳисобига, адсорбирланган каватлар сирти манфий, ички қисми мусбат зарядланади. Адсорбирланган бирикмалар, сирт бирлигига суяқ фазада харорат, мухит ҳамда концентрацияга боғлиқлиги аниқланган. Шундан келиб чиқиб, адсорбирланган органик икки компонентли ингибиторлар қўлланилганда, адабиёт маълумотлари билан тўлиқ мос келади [87;88]. Органик

бирикмалар икки компонентли системада қўлланилишида концентрацияга самарали боғлиқ бўлиб, эритмада пўлатнинг юза соҳасида моно қатламларни ҳосил бўлиши билан кўрсатилган. Пўлат сиртидаги ўзгаришлар ва пассиваторларнинг самарадорлиги коррозия тезлигининг пассив ҳолатига ўтиши билан боғлиқ [89].

4.4. Жадвал. Кучсиз кислотали муҳитда икки компонентли ингибиторларнинг 30 мг/л концентрацияда 25°C ҳарорат (Ф-1) рН=5,3 муҳитда қутбланиш қаршилиги ва ҳимоялаш даражалари ўзгариши

τ, соат	$R_n, \text{Ом/см}^2$ муҳит Ф-1 (рН=5,3)	$R_n, \text{Ом/см}^2$; Ф-1 (рН=5,3) муҳитда ва 30 мг/л, КИ-6+K ₂ Cr ₂ O ₇	γ	Z, %
0	14	84	-	-
0,5	87	621	7,14	86,1
1	89	797	8,96	88,9
2	91	986	10,84	90,8
3	90	1070	11,89	91,6
4	92	1110	12,39	91,9
5	85	1140	13,41	92,5
6	93	1297	12,33	92,8
7	93	1367	12,34	93,2

Молекулалар хемосорбцияланишининг ҳисобига синергизм эффектини ковалент боғланиш билан тушунтириш мумкин. Катyon ва анионлар адсорбцияланиши натижасида

электростатик кучлар таъсирида уларнинг тортишиши хосил қилган қаватларни мустақамлигини ошириб беради.

4.2. §. Гравиметрик текширувлар асосида олинган натижалар

Гравиметрик усулдан фойдаланиб 15 кундан 30 кун давомида ингибиторларнинг таъсир қилиш давомийлиги аниқланган. Тадқиқотдан олинган натижалар фон эритмаларда олинган бўлиб, 4.5-жадвалда келтирилган ва тормозланиш коэффициенти (γ), химоялаш даражаси (Z) аниқланган.

4.5. Жадвал. Пулат намугаларининг 25°C да фон эритмада ва ингибиторларда ($C_{инг.}=30$ мг/л) химоялаш даражасини гравиметрик усулдаги аниқлаш натижалари

Ингибиторлар	360 соат			720 соат		
	К, г/(м ² сут)	γ	Z, %	К, г/(м ² сут)	γ	Z, %
Ф-1 (рН=5,3)	0,875	-	-	0,485	-	-
КН-1	0,100	11,43	88,57	0,047	9,69	82,14
КН-2	0,0894	10,21	89,79	0,042	8,66	82,80
КН-3	0,075	8,58	91,42	0,031	6,39	84,78
КН-4	0,062	7,08	92,92	0,028	5,77	86,25
КН-5	0,047	5,37	94,63	0,019	3,92	88,32
КН-6,	0,036	4,18	95,82	0,014	2,88	90,71
Ф-2 (рН=8,6)	1,334	-	-	1,215	-	-
КН-1+K ₂ CrO ₄	0,255	19,13	80,37	0,217	17,86	90,31
КН-2+K ₂ CrO ₄	0,219	16,42	83,58	0,209	17,20	91,34
КН-3+K ₂ CrO ₄	0,208	15,59	84,41	0,185	15,22	93,61
КН-4+K ₂ Cr ₂ O ₇	0,188	14,09	85,91	0,167	13,75	94,23
КН-5+K ₂ Cr ₂ O ₇	0,165	12,36	87,64	0,142	11,68	96,08
КН-6+K ₂ Cr ₂ O ₇	0,143	10,72	89,28	0,113	9,30	97,12

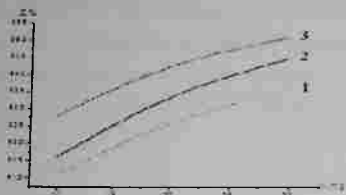
Азот ва хром тутган ингибиторлар металл коррозиясини сусайтириши ва юқори самарадорликка эгаллиги, ингибитор

таъсирининг давомийлиги ҳисобига химояланиш янада ортиши кузатилди. Ингибитор молекуласи таркибидаги гетероатом битта ёки иккита функционал гуруҳлар ҳисобига, мавжуд бўлган молекулалар катталиги, тармоқланганлиги ҳамда заряд белгиси бўйича фарқ қилиб кучайтириш хусусияти билан тушунтириш мумкинлиги аниқланган.

4.6. Жадвал. Пулат намуналарининг 25°С да фон эритмада Ф-1 (рН=5,3) ингибиторларнинг химоялаш даражасини қўлланилиш миқдорига боғлиқлиги

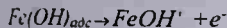
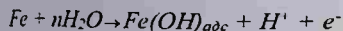
Ингибитор	С, мг/л	К, (г/м ² *сут)	γ	Z, %
КИ-4 Диметилломеламин	0	17,48	-	-
	10	1.29	13.55	92.6
	20	1.14	15.33	93,5
	30	0.93	18.79	94,5
КИ-5 Диметилло ГМДА	0	20.13	-	-
	10	1.24	16.23	93,8
	20	1.06	18.99	94,7
	30	0.94	18.16	95,3
КИ-6 N,N'-диметиллен тиомочевина	0	17,48	-	-
	10	1.38	12.66	92,1
	20	1.27	13.76	92,7
	30	1.22	14.33	93,0

Айрим органик бирикмаларнинг синергетик таъсири, парчаланиш маҳсулотларининг ҳосил бўлиши билан боғлиқдир, улардан бири органик катион, бошқаси эса — анион ҳисобланади. Хром асосидаги икки компонентли ингибиторлар сувли муҳитда араланиш механизмда таъсир қилади, шу билан бирга иккиламчи ингибирланиш содир бўлади [90].

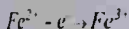
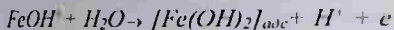
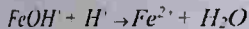


4.3. Расм. Пулат намуналарининг 25°C Ф-1 (рН=5,3) эритмада ингибиторларнинг химоялаш даражасини қўлланилиш миқдорига боғлиқлиги **КИ-4** Диметилломеламин (1); **КИ-5** Диметиллол ГМДА (2); **КИ-6** N,N¹-диметилен тиомочевина (3).

Келтирилган реакция механизми мақсадга мувофиқдир, модомики биринчи босқичда OH^- молекулалари эмас, балки H_2O молекулалари қатнашади, у сувли мухитлар учун ҳосдир.



Адабиёт маълумотлари ва ўтказилган тажрибаларга асосланиб шундай ҳулоса чиқариш мумкинки, металлнинг коррозиясини ва унинг химояланишини таъминловчи реакциялар қуйидагилардан иборатлиги кўрсатилган [91]. Кейинги босқичларда реакция механизмида қуйидаги ўзгаришлар амалга ошади:

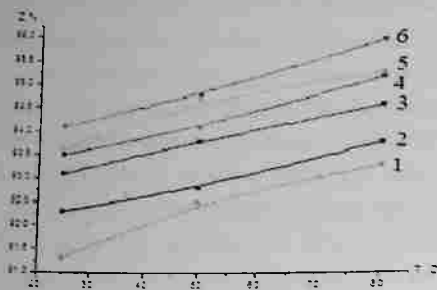


4.7. Жадвал. Пулат намуналарининг турли ҳароратда фон эритмада Φ -1 ($pH=5,3$) ингибиторларнинг ҳимоялаш даражасини қўлланилиш миқдорига боғлиқлиги

Ингибитор	T, °C	K, (г/м ² *сут)	γ	Z, %
Фон	25	7,95	-	-
КИ-1+K ₂ CrO ₄		0,85	9,35	92,3
КИ-2+K ₂ CrO ₄		0,83	9,57	92,8
КИ-3+K ₂ CrO ₄		0,71	11,20	93,8
КИ-4+K ₂ Cr ₂ O ₇		0,75	10,61	93,5
КИ-5+K ₂ Cr ₂ O ₇		0,90	8,83	94,1
КИ-6+K ₂ Cr ₂ O ₇		0,95	8,37	95,2
Фон	50	8,35	-	-
КИ-1+K ₂ CrO ₄		0,93	8,97	91,3
КИ-2+K ₂ CrO ₄		0,89	9,38	92,5
КИ-3+K ₂ CrO ₄		0,97	8,61	93,3
КИ-4+K ₂ Cr ₂ O ₇		0,94	8,88	93,1
КИ-5+K ₂ Cr ₂ O ₇		1,25	6,68	93,8
КИ-6+K ₂ Cr ₂ O ₇		1,34	6,23	94,6
Фон	80	10,31	-	-
КИ-1+K ₂ CrO ₄		0,88	11,71	93,6
КИ-2+K ₂ CrO ₄		0,94	10,96	94,7
КИ-3+K ₂ CrO ₄		0,81	12,73	95,3
КИ-4+K ₂ Cr ₂ O ₇		0,86	11,98	94,1
КИ-5+K ₂ Cr ₂ O ₇		1,35	7,63	94,8
КИ-6+K ₂ Cr ₂ O ₇		1,42	7,26	96,1

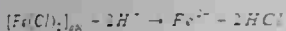
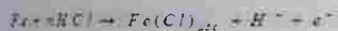
Бундан ташқари, металл эритмада ўтказувчи ионлар билан ингибиторни таъсир қилиши ҳамда қийин эрувчан

маҳсулотларни ҳосил бўлиши ва ҳимояловчи қатламлар ҳисобига улар коррозия жараёнини тўхтатади ёки секинлаштиради.

