

**TOSHKENT KIMYO TEXNOLOGIYA ILMIY TADQIQOT INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT KIMYO TEXNOLOGIYA ILMIY TADQIQOT INSTITUTI**

**MISIROV ZAFAR XOLMUMINOVICH**

**VODOROD SULFIDLI KORROZIYA UCHUN INGIBITORLAR OLIH  
TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH VA ULARNING TADQIQI**

**02.00.14 – Organik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTASIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2023**

**Falsafa doktori(PhD) dissertasiyasi avtoreferati mundarijasi**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**  
**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Misirov Zafar Xolmuminovich**

Vodorod sulfidli korroziya uchun ingibitorlar olish texnologiyasini  
ishlab chiqish va ularning tadqiqi.....3

**Мисиров Зафар Холмунович**

Исследование и разработка технологии получения  
ингибиторов сероводородной коррозии .....21

**Misirov Zafar Khalmuminovich**

Research and development of production technology  
hydrogen sulfide corrosion inhibitors.....41

**E'lon qilingan ishlar ro'yxati**

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

**TOSHKENT KIMYO TEXNOLOGIYA ILMIY TADQIQOT INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT KIMYO TEXNOLOGIYA ILMIY TADQIQOT INSTITUTI**

**MISIROV ZAFAR XOLMUMINOVICH**

**VODOROD SULFIDLI KORROZIYA UCHUN INGIBITORLAR OLIH  
TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH VA ULARNING TADQIQI**

**02.00.14 – Organik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTASIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2023**

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertasiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestasiya komissiyasida B2022.4.PhD/T3246 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertasiya Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot institutida bajarilgan.  
Dissertasiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, ingliz, rus (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida ([www.tktiti.uz](http://www.tktiti.uz)) va «ZiyoNet» axborot ta'lim portalida ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Beknazarov Hasan Soyibnazarovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Muxamedgaliyev Baxtiyor Abdukadirovich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Nurulloyev Zafar Ismatulloyevich**  
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Yetakchi tashkilot:**

**Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti**

Dissertasiya himoyasi Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 raqamli ilmiy kengashning « 16 » 06 2023 yil soat 10<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 111116, Toshkent tumani, Ibrat MFY., Shurobozor. Tel.: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)).

Dissertasiya bilan Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot institutining Axborot resurs markazida tanishish mumkin (№ 2023/14 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 111116, Toshkent tumani, Ibrat MFY., Sho'robozor Tel.: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)).

Dissertasiya avtoreferati 2023 yil « 01 » 06 kuni tarqatildi.

(2023 yil « 01 » 06 dagi № 2023/14 raqamli reyestr bayonnomasi).

  
**Djalilov A.T.**  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, k.f.d., prof., akademik  
**Shirinov Sh.D.**  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash kotibi, t.f. PhD., k.i.x.  
**Qiyomov Sh.N.**  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, t.f. PhD., k.i.x.

## KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Hozirgi kunda dunyoda ingibirlash samaradorligi yuqori bo'lgan korroziya ingibitorlarini ishlab chiqish va ularni metall va metallar asosidagi konstruksiyalarni korroziyadan himoya qilishda qo'llash korroziya sohasidagi muammolarni bartaraf etishda asosiy yechimlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa bugungi kunda sanoat, ishlab chiqarishning iqtisodiy rivojlanishi qurilmalarning barqaror holatda ishlashi bilan uzviy bog'liq. Ammo, korroziya ingibitorlarining yangi avlodini yaratishda bir qator talablar mavjud bo'lib, bular: quyi konsentratsiyali, ekologik jihatdan atrof-muhitga zararsiz va iqtisodiy jihatdan tannarxi arzon bo'lgan korroziya ingibitorlariga katta e'tibor berilmoqda. Korroziya ingibitorlari neft va gaz sanoatida turli agressiv, vodorod sulfidli, kislotali, karbonatli va suvli muhitlardagi quvurlarni korroziyadan himoya qilishi muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi kunda jahonda metallar korroziyasini oldini olish uchun organik va noorganik birikmalar asosida barcha talab va standartlarga javob bera oladigan korroziya ingibitorlarini olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda tarkibida azot va fosfor saqlagan oligomer hamda kompozitli korroziya ingibitorlarini olish shuningdek, neft va gaz sanoatidagi turli agressiv muhitlarda metallarni korroziyadan himoyalashda ingibirlash samaradorligi yuqori bo'lgan korroziya ingibitorlarini sintez qilish va qo'llash hamda mavjud texnologiyalarni takomillashtirish borasida dunyo bo'ylab olib borilayotgan tadqiqotlarga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda mahalliy xomashyolar va ikkilamchi mahsulotlar asosida import o'rnini bosuvchi yangi turdagi korroziya ingibitorlarini ishlab chiqarish va ularni turli agressiv muhitlarda ingibirlash samaradorligini sinovdan o'tkazish bo'yicha ilmiy va amaliy natijalarga erishilgan. O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasida «mahalliy xomashyo va ikkilamchi resurslardan import o'rnini bosuvchi mahsulotlar olish texnologiyalarini yaratish»<sup>1