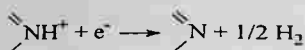


4.4. Расм. Пулат намуналарининг 25°C Ф-1 (рН=5,3) эритмада ингибиторларининг химоялаш даражасини қўлланилиш миқдорига боғлиқлиги КИ-1+K₂CrO₄ (1); КИ-2+K₂CrO₄ (2); КИ-3+K₂CrO₄ (3); КИ-4+K₂Cr₂O₇ (4); КИ-5+K₂Cr₂O₇ (5); КИ-6+K₂Cr₂O₇ (6)

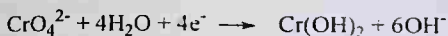
Кучсиз кислотали муҳитда, металлнинг коррозияга учраш ҳолати қуйидагича бориши мумкин, шу билан бирга адсорбцияланиш кузатилиб темирнинг икки валентли ҳолатидан уч валентли ҳолатига ўтишини кўришимиз мумкин:



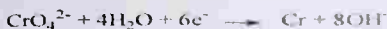
Икки компонентли ингибиторларимиз металл сиртига аралаш типдаги ингибиторлар сифатида таъсир қилади. Ҳақиқатдан таъкидланган натижасида янада самарали ингибиторлар аниқланиб, КИ-6 ва КИ-6+K₂Cr₂O₇ каби ингибиторларни киритилиши натижасида фон эритмасида коррозия фаоллигини пасайтириши ва пўлатни коррозия натижасида бузилишдан 90,71–97,12% ҳимоялагани кузатилди. Ушбу ингибиторларнинг қўлланишдаги оптимал концентрацияси 30 мг/л эканлиги аниқланган.



Коррозияга учратувчи инккала муҳитда ҳам хром тўғрисида ионлар қуйидаги кўринишда ўзгариб боради, бу ҳолатни иккиламчи ингибиторланиш содир бўлиши билан изоҳлаш мумкин.



Бир вақтнинг ўзида бир қанча функционал гуруҳларни бўлиши синергизм эффектини кузатилиши ва ингибиторланиш натижасида юқори самарадорли ингибиторлар каторига иккинчи компонентли бирикмалардан хром асосидаги ингибиторларни киритишимиз мумкин.



Икки компонентли ингибиторлар қўлланилганда аралаш механизмда таъсир қилади, лекин коррозияга учратувчи муҳитда ингибиторларни таъсири ҳақида аниқ кетадиган ингибирланиш механизми тўғрисида маълумот бериш қийин [92;93].

4.3. §. Ингибиторларнинг металл намуналари сирти билан тўла қопланиш даражаларини ўзгаришлари

Металл сиртларида ўрганилаётган ингибиторларнинг адсорбцион қобилиятларини текшириш шуни кўрсатдики, электрохимий коррозия жараёнида паст молекуляр органик ингибиторларнинг металл сирти билан таъсирлашиши натижасида адсорбцияланган сиртнинг ташқи қатлами манфий зарядланади, ички қатлами эса мусбат зарядланади. Сирт бирлигига киритилган адсорбцияланган модда миқдори суюқ фазадаги муҳит ҳароратига ва адсорбцияланувчи модда концентрациясига боғлиқ бўлади. Ингибирловчи модда билан металл сиртининг тўла қопланиш даражасини кинетик маълумотлар бўйича ҳам ҳисоблаш мумкин. Бунда адсорбцияланган органик ингибиторлар билан металл сирт қисмида анодли реакция тезлиги пасайиши мумкин деб ҳисобланади. Шундай ҳолатда, тўла қопланиш даражаси θ ни аниқлашда қуйидаги тенгламадан фойдаланиш мумкин:

$\theta = \frac{i - i_0}{i_0}$	$V_c = \frac{\theta}{1 - \theta}$
Ушбу ифодада, i ва i_0 – ингибирланган ва ингибирланмаган системалардаги берилган потенциалнинг ток кучининг ўзгариши.	Бу ерда, V_c – адсорбцион мувозанат константаси; θ – тўла қопланиш даражаси.

Органик ингибиторларнинг химоялаш таъсири, шунингдек, концентрация, ҳарорат, бирикмалар табиати, адсорбция даражасига боғлиқ. Ингибиторнинг самарадорлиги учун унинг молекуласининг ўлчами, йўналиши, шакли ва ундаги электр зарядининг тақсимланиши муҳим аҳамиятга эга [94;95]. Бирор модда ингибитор вазифасини бажариши учун у умумий ҳолатда металл сиртига бирика олиши мумкин бўлган бир ёки бир нечта кутбли гуруҳ сақлаши лозим. Одатда улар азот, олтингугурт ёки гидроксил радикали кўринишида кислород сақлаган органик моддалардир. Ишлов бераётган кислота аниони ҳам адсорбцион ёки иккиламчи қатлам деб номланадиган система шаклланишида иштирок этади. Бу ҳар хил кислота эритмаларида бир хил бирикмаларнинг ингибирлаш таъсири фарқини тушунтириб беради [96].

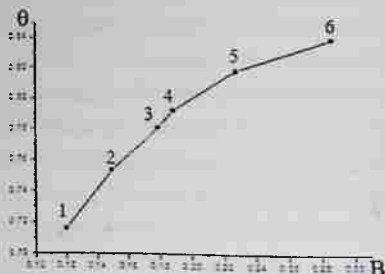
4.8. Жадвал. Кучсиз кислотали муҳитда фон эритмада (рН=5,3) ингибиторларнинг адсорбцион мувозанат константаси ва тўла қопланиш даражалари қийматларининг ўзгариши (C_{инг.}=20 мг/л), T=25°C

Ингибитор	C мг/л	θ	V _c	V
рН=5,3	-	-	-	-
(КИ-1); Диэтиламин	20	0,716	2,52	0,12
(КИ-2); ГМДА		0,753	3,05	0,15
(КИ-3); Диметиллол ГМДА		0,781	3,56	0,18
(КИ-4); Меламин		0,792	3,81	0,19
(КИ-5); Диметиллолмеламин		0,818	4,50	0,23
(КИ-6); N,N ^I -диметиллен тпомочевина		0,834	5,15	0,26

Бунда адсорбцияланган органик аминлар ва хром бирикмалари асосидаги икки компонентли ингибиторлар анодли реакциянинг секинлашишини таъминлайди. Ушбу мулоҳазалар электрохимий жароёнини бажариш вақтида тўла қопланиш даражасини ҳисоблашда аниқ маълумотлар беради. Органик ингибиторлар адсорбцияланишининг эритма концентрациясига боғлиқлиги тўла қопланиш даражасининг изотермаси билан яхши тушунтирилган, бу эса қатламнинг ҳосил бўлиши билан ифодаланади.

Сиртнинг ингибитор билан тўла қопланиш даражаси тўғрисидаги маълумотларга таянган ҳолда адсорбция изотермасини аниқлаш мумкин, бу ўз навбатида адсорбцияланган модданинг ҳоссалари ҳақида маълумотларни олиш имконини беради. Органик аминлар асосидаги икки компонентли ингибиторларда электрод сиртининг мономолекуляр қатлам билан тўла қопланиш даражасининг қиймати анча юқоридир, бу ўз навбатида ингибиторларнинг кимёвий тузилишига боғлиқ бўлган адсорбцияланган моддаларнинг натижалари билан тасдиқланиши мумкин [97]. Икки компонентли ингибиторларнинг юқори химояловчи ҳоссалари коррозияланувчи сиртда қийин эрувчан бирикмаларнинг ҳосил бўлиши билан тушунтирилади, ундан олдинги босқич эса металл сиртида ингибитор молекуласининг адсорбцияланиши ҳисобланади. Ушбу олинган натижалар икки компонентли ингибиторларни химоялаш таъсирининг юқорида келтирилган механизмини яна бир бор тасдиқлайди. Шунини таъкидлаш жоизки, тадқиқотнинг барча параметрлари бўйича азот, хром, олтингургт асосидаги органик ингибиторлар ўзларининг

юқори химояловчи хоссаларини сақлаб қолганини исботлади [96].



4.5. Расм. Кучсиз кислотали мухитда фон эритмада 5%Na₂SO₄+3%H₂SO₄ рН=5,3 ингибиторларнинг адсорбцион мувозанат константаси ва тўла қопланиш даражаларига боғлиқли эгрилари КИ-1 (1), КИ-2 (2), КИ-3 (3), КИ-4 (4); КИ-5 (5), КИ-6 (6) ($C_{инг.}=30$ мг/л, $T=25^{\circ}C$)

Органик бирикмаларнинг аҳамиятини металл сиртида юпка қатлам ҳосил қилиши билан тушунтирилади. Икки компонентли ингибиторлар самарадорлиги ҳарорат ва таркибга кучли боғлиқ бўлиб, металл билан адсорбцион таъсирлашув натижасида, унинг химоялаш хоссалари юқори ҳароратларда янада кучлироқ намоён бўлади ва бунда хемосорбцион механизмда таъсир қилиб бир мунча мустаҳкам боғланган қатламлар ҳосил қилади [98].

Хемосорбцияланиш ҳисобига синергизм эффектини ковалент боғланиш билан тушунтириш мумкин. Адсорбцияланиш натижасида электростатик кучлар таъсирида бирикмаларнинг тортишини, ҳосил қилган қаватларни мустаҳкамлигини ошириб беради. Олинган натижалардан ушбу моддаларнинг адсорбцияланиши реакция тезлигининг

константасини, ундан сўнг эса сирт зарядини ҳам ўзгартиради. Сиртнинг тўла қопланиш даражаларидаги ўзаро тафовутлар адсорбция жараёнлари, тормозланиш коэффициентига фақатгина ҳарорат ва киритилган ингибитор концентрацияси эмас, балки унинг таркиби ҳам таъсир кўрсатади [99].

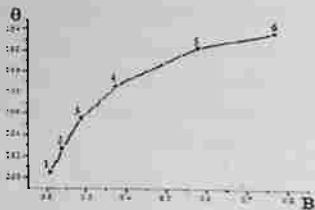
4.9. Жадвал. Кучсиз кислотали муҳитда Ф-1 (рН=5,3) ингибиторларнинг адсорбцион мувозанат константаси ва тўла қопланиш даражалари қийматларининг ўзгариши ($C_{инг.}=20$ мг/л), $T=25^{\circ}C$

Ингибитор	C, мг/л	θ	Vс	V
рН=5,3	-	-	-	-
Диэтиламин (КИ-1)+ K_2CrO_4	20	0,805	4,13	0,21
ГМДА (КИ-2)+ K_2CrO_4		0,827	4,78	0,24
Диметиллол ГМДА (КИ-3)+ $K_2Cr_2O_7$		0,855	5,90	0,29
Меламин (КИ-4)+ K_2CrO_4		0,886	7,77	0,38
Диметиллолмеламин (КИ-5)+ $K_2Cr_2O_7$		0,922	11,82	0,59
N,N ¹ -диметиллен тиомочевина (КИ-6)+ $K_2Cr_2O_7$		0,936	15,63	0,78

4.8. ва 4.9. жадваллардан кўриниб турибдики, охириги намунадаги ингибиторлари киритилганда кучсиз кислотали муҳитда сиртни тўла қопланиш даражаси 0,834-0,936 га ортиб боради; адсорбция мувозанат константаси 0,26-0,78 га ўзгариб борган. Металл сиртини ўзгариши ингибиторлар киритилганда 30 кун туширилгандан сўнг, унда қатламлар ҳосил бўлиши ҳамда бир вақтнинг ўзида турли функционал гуруҳлар билан химоялаши мумкинлиги аниқланган.

Бирикмалар адсорбцияси натижасида итарилиш кучлари ҳисобига мувозанат константасини ўзгаришини кўришимиз

мумкин, бу натижалар КИ-5 ва КИ-6 иккинчи компонент билан қўлланилганда яққол кўзга ташланади. Ингибиторларнинг химоялаш таъсирининг турлари ва усуллари хилма-хиллиги уларни таснифлашнинг мураккаблигига олиб келади [100].



4.6. Расм. Кучсиз кислотали мухитда Ф-1 (рН=5,3) ингибиторларнинг адсорбцион мувозанат константаси ва тула қопланиш даражаларига боғликли эгрилари КИ-1+K₂CrO₄ (1), КИ-2+K₂CrO₄ (2), КИ-3+K₂Cr₂O₇ (3), КИ-4+K₂CrO₄ (4); (КИ-5)+ K₂Cr₂O₇ (5); КИ-6+K₂Cr₂O₇ (6) (C_{инг.}=30 мг/л, T=25°С

Ассимметрик тузилишга эга органик бирикмалар симметрик тузилишга эга бирикмаларга караганда янада кучли самарадорликка эга ингибиторлар ҳисобланади. Шу билан бирга органик ингибиторларнинг химояловчи ҳоссалари ҳароратга боғлиқлиги аниқланди. Функционал гуруҳдаги электрон зичликлари реакция марказлари бўлиб, абсорбцион боғланишлар мустаҳкамлигига таъсир килади. Ҳарорат ортиши билан бирикманинг химоялаш ҳоссаси ортиб бориши натижасида икки компонентли ингибитор хемосорбцион механизмда таъсир килади ва мустаҳкам химояловчи қаватларни ҳосил килади, деб ҳулоса килиш мумкин.

Ингибиторларнинг таъсири, уларнинг физик-кимёвий хусусиятлари, коррозия тури ва металл сиртининг ўзгаришлари, хусусан, маҳсулотларнинг катлам тузилиши

билан боғлиқ. Замонавий техника ва ускуналар коррозия ингибиторларининг ҳимоялаш самарадорлигини баҳолаш мезонларини бирлаштириш учун синфлар ва индивидуал моддаларнинг хусусиятларини ва металл юзасида ҳосил бўлган қатламнинг қалинлигини ўрганишга имкон беради. Катод ва анод ингибиторлар тегишли электрод реакцияларини секинлаштиради, аралаш ингибиторлар ҳар иккала реакциянинг тезлигини ўзгартиради. Пассиваторлар одатда металл сиртини пассивлаштирадиган ва коррозия потенциалини силжитадиган моддалардир [101]. Одатда, пассивлаштирувчи ингибиторлар коррозия тезлигини анча камайтиради, натижада адсорбцион ингибиторларга нисбатан самарадорлиги ортади. Шунинг учун, баъзи металллар ва муҳит учун ингибиторларнинг бу тури энг яхши ҳисобланади.

Шундай қилиб, адсорбцион марказда мусбат зарядни оширувчи электрофил ўринбосарлар, манфий зарядланган сиртда молекулаларнинг адсорбциясини енгиллаштиришлари ҳамда коррозияни камайтириши аниқланди. Молекулалар хемосорбцияланишининг ҳисобига синергизм эффектини ковалент боғланиш билан тушунтириш мумкин. Юқоридагилардан шундай хулосага келиш мумкинки, органик бирикмаларнинг электрон структураси адсорбция жараёнларида ва коррозияни ингибирлашда муайян аҳамият касб этади.

4.4.8. Пўлат 45 намуналарини модел системаларда ингибиторлар самарадорлигини дастлабки моддалар билан гравиметрик усулларда солиштира натижалари
Тадқиқот объеклари сифатида диэтиламин, гексаметилендиамин, меламинам ва синтез қилинган

диметилломеламин, диметиллогексаметилендиамин ҳамда N,N^1 -диметилен тиомочевиналар олинган. Адабиётлар шарҳларидан маълумки, диэтиламин, гексаметелендиамин, меламин кучсиз ишқорий мухитларда ингибрлаш самарадорлиги бир мунча пастрок эканлиги аниқланган. Диэтиламин олинган маълумотларга қараганда нитробензоат, динитробензоат, натрий хромат, натрий метаванадат, натрий молибдатлар билан қўлланилган. Гексаметелендиамин эса калий йод билан қўлланилган, шу билан бирга мочевина, глицерин, фосфат кислота билан хосилалари олинган ва қўлланилган. Меламин хосилалари ишлаб чиқаришда жуда кенг қамровда қўлланилиб келинмоқда. Адабиётлар шарҳлари-дан олинган маълумотларни солиштирган ҳолда (диэтиламин, меламин, гексаметилендиамин) гравиметрик усулда кучсиз ишқорий мухитда текширилди ҳамда натижалари 4.10-жадвалда келтирилган. Бошланғич моддалар ингибиторлар сифатида қўлланилиб, 15 ва 30 кунлик текширув натижасида ҳарорат 25°C да кучсиз ишқорий мухитларда унчалик юқори бўлмаган ҳимоялаш даражасига эга. ҳамда бу натижалар кузатишганлиги адабиётлар маълумотлари билан мос келади.

4.10. Жадвал

Пўлат 45 намуналарида ингибиторлар самарадорлигининг $3\%\text{NaCl}+5\%\text{Na}_2\text{CO}_3$ (Ф-2), $\text{pH}=8,6$ мухитда ҳарорат 25°C да коррозиядан ҳимоялашда таъсир килиш давомийлиги

Ингибитор	$C_{\text{инг}}$, мг/л	360 соат		720 соат	
		K, г/(м ² сут)	Z, %	K, г/(м ² сут)	Z, %
Фон	30	33,56	-	56,77	-
Диэтиламин		10,65	68,44	19,61	67,88
ГМДА		10,67	70,72	17,69	70,64
Меламин		11,54	71,44	17,21	71,68

Асосий эътиборли жиҳати ва салбий хусусияти, ушбу ингибиторлар қўлланилганда металлларнинг сифати ёмонлашганлиги кузатилган.

Республикада олиб борилган [102] тадқиқотда муаллиф коррозия жараёнини ингибирлаш ва адсорбция жараёнларини электрохимёвий усулларда ўрганиш асосида олинган тажрибавий натижалар, кинетик параметрлар ва термодинамик функциялар қийматларини тасдиқлаш учун гравиметрик тадқиқотлардан фойдаланган. Ушбу жараёнларга ингибиторларнинг концентрацияси, температура, компонентлар нисбати таъсирлари ва жараёнларнинг кинетикасини ўрганиб, гравиметрик усулда ингибиторларни самарадорлигини янада мукамал очиб берган.

Барча ҳолларда ингибитор концентрацияси ортиши ва 100 мг/л га етиши билан максимал ҳимоялаш даражаси кузатилганлигини кўрсатган. Индивидуал ингибиторларда температура ортиши билан ҳимоялаш даражаси камаяди. Супрамолекуляр комплекслар учун ҳам шундай қонуниятлар кузатилди: концентрация ортиши билан ҳимоялаш даражаси ортади, температура ортиши билан ингибитор самараси камаяди. Композицион ингибиторларда эса, таъкидлаб ўтилганидек, эквимоляр нисбатда синергетик эффект кузатилган. Температура ортиши билан ингибиторнинг самарадорлиги деярли ўзгармайди. Бундай қонуният металл сиртида ингибитор физикавий адсорбцияланиш билан бир пайтда химёвий адсорбция ҳам кузатилишидан далолат беради.

Коррозия ингибиторлари ишлаб чиқариш ҳажмига қарамай қопламалар ёки турли хил углеводородлар (ёғ, сурков мойлари) асосидаги ҳимояловчи таркибли қопламаларга нисбатан орқада қолади. Улар таркибида ингибирловчи

моддалар миқдори юқори бўлмасада, химоялаш хоссаси юқори самара бериб, химояни тўлиқ таъминлаб беради. Фосфатловчи, хроматловчи, занг хосил қилувчи ва шу қаби бошқа кўпгина конверсион таркиблар - классик ингибиторларни қўллашга асосланган ёки ингибирловчи қўшимчалар сақлайди. Металлни пассивлаштириш учун ишлов бериш, қопламаларни тўлдириш, деярли ҳар доим коррозия ингибиторлари билан амалга оширилади. Энг фаол ингибиторлар юқори қувватларга эга бўлган ускуналарни кўчиришда, чекланган ҳажмдаги агрессив муҳитларда қўлланилади. Бунда ингибиторларни қўллаш мақсадга мувофиқ ва самарали ҳисобланади. Бу билан турли туман ускуналарга қўшимча коррозия ингибиторларини қўллаш ва унинг концентрациясини назоратга олиш билан тушунтирилади [103].

[104] ишда муаллифлар ишларида ноорганик коррозия ингибиторлари асосан айланма сув таъминоти системеларида қўллашган. Ноорганик коррозия ингибиторларининг қўлланилиши уларнинг таннархи пастлиги ва етарлича юқори химоя хусусияти билан тушунтирилади. Бу ингибиторлар айниқса сувли муҳитда пўлатни химоялаш хусусиятини юқори даражага олиб чиқиш учун қўлланилади. Коррозия ингибиторларининг оксидловчилик хоссаси унга юқори самарада химоялашга имкон беради, сабаби бунда металлни пассивлаштириши осонлашади. Ноорганик коррозия ингибиторларига фосфатлар, бихроматлар, молибдатлар, хроматлар, нитритлар, полифосфатлар, силикатлар киради.

4.11. Жадвал. Пулат 45 намуналарида ингибиторлар самарадорлигининг 3%NaCl+5%Na₂CO₃ (Ф-2), рН=8,6 муҳитда ҳарорат 25°С да коррозиядан ҳимоялашда таъсир қилиш давомийлиги

Ингибиторлар	15 кунлик натижа				30 кунлик натижа			
	К, г/(м ² сут)	П (коррозия чуқурлиги) мм/сут	γ	Z, %	К, г/(м ² сут)	П (коррозия чуқурлиги) мм/сут	γ	Z, %
Ф-1 (рН=8,6)	4,891	9,38 · 10 ⁻⁷	-	-	4,954	18,88 · 10 ⁻⁷	-	-
ГМДА формальдегид	1,104	2,00 · 10 ⁻⁷	10,28	90,56	0,2636	5,05 · 10 ⁻⁸	18,79	94,67
Диметилломеламин	1,220	2,33 · 10 ⁻⁷	4,01	75,08	0,7927	1,51 · 10 ⁻⁷	6,24	83,02
N,N ¹ -диметилен тиомочевина	0,131	2,30 · 10 ⁻⁸	13,28	92,37	0,355	7,12 · 10 ⁻⁸	14,36	92,68

Бу тур ингибиторлари туз йиғилишига қарши курашади, шунга қарамай айрим камчиликларга эга. Етарли миқдорда бўлмаган ёки орттириб юборилган дозаларида маҳаллий коррозияни келтириб чиқаради, улардан айримлари заҳарли, бактерияларга нисбатан таъсири ҳам аниқланган ва бу жараён фақатгина кислород иштирокида боради. Ингибиторларчи материалларга танлаб таъсир этиши туфайли, уларни қўллашда айрим қийинчиликларни келтириб чиқаради. Бу йўналишда замонавий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Комплексонлар иштирокидаги коррозия жараёнларини ўрганиш аҳамият касб этади [104].

Умуман олганда металл юзасига ингибитор молекуласининг адсорбцияси аралаш бўлади, яъни кимёвий-

физикавий сорбция натижасида юз беради. Физикавий адсорбция бир бирига қарама қарши зарядланган ингибитор молекуласи ва металл юзаси ўртасида электростатик таъсирлашиш натижасида юз беради. Кимёвий адсорбция гетероатомлар (масалан N, O) тақсимланмаган электрон жуфтлари, циклик макромолекуланинг π – электронлари ва кутбли функционал гуруҳлар билан темир ионининг бўш d – орбиталлари ўртасида донор-акцептор таъсирланиш натижасида юз беради. Гетероатомлар сув-кислота эритмасини протон билан бойитади чунки уларда тақсимланмаган электрон жуфтлари бор. Хлорид кислота эритмасида металл юзаси манфий зарядлангандир, чунки хлор ионлари металл юзасига адсорбцияланади [105]. Мусбат зарядланган ингибитор молекуласи металл юзасидаги манфий зарядланган юза (чунки хлор ионларининг адсорбцияси манфий зарядни таъминлайди) билан электростатик таъсирланади.

Ингибиторларнинг самарадорлиги таркибидаги функционал гуруҳлар ҳисобига пулат 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 хақида мулоҳаза юритишда, аввало, молекуланинг тузилишини билиш талаб этилади. Икки компонентли ингибиторларнинг самарадорлиги кутбланиш қаршилиги ва гравиметрик усулларда ҳам ўрганилди. Кутбланиш қаршилиги усули учун компонентлар оптимал нисбатларда, 100 мг/л концентрацияда кўлланилди ва самарадорлилик бир компонентли ингибиторларга нисбатан ортгани кузатилди. Икки компонентли ингибиторларнинг индивидуал ингибиторларга нисбатан химоялаш даражасининг

баланд бўлиши синергетик эффект мавжудлиги билан изоҳланган. Ушбу [106] ишда 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.

Истиқболли ингибиторлар таркибида ўз-ўзидан тартибланувчи сирт қаватларни ҳосил қилишга қодир бўлган бирикмаларни тутган композициялар ҳисобланади, лекин металл сиртнини олигомер ва полимер турдаги бундай кўп компонентли ингибиторлар билан модификациялаш кам ўрганилган соҳадир. Бундай ингибирлашда сирт юзасида комплекс ҳосил бўлиши асосий аҳамиятга эга бўлади, шунинг учун хелат ҳосил қилувчилар энг истиқболли реагентлар ҳисобланади. Улар ичида фосфон кислотасининг ҳосилалари асосий ўринни эгаллайди. Ушбу бирикмалар қатор ноёб хоссаларни намоён қилади, улардан бири маълум шароитларда полимер тузилишига эга бўлган кам эрувчан бирикмаларнинг ҳосил қилиш имкониятидир.

[107]-ишда муаллиф таркибида бир вақтнинг ўзида аминогуруҳни ва фосфон кислотасининг қолдиғини тутган ҳолда ушбу бирикмалар биологик фаол моддалар, комплексонлар ва аналитик реагентлар сифатида ҳам амалда кенг қўлланилиши имкониятларига эга эканлиги кўрсатиб

берган. Ўрганилган бирикмаларнинг молекулаларида функционал гуруҳлар кўп бўлганлиги ва электрон потенциал бутун молекула бўйича тақсимланганлиги туфайли, металл сиртини “қоплаш” етарли даражада зич бўлади, бунинг натижасида эса, ушбу бирикмаларнинг юқори антикоррозион фаоллиги намоён бўлади, деган хулоса қилиб ўтилган.

Ҳозирги вақтга қадар узун углеводород занжирли азот тутган органик ингибиторларнинг таъсирлашиш механизмини тўғри тавсифлайдиган умум эътироф этилган назариялар йўқ. Ингибиторларнинг катод ва анод ингибиторларига бўлиниши, ноорганик бирикмаларнинг сувли эритмалари учун қабул қилинган, органик бирикмалар учун тегишли эмас. Лекин азот тутган органик бирикма ҳосилалари ингибитор ионини металл сиртидаги катод қисмига маълум даражада йўналтиради. Катта эҳтимоллик билан шунни айтиш мумкинки, ўрганилаётган бирикмаларнинг адсорбцион хусусиятида органик кислота анионларининг улуши сезиларли даражада бўлади. Аммоний катионларидаги алифатик углеводород радикаллариининг Вандер-Ваалс дисперсион кучлари, шунингдек, органик кислота анионлари металл сирти билан адсорбцион таъсирлашувни таъминлайди. Амалиётда минерал кислота эритмаларидаги металл конструкцияларини химоялаш учун асосан органик бирикмаларнинг иккита гуруҳи қўлланилади. Биринчи гуруҳга аминлар ва тўртламчи аммоний тузлари киради, улар металл сиртига ўзгармаган ҳолда адсорбцияланади. Ингибиторларнинг иккинчи гуруҳини тўйинмаган органик бирикмалар ташкил этади. Ушбу гуруҳ бирикмаларида молекула таркибидаги қўшбоғининг реакцияга киришиш қобилияти жуда юқори. Ацетилен катори углеводородлар бирикшиш реакцияларига киришади, оsonлик

билан изомерланиб, полимерланади ва металлорганик бирикмалар ҳосил қилади ҳамда ҳимоялаш даражаси юқори бўлиши аниқланган [108].

Органик ингибиторларнинг ҳимоялаш таъсири, шунингдек, концентрация, ҳарорат, бирикмалар табиати, адсорбция даражасига боғлиқ. Ингибиторнинг самарадорлиги учун унинг молекуласининг ўлчами, йўналиши, шакли ва ундаги электр зарядининг тақсимланиши муҳим аҳамиятга эга. Потенциаллар силжиганда сирт потенциалига нисбатан яхши адсорбцияланадиган ингибитор қўлланилганда қутбланиш натижасида нисбаттан яхши ҳимояланиш кузатилади. Бирор модда ингибитор вазифасини бажариши учун у умумий ҳолатда металл сиртига бирика олиши мумкин бўлган бир ёки бир нечта қутбли гуруҳ сақлаши лозим. Одатда улар азот, олтингугурт ёки гидроксил радикали кўринишида кислород сақлаган органик моддалардир [109].

Кислотали коррозияни ингибирлаш тадқиқотларининг самарали йўналишларидан бири бу молекуляр моделлаштириш усулларининг қўлланилишидир. Молекуланинг электрон тузилишини ва молекула ориентациясини мақбул конфигурация, фазовий ва электрон эффектларни ҳисоблаш ингибиторларнинг таъсир механизмини яхши тушуниш учун жуда муҳимдир. Органик бирикмаларнинг тузилиши ва молекуланинг активлиги орасидаги боғланишни миқдорий анализ самарадорлиги янада юқори бўлган ингибиторлар яратишни енгиллаштиради. [110] адабиётда шарҳланиши бўйича таркибида қўшбоғ тутган $C=C$, $C=O$ (кетон гуруҳ) тутган органик ингибиторлар, шунингдек, азот тутган гетероциклик бирикмалар самарадорли ингибиторлар сифатида тавсия этилган, қолганлари эса янги авлод ингибиторларини яратишда асос ҳисобланади.

Монографиянинг биринчи боби тўртта бўлимдан иборат, адабиётлар шарҳига асосланган. Унда коррозия жараёнларининг замонавий назарияси ва ҳимоялаш усуллари тавсифлаб берилган. Шу билан бирга ҳар бир бўлимни ўз номи билан адабиётларда муҳокама қилинган. Таркибида органик ва хром тутган бирикмаларнинг қўлланилиши ҳамда уларнинг самарадорли хусусиятлари адабиётлар ва патентлардан ўрганиб чиқилган. Адабиётлар шарҳи ишнинг мақсади, масаласи ва объектларини танланганлик даражасини тўлиқ асослаб беради. Монография билан танишган тадқиқотчи қутбланиш қаршилиги, гравиметрик, квант-кимёвий, ИҚ-спектроскопик ва шунингдек рентгенструктур анализ каби усулларидадан фойдаланилганлигини кўриши мумкин. Олинган натижаларнинг назарий аҳамияти шундан иборатки, синтез қилинган органик аминлар икки компонентли системаларда қўлланилган. Ингибиторларнинг ҳимоялаш механизминини аниқланиши уларнинг турли тузилиш структуралари, физик-кимёвий хусусиятларига боғлиқлиги билан асосланади. Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шунини кўрсатадики, органик аминлар ва хром асосидаги тузлар нафақат тоза пўлат сиртида, балки коррозияланган ҳолатда ҳам жараённи секинлаштириб беради, бу эса металлларнинг мўртлигини олдини олади.

Муаллифлар Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети Кимё факультети физикавий кимё кафедраси мудири профессор Акбаров Х.И., к.ф.д. Эшмаматова Н.Б. ва ёш олимлар жамоаси илмий иш олиб бораётган тадқиқотчиларга монография билан танишиб, ундан фойдаланишларида ҳамда бажараётган ишларида омадлар тилаб қоладилар.

ХУЛОСАЛАР

1. Органик аминлар ва хром бирикмалари асосида самарадорли икки компонентли коррозия ингибиторлари аниқланди. Олиб борилган электрохимёвий, гравиметрик тадқиқотлар асосида коррозия тезлиги, тормозлаш коэффициенти, химоялаш даражаси каби параметрлар ҳамда органик бирикмаларни иккинчи компонент билан қўллаганда оптимал ҳарорат ва концентрация аниқланган.

2. Ишлаб чиқилган ингибиторларнинг энг муносиб химоялаш механизми, темир ионлари билан кам эрийдиган бирикмалар ҳосил қилиши ва қатлам ҳосил бўлиши ҳисобига адсорбцион мувозанат константаси ва тўла қопланиш даражаси ҳисобланди. Кислотали муҳитда иккиламчи ингибирланиш содир бўлиб, эритмада кетиши мумкин бўлган реакция механизмлари таклиф қилинган.

3. Икки компонентли ингибиторлар металл сиртига аралаш типдаги ингибиторлар сифатида таъсир қилади. Бундан ташқари, металл, эритмада турли ионлар билан ингибиторни таъсир қилиши ҳамда қийин эрувчан маҳсулотларни ҳосил бўлиши ва химояловчи қатламлар ҳисобига улар коррозия жараёнини тормозлаши ва камайтириши аниқланган.

4. Кучсиз кислотали муҳитда органик ингибиторлар қўшилиши билан 25°C ҳароратда кутбланиш қаршиликлари $R=42-342 \text{ Ом/см}^2$ ўзгариб борган. Бу эса киритилган ингибиторларнинг самарадорлиги ҳақида маълумот олишга ёрдам бериб, химояланиш даражаси ортиб бориши аниқланган.

5. Ўтказилган тадқиқотлар натижасида янада самарали бирикмалар аниқланиб, $\text{KI-4}+\text{K}_2\text{CrO}_4$ ва $\text{KI-6}+\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ каби ингибиторларни киритилиши натижасида фон эритмасида

коррозион фаолликни пасайтириши ва пўлатни коррозия натижасида емирилишдан 94,7–96,8% ҳимоялагани кузатилган.

6. Синергетик эффект айрим органик бирикмаларни маҳсулотларининг ҳосил бўлиши ёки парчаланишини боғлаб тушунтиради, бу эса, уларнинг бири органик катион ва бошқаси анион эканлигини кўрсатади. Ушбу эффектнинг афзаллик томони, молекулада битта ёки иккита функционал гуруҳлар гетероатоми билан боғлиқлиги ҳамда зарядлари белгиси, ўлчами билан фарқ қилади. Бундай ҳолатда битта гуруҳ катион, бошқаси анион сифатида қаралиши мумкин. Синергетик эффект ингибиторлар сифатида киритилган куйидаги функционал гуруҳларда $-\text{NH}_2$ ва $-\text{OH}$; $-\text{NH}_2$ ва CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$; $-\text{NH}_2$ ва $-\text{COOH}$ эканлиги аниқланган.

ФҲЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РҲЙҲАТИ

1. Кузнецов Ю.И., Фролова Л.В., Томина Е.В. Об ингибировании сероводородной коррозии стали четвертичными аммонийными солями // Защита металлов. 2006. // Вестник КГТУ, Т. 42. № 3. – С. 233-238.
2. Шеин А.Б., Денисова А.В. Выбор эффективных ингибиторов коррозии для процессов кислотных обработок скважин // Защита металлов. 2006. – Т.42, №1. – С.39-42.
3. Магеррамов А.М., Байрамов М.Р., Хосеинзаде Ш.Б., Агаева М.А., Мехтиева Г.М., Алиева С.Г. Синтез ингибиторов сероводородной коррозии для нефтедобычи // Нефтехимия, 2013, том 53, № 6. – С. 473–475.
4. Доманский А.В., Борисова О.В. Разработка методов снижения скорости коррозии углеродистой стали в воде // IV научно-тех. конф. Молодых ученых «Неделя науки-2014» 31 марта – 1 апреля 2014 г. Санкт-Петербург 2014. -189 с.
5. Исламутдинова А.А., Евдокимова А.С., Гайдукова И.В., Калимуллин Л.И. «Защитные свойства ингибиторов коррозии на основе азотсодержащих и бор, азотсодержащих соединений» Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2010. № 8. – С. 33-35.
6. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е. Ингибирование сероводородной и углекислотной коррозии металлов. Универсализм ингибиторов. М.: Изд-во КАРТЭК, 2011. -244 с.
7. Гликиштерн М.В. Летучие ингибиторы коррозии // 2017. Новосибирск. «ООО Упаковвис» – С. 17-20.
8. Плотнокова М.Д., Шеин А.Б. Ингибирование коррозии малоуглеродистой стали в кислых и нейтральных средах // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2013. Т. 56. № 3. – С. 35-40.
9. Шангареев И.Р. Оценка скорости коррозии образцов-свидетелей

- в скважинных условиях // Нефтяное хозяйство. 2013. №8. – С. 108-110.
10. Kashkovskij P.B., Vagarov P.K., Kuznecov Ju.I. On distinctive features of volatile inhibition of hydrosulfuric corrosion of steel by amines // Collected reports of the VII scientific-practical conference of young specialists and scientists of «Gazprom VNIIGAZ» Ukhta, 2010. -24 p.
11. Баранов А.Н. Защита металлов от коррозии. Михайлов // учеб. Пособие. 3-е изд. Изд-во ИрГТУ. Иркутск, 2012. -152 с.
12. Ибрагимов Н.Г., Хафизов А.Р., Шайдаков В.В. Осложнения в нефтедобыче. ООО Изд-во научно-технической литературы «Монография». Уфа, 2003. -302 с.
13. Исламутдинова А.А. Гайдукова И.В. Получение и защитные свойства ингибиторов коррозии на основе бор-, азотсодержащих соединений. В мире научных открытий. М., 2010. № 4-6. – С. 23-24.
14. Кузнецов Ю.И. Фосфонатные ингибиторы коррозии: механизм действия и перспективы их усовершенствования // Коррозия: материалы, защита. М., 2005. № 7. – С. 15-20.
15. Левина А.М. Синтез и антикоррозионные свойства некоторых аминометиленфосфоновых кислот // Новые химические технологии: производство и применение. Пенза, 2009. – С.35-37.
16. Черкасов Р.А., Галкин В.И., Галкина И.В.Гарифзянов А.Р.Собанов А. А. // Аминофосфонаты: механизмы образования реакционная способность и аналитические свойства. Бултеровские сообщения. М., 2005. Т.6. №1. – С. 30-38.
17. Пономаренко В.Н., Зимина В.М., Федоров Ю.В., Постков В.Н., Климова Е.И. // Защита металлов, 2006, т. 25, №1, -141 с.
18. Дорохова Е.А., Креис И.В., Буркитбаева Б.Д. Адсорбция полифосфатов на стальном электроде // Вестник КазНУ. 2002. Сер. химич. -№5. – С. 109-113.

19. Terek R.F., Schlenoff B.J. *Electrochem. Solid-State Lett.* 2002. № 5. -13 p.
20. Игошин Р.В. Ингибирование коррозии стали в пластовой воде композициями на основе фосфоновых кислот // «Физика-химия» Москва, 2009. Конф. конкурс молодых учёных. 1-4 декабря. -110 с.
21. Синютина С.Е., Сафонова О.В., Исследование связи защитной эффективности ароматических аминов как ингибиторов сероводородно-углекислотной коррозии и наводороживания стали Ст.3 квантово-химическими параметрами их молекул // «Проблемы и защита металлов» Сб. науч. работ. Тамбов, 2007. №1. – С.69-82.
22. Осетров А.Ю., Четырина С.А., Щель Н.В. Применение ингибированных масляных композиций в целях защиты от коррозии металлических изделий в атмосфере, содержащей SO_2 // Вестник Удмур. универ. 2009. №4 (15). – С. 843-854.
23. Корс Л.Г. Синергическое ингибирование коррозии стали в фосфорной кислоте // Инновации в науке и образовании - 2008: VI Межд. науч. конф. Ч.1: труды // КГТУ. Калининград, 2008. – С. 234 -236.
24. Чиркунов А.А. «Ингибирование коррозии стали в нейтральных водных средах водорастворимыми полимерами и композициями на их основе» // Автореф. дис. канд. хим. наук. Москва, 2007. -27 с.
25. Холиков А.Ж. «Ингибиторы коррозии стали на основе фосфорсодержащих соединений и полиэлектролитов» // Автореф. дис. кан. хим. наук. Ташкент, 2009. -24 с.
26. Синютина С.Е., Сафонова О.В., Исследование связи защитной эффективности ароматических аминов как ингибиторов сероводородно-углекислотной коррозии и наводороживания стали Ст.3 квантово-химическими параметрами их молекул // «Проблемы и защита металлов» Сб. науч. Работ. Тамбов, 2007.-№1. – С.69-82.

27. Wang W., Peter E.J., Zhiyong R., Electrochemical corrosion of carbon steel exposed to biodiesel simulated seawater mixture // *Corros. Sci. UK*, 2012. Vol. 215. – P. 57-61.
28. Гайдар С.М. Новый полифункциональный ингибитор атмосферной коррозии металлов // *Международный научный журнал*. М., 2009. – №5. – С. 60–64.
29. Гайдар С.М., Лазарев В.А. Состав для защиты металлов от коррозии и солеотложений // патент. Рос. Федерация. №2355821; заявл. 11.04.2008; опубл. 20.05.2009.
30. Кузнецов Ю.И., Раскольников А.Ф. Влияние сульфита натрия на защитные свойства цинк - фосфонатного ингибитора // *Защита металлов*. М., 2003. №1 (29). – С. 73-79.
31. Кузнецов Ю.И., Чиркунов А.А., Стороженко Т.Ю. Ингибирование коррозии низкоуглеродистой стали сульфированными олигомерами // *Коррозия: материалы, защита*. М., 2005. - № 4. – С. 30-34.
32. Вигдорович В.И., Таныгина Е.Д., Соловьева Н.Е., Таныгин А.Ю. Защитная эффективность и адсорбция амидов высших карбоновых кислот на стали Ст.3 из композиций на основе неполярных растворителей // *Химия и химическая технология*. – Иваново, 2004. № 3 (47). – С. 125-131.
33. Феденко А. Н. Применение полифосфата натрия в химводоподготовке: особенности, практика и экономическая эффективность // *«Новости теплоснабжения»*, №11, 2002. – С. 29–30.
34. Сикачина А.А. Квантово-химическое моделирование реакции различных форм 2-аминопропановой кислоты с атомами железа. // *Вестник Кузбасского гос. тех. универ.* 2015. №6. – С.102-106.
35. Цуканова Т.В., Молгачева И.В. Ингибиторы для коррекционной обработки воды систем теплоснабжения от лабораторных

испытаний до промышленного внедрения//Новости теплоснабжения. № 2(174). 2015. - 48 с.

36. Миловзоров Г.В., Маклецов В.Г., Трефилова Т.В. Об использовании ингибиторов-бактерицидов в условиях сероводородной коррозии стали // Вестник Удмуртского университета. 2012. Вып. 3. – С. 44-47.

37. Верхотуров А.Д. Формирование поверхностного слоя металлов при электроискровом легировании. Владивосток, 2005. -54 с.

38. Бурумкулов Ф.Х., Лезин П.П., Сенин П.В., Иванов В.И. и др. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (Теория и практика) // МГУ им. Н.П. Огарева. М., 2003. - 504 с.

39. Kuznecov Yu.I. Progress v nauke ob ingibitorah korrozii // Korroziya: metally, zaschita. M., 2015. № 3. – P. 12-14.

40. Голованов А.В., Родионова И.Г., Павлов А.А. и др. Патент 2255994 (RU) Способ получения биметаллического слитка // Оpubл. 10.07.2005 Бюл. №19.

41. Родионова И.Г., Павлов А.А., Зайцев А.И. и др. Коррозионностойкие биметаллы с прочным сцеплением слоев для нефтехимической промышленности и других отраслей // ЗАО Metallurgizdat. M., 2011. - 292 с.

42. Павлов А.А. Оценка эффективности применения новых высокопрочных сталей в качестве основного слоя биметаллов, получаемых по технологии электрошлаковой наплавки // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2017. №3. – С.95-102.

43. Зайцев А.И., Бакланова О.Н., Колдаев А.В., и др. Формирование микроструктуры и свойств высокопрочных низкоуглеродистых сталей, микролегированных титаном и молибденом // Metallurg. M., 2016. № 5. –С. 33-39.

44. Зайцев А.И., Крапошин В.С., Родионова И.Г. и др. Комплексные неметаллические включения и свойства стали // *Металлург. М.*, 2015. - 79 с.
45. Тюрин, А.Г. Термодинамика химической и электрохимической устойчивости твердых сплавов железа, хрома и никеля // *Челябинск: Изд-во ЧелГУ.* 2011. -241 с.
46. Трахтенберг И.М., Колесников В.С., Луковенко В.П. Тяжелые металлы во внешней среде: Современные гигиенические и токсикологические аспекты. Наука і техника. Минск, 2004. -285 с.
47. Левашова, В.И. Обзор ингибиторов коррозии на основе борорганических соединений // *Современные проблемы науки и образования.* М., 2014. – № 6. – С. 17-21.
48. Дрикер Б.Н., Сикорский И.П., Цирульникова Н.В. Предотвращение коррозии конструкционных сталей цинковыми комплексонами органических фосфонатов // *Практика противокоррозионной защиты.* М., 2007. №1(43). – С.39-43.
49. Thevissen P., Denac N. Патент 90870057, Method for controlling deposits and corrosion in water treatment applications. Оpubл. 16.10.2005.
50. Иоффе, А.В. Влияние химического состава и структуры на стойкость нефтепроводных труб к углекислой коррозии // *Металловедение и термическая обработка металлов.* М., 2010. № 2. – С. 9–14.
51. Родионова И.Г., Бакланова О.Н., Удод К.А., Шапошников Н.Г., Мельниченко А.С. Особенности формирования структуры и свойств хромистых коррозионнстойких сталей, легированных азотом // *Металлург. М.*, 2015. №10. – С. 34-39.
52. Харитонов, Д.С. Антиккоррозионная защита сплава АМЦ в щелочных средах ортованадатом натрия // *Promising Materials and Processes in Technical Electrochemistry: monograph / под ред. В.З. Барсукова.* Киев, 2016. – С. 137–141.

53. Килимник А. Б., Гладышева И.В. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии // Учебное пособие. Тамбов, 2008. – 80 с.
54. Холиқов А.Ж. Кўп компонентли металллар коррозияси ингибиторлари ва антикоррозион қопламаларнинг физик-кимёвий хоссалари // Докторлик диссертацияси автореферати. Тошкент, 2016. – С.15-16.
55. Эшмаматова Н.Б. Синтез и физико-химические свойства олигомерных ингибиторов коррозии на основе N, P, S содержащих соединений // Автореферат докторской диссертации. Т.: 2016. – С. 30-54.
56. Рахманкулов Д. Л. Ингибиторы коррозии. Основы теории и практики применения. Уфа. 2000. – С. 112-168.
57. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. Физматлит. М., 2010. – 416 с.
58. Маклецов В.Г., Щуклина О.В. Моделирование кислотной коррозии механоактивированных нанокристаллических порошков на основе железа // Вестн. Удм. ун-та. Химия. 2008. № 8. – С. 35-42.
59. Кашковский Р.В., Кузнецов Ю.И. Об оценке вкладов пленки продуктов коррозии и ингибитора в общий защитный эффект // Коррозия: материалы, защита. М., 2013. №3. – С. 20-26.
60. Вяхирев Р.И., Шуршакова Г.С., Евсеева А.Б. Российская газовая энциклопедия. Большая российская энциклопедия. М., 2004. – 527 с.
61. Межиковский С.М., Аринштейн А.Э., Дебердеев Р.Я. Олигомерное состояние вещества. Наука. М., 2005. – 252 с.
62. Балыбин Д.В., Кузина О.Ю., Цыганкова Л.Е., Вигдорович В.И. Влияние м-нитрофенилбигуанидина на кинетику реакции выделения водорода на железе и его диффузию через стальную мембрану в кислых и хлоридных средах // Вестник ТГУ. 2013. Т. 18. №1. – С. 375-380.

63. Быстрова О.Н. Математическое описание механизма коррозии железа в растворах с H_2S // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. №9. – С. 237-242.
64. Остапенко Г.И., Глухов П.А., Бунев А.С. и др. Исследование продукта конденсации и аминирования циклогексанона как поверхностно-активного вещества на границе воздух солянокислый раствор // Вектор науки ТГУ. 2013. №1. – С. 64-67.
65. Щербань М.Г., Плотникова М.Д., Медведева Н.А., Котелев М.С. Исследование поверхностно-активных и функциональных свойств неионогенных ПАВ // Вестник Пермского университета. 2011. №3. – С. 66-76.
66. Куляко Ю.М., Молочникова Н.П., Ткачев А.Г. Способ получения сорбционных материалов на основе углеродных нанотрубок // Патент России №2462297. 2012. Бюллетень. №27.
67. Никифорова Т.Е. Физико-химические основы хемосорбции ионов d металлов модифицированными целлюлозосодержащими материалами: дисс. доктор. хим. наук: 02.00.06. Иваново, 2014. -365 с.
68. Заббаров Р.Р. Разрушение высокоустойчивых эмульсий комбинированным методом // Вестник Казанского Государственного Технологического Университета. 2012. -№11. – С. 199-200.
69. Подобаев А.Н. /Обоснование участия адсорбированной воды в растворении металлов группы железа // Сборник тезисов Всероссийской конференции по физической химии и нанотехнологиям «НИФХИ-90» (с международным участием), посвященной 90-летию Карповского института. Москва, 2008. 10-14 ноября. – С. 164-165.
70. Эшмаматова Н.Б. Синтез и физико-химические свойства органических и олигомерных ингибиторов// Монография. Т.: Издательство «Навруз», 2021. -191 с.

71. Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С. Защита углеродистой стали от коррозии ингибиторами полимерного типа // Энциклопедия инженера-химика. М, 2008. -№5. – С. 32-36.
72. Маклецов В.Г. Исследование ингибирующего действия ПАВ при кислотной коррозии алюминия // Вестник Удмуртского университета. Физика и химия. 2010. №2. – С. 3-10.
73. Akbarov H.I., Eshmatova N.B. Elektrokimyoviy tadqiqot usullari. O'zMU bosmaxonasi. Toshkent, 2019. -83 b.
74. Цыганкова Л.Е., Румянцев Ф.А. Ингибирование коррозии меди оксигенированными аминами // «Проблемы коррозии и защиты металлов» Сб. науч. работ. Тамбов, 2007. – С. 200-208.
75. Jianhong Tan, Lei Guo, Dan Wu, Shanfei Wang, Rongrong Yu, Fan Zhang, Savaş Kaya. Electrochemical and Computational Studies on the Corrosion Inhibition of Mild Steel by 1-Hexadecyl-3-methylimidazolium Bromide in HCl Medium, Int. J. Electrochem. Sci., 15 (2020). – P. 1893-1903.
76. Романова Т. А., Краснова П.О., Качина С. В., Аврамова П.В., Теория и практика компьютерного моделирования нанообъектов. Метод. пособ. «Красн. гос. универ». Краснодар, 2012. -247 с.
77. Sheldrick G.M. Short History of SHELX. Acta Crystallographica. 2018. – С. 64-112.
78. Boumhara K. Use of artemisia mesatlantica essential oil as green corrosion inhibitor for mild steel in 1 m hydrochloric acid solution // Int. J. Electrochem. Sci. 2014. Vol. 25, № 7. – P. 1254-1258.
79. Эшматова Н.Б., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И. Синтез новых олигомеров со свойствами ингибиторов коррозии металлов // Химия и химическая технология. Научн. техн. журн. Ташкент, 2012. – С. 39-41.
80. Эшматова Н.Б., Асилбекова Ж.А., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С. Ингибиторы коррозии металлов в присутствии

- азот-, фосфорсодержащих олигомерных соединений // Вестник НУУз. Ташкент, 2012. – С. 179-183.
81. Эшмаматова Н.Б. Ингибиторы коррозии металлов на основе гексаметилендиамина // Узбекский химический журнал. Ташкент, 2013. – С. 31-33.
82. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Ингибиторы на основе азот - и фосфорсодержащих олигомерных соединений для защиты нефтегазового оборудования // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. Ташкент, 2013. – С. 45-48.
83. Эшмаматова Н.Б. Ингибирование коррозии металлов на основе органических соединений // Композиционные материалы. Ташкент, 2013. – С. 31-33.
84. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Ингибиторы коррозии металлов на основе монофосфат гексаметилендиамина // Композиционные материалы. Ташкент, 2013. – С. 41-43.
85. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Исследование эффективности олигомерных ингибиторов коррозии металлов на основе различных азотсодержащих органических соединений и фосфорной кислоты // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. Ташкент, 2014. – С. 47-51.
86. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Ниязметов А.Р., Батыршина Н.Д., Михлибаева Д.Ж. Исследование антикоррозионных ингибиторов электрохимическими и квантовохимическими методами // Композиционные материалы. Ташкент, 2014. – С. 33-37.
87. Ishtiaque A., Rajendra P., Quraishi M. Thermodynamic, electrochemical and quantum chemical investigation of some Schiff bases as corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid solutions // Corrosion Science. 2010. V. 52. №3. – P. 933-942.
88. Eshmamatova N.B.¹, Abdiraimova K.M.² Quantitative assessment of efficiency of inhibitors, nitrogen containing on the results of

- electrochemical and gravimetric research // Central asian journal of medical and natural sciences. Volume. 0.1., Issue 0.2. No 2 (2020): CAJMNS. –P. 13-30.
89. Rajabov Yu., Eshmamatova N., Akbarov Kh. Defense mechanisms and gravimetric estimation of the effectiveness of inhibitors on the base amino compounds. *Universum: химия и биология*. Выпуск: 12 (78). Декабрь. М., 2020. Часть 2. –P. 20-25.
90. Гафуров Р.Р., Половняк В.К., Чумак И.Ю., Шмакова О.П., Формирование адсорбционных пленок ингибиторов сероводородной коррозии на основе солей оксиалкилированных аминов // *Защита металлов*. М., 2003. Т. 39. №3. – С. 324-327.
91. Миловзоров Г.В., Маклецов В.Г., Трефилова Т.В. Об использовании ингибиторов-бактерицидов в условиях сероводородной коррозии стали // *Вестник Удмуртского университета*. 2012. Вып. 3. – С. 44-47.
92. ¹Akbarov Kh.I., ¹Eshmamatova N.B., ²Fayzullaev N.I., ¹Kalyadin V.G., ¹Azimov L.A. Synthesis and Physico-Chemical Properties of Oligomeric Inhibitors of Corrosion on the Base of Nitrogen, Phosphorous-Containing Compounds // *International Journal of Advanced Science and Technology* Vol. 29, No.5, (2020), – P. 6489-6506.
93. Балыбин Д.В., Кузина О.Ю., Цыганкова Л.Е., Вигдорович В.И. Влияние М-нитрофенилбигуанидина на кинетику реакции выделения водорода на железе и его диффузию через стальную мембрану в кислых и хлоридных средах // *Вестник ТГУ*. 2013. Т. 18. №1. – С. 375-380.
94. Eshmamatova N.B., Akbarov Kh.I. Quantitive value of effectivity of nitrogen and phosphor-containing ingibitors by the results electrochemical and gravimetical investigations // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*. Austria, 2016. №3-4. – P. 132-135.

95. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Квантово-химические характеристики органических противокоррозионных ингибиторов Химическая управления. // Контроль и управление. 2017. №5. 77. Межд. научно-техн. журн. – С. 21-24.
96. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Нурмонова И.М., Ражабов Ю.Н. Реакционная способность ингибиторов разработанных на основе азот, фосфорсодержащих соединений // Кимё саноатида инновацион технологиялар ва уларни ривожлантириш истиқболлари. Респ. илмий-амал. анж. Урганч. 2017. – С. 167-168.
97. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Абдираимова К.М., Нурманова И.М., Умуллаева Ў.Б. Физико-химические характеристики олигомерных противокоррозионных ингибиторов // Комп. материалы. Ташкент 2017. №2. – С. 25-29.
98. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Ражабов Ю.Н. Защитная эффективность ингибиторов олигомерного типа на основе органических соединений // Комп. материалы. Ташкент 2018. №2. – С. 32-35.
99. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Зияева М.Р., Ражабов Ю.Н., Худойкулова Р.З., Бахромова И.А. Антикоррозионные ингибиторы на основе амносодержащих органических соединений, предназначенных для нефтегазовой промышленности // Матер. Межд. Конф. «Современные инновации: химия и химическая технология ацетиленовых соединений» 2018. – С. 96-97.
100. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Ражабов Ю.Н., Худойкулова Р.З., Сунатов Ш.Ш., Бахромова И.А., Ахмедова Н.К. Защитная эффективность ингибиторов органического типа на основе мочевины // Комп. материалы. Ташкент, 2019. №1. – С. 29-34.
101. Бахромова И.А., Худойкулова Р.З., Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Таркибида фосфор тутган икки компонентли ингибиторларнинг самарадорлиги // Матер. научно-практ. Ташкент. 2020. -390 с.

102. Азимов Л.А. Физико-химические основы ингибирования коррозии стали в процессе очистки газов аминами // Автореферат диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам. Ташкент, 2021. -46 с.
103. Ходырев А.И., Мокшаев А.Н., Маняченко А.В., Ягодкин В.А., Ребров И.Ю. Анализ технологий ингибиторной защиты газопроводов сероводород содержаще-го газа // Территория нефтегаз. М., 2010. №5. – С. 32-37.
104. Стацюк В.Н., Фогель Л.А., Айт С., Иманбаева А.Б. Электродные реакции на латунном и медном электродах в растворах ингибиторов коррозии на основе фосфоновых кислот // Вестник ТГУ. 2013. Т. 18. №5. – С. 325-329.
105. Berdimurodov E., Kholikov A., Akbarov Kh., Guo L. Inhibition properties of 4,5-dihydroxy-4,5-di-p-tolylimidazolidine-2-thione for use on carbon steel in an aggressive alkaline medium with chloride ions: Thermodynamic, electrochemical, surface and theoretical analyses, Journal of Molecular Liquids 327 (2021). –P.114-813. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020>.
106. Ражабов Ю.Н. Механизм ингибирования систем на основе олигомерных аминосоединений и вторичного сырья // Автореферат диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам. Ташкент, 2022. - 48 с.
107. Рашидова К.Х. Ингибирующие свойства алифатических и гетероциклических производных аминокетилфосфоновой кислоты // Автореферат диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам. - 44 с.
108. Борисов Д.Н. Четвертичные аммониевые соединения на основе нефтехимического сырья: α -олефинов и оксиэтилированных понилфенолов: дисс. канд. техн. наук. Казань, 2008. -195 с.
109. Ishtiaque A., Rajendra P., Quraishi M. Thermodynamic, electrochemical and quantum chemical investigation of some Schiff

- bases as corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid solutions // *Corrosion Science*. 2010. V. 52. №3. – P. 933-942.
110. Grigoriyev V.P., Shpan'ko S.P., Plekhanova E.V., Boginskaya V.V., Burlov A.S. In *European Corrosion Congress*. Vol 2. M., 2010. – P. 1288.
111. Абдираимова К.М., Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Влияние аминокислотных ингибиторов на коррозию стали в кислой среде // *Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского и молодых ученых состава*. Ташкент, 2020. – С. 286-287.
112. Berdimurodov E., Akbarov Kh., Kholikov A. Electrochemical Frequency Modulation and Reactivation Investigation of Thioglycolurils in Strong Acid Medium // 2019. Trans Tech. Publications Ltd. Switzerland. ISSN: 1662-8985. Vol. 1154. –P. 122-128.
113. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Гуро В.П., Сунатов Ш.Ш. Исследование эффективности ингибиторов на основе тиомочевинны и мочевины в кислой среде // *Узбекский химический журнал*. Ташкент, 2020. №1. – С. 32-37.
114. Сунатов Ш.Ш., Худойбердиева У.А., Акбаров Х.И., Абдираимова К.М., Эшмаматова Н.Б. Исследование эффективности коррозии стали двухкомпонентных ингибиторов на основе органических аминов и хромсодержащих соединений // *Кимёнинг долзарб муаммолари*. Рес. илм-амал. анж. Тошкент, 2021. –С. 61-62.
115. Akbarov Kh., Rashidova K., Samarov Z., Azimov L. and Rajabov Y. Quantitative Evaluation of the Efficiency of Two Component Inhibitors based on Polyelectrolytes // *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, Vol. 24, Issue 04, 2020 ISSN: – P. 6951-6956.
116. Ражабов Ю.Н., Акбаров Х.И., Гуро В.П., Фузайлова Ф.Н. Ингибиторы кислотной коррозии углеродистой стали на основе

меламин // Узбекский химический журнал. Ташкент, 2020. №2.
– С. 36-40.

117. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Сунатов Ш.Ш., Худойбердиева У.А., Абдираимова К.М. Исследование эффективности коррозии стали двухкомпонентными ингибиторами на основе органических соединений // Комп. материалы. Ташкент, 2021. №3. – С. 133-139.

118. Н.Б. Эшмаматова, К.М. Абдираимова, Ш.Ш. Сунатов, К.Н. Назарзода исследование эффективности коррозии стали двухкомпонентными ингибиторами на основе органических аминов и хромсодержающих соединений // Узбекский химический журнал. Ташкент, 2021. №2. – С. 44-52.

119. Berdimurodov E., Wang J., Kholikov A., Akbarov Kh., Burikhonov B., Umirov N. Investigation of a New Corrosion Inhibitor Cucurbiturils for Mild Steel in 10% Acidic Medium, Advanced Engineering Forum, Trans Tech Publications, vol. 18. 2016. -21 p.

120. Berdimurodov E., Akbarov Kh., Kholikov A. Electrochemical Frequency Modulation and Reactivation Investigation of Thioglycolurils in Strong Acid Medium // Advanced Materials Research, vol. 1154. 2019. – p. 122-128.

ҚИСҚАРТМА СЎЗЛАР

WCO	World Corrosion Organization (Жаҳон коррозия ташкилоти)
ДЭТА	Диэтилтолуоламид
ПГМГХ	Полигексаметиленгуанидин–хлорид
ПБ-5	Уротропин ва анилиннинг конденсация маҳсулоти
Катапин А	n-алкилбензил пиридиний хлорид
ОЕДК	Оксиэтилен дифосфоник кислота
ГМТА	Гексаметилентетрамин
КИ (1,2,3)	Коррозия ингибитори
Ф-1; Ф-2	Фон эритма
ГМДА	Гексаметилендиамин
ОЭДФ	Оксиэтилидендифосфонат
ГМФ	Гексаметафосфат
ДГАС	Дигидроксиазосоединения
АМУ	Аминометилурацил
ДФКМИХХ	Декафеноксид карбонилметилизохинолинний хлорид
ММ	Метилметакрилат

МУНДАРИЖА

КИРИШ	3
I-БОБ. ИНГИБИТОРЛАР ЁРДАМИДА МЕТАЛЛАР КОРРОЗИЯСИНИ КАМАЙТИРИШНИНГ АСОСИЙ ЎЎЛЛАРИ	8
1.1. §. Таркибида азот тутган ингибиторлар	10
1.2. §. Кўп компонентли ингибиторлар	22
1.3. §. Таркибида хром тутган ингибиторларнинг ҳимоялаш хусусиятлари	33
1.4. §. Адсорбцион механизмда наноқатламлар ҳосил қилувчи коррозия ингибиторлари	43
II-БОБ. САМАРАДОРЛИ ИНГИБИТОРЛАРНИ СИНТЕЗИ, ТАДҚИҚОТ УСУЛЛАРИ ҲАМДА ТУРЛИ ОМИЛЛАРНИНГ ТАЪСИРИ	54
2.1. §. Органик ва олигомер ингибиторлар синтези.....	55
2.2. §. Коррозия жараёнини ўрганишда қутбланиш қаршилиги усули самарадорлиги	59
2.3. §. Гравиметрик усул	62
III-БОБ. ОРГАНИК АМИНЛАР ВА ХРОМ БИРИКМАЛАРИ АСОСИДАГИ ИНГИБИТОРЛАРНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ	65
3.1. §. Органик бирикмаларнинг молекуляр-динамик ва	66
квант-кимёвий тавсифлари	66
3.2. §. Рентген структуравий анализ усули	71
3.3. §. Биринчи компонент сифатида қўлланилган органик аминлар асосидаги ингибиторларнинг ИҚ спектрлари ва уларнинг таҳлиллари	75
IV-БОБ. ҚУТБЛАНИШ ҚАРШИЛИГИ УСУЛИ ЁРДАМИДА ОЛИНГАН НАТИЖАЛАР	80
4.1. §. Қутбланиш қаршилиги усули ва муҳит таъсири.....	80
4.2. §. Гравиметрик текширувлар асосида олинган натижалар.....	87
4.3. §. Ингибиторларнинг металл намуналари сирти билан тўла қопланиш даражаларини ўзгаришлари.....	93
4.4. §. Пулат 45 намуналарини модел системаларда ингибиторлар самарадорлигини дастлабки моддалар билан гравиметрик усулларда солиштирма натижалари	99
ХУЛОСАЛАР	109
ҲОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙҲАТИ	111
ҚИСҚАРТМА СЎЗЛАР	126

**Н.Б. ЭШМАМАТОВА, Л.М. ҚУРБАНОВА,
Ҳ.И. АКБАРОВ, Л.А.АЗИМОВ**

**ОРГАНИК АМИНЛАР ВА ХРОМ БИРИКМАЛАРИ
АСОСИДАГИ ИНГИБИТОРЛАРНИНГ ФИЗИК-
КИМЁВИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ**

Мухаррир М.Талипова
Мусахҳих: Р.Юнусова
Техник муҳаррир: Ф.Хошимова

Босишга рухсат этилди: 24.12.2022 й. Бичими 60x84 1/16
Офис қоғози. Ризограф усулда. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи 7. Нашр. ҳисоб табағи 5,5.
Адади 100 нусха. Буюртма №04-08

«IMPRESS MEDIA» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилди.
Манзил: Тошкент шаҳри, Яккасарой тумани, Қушбеги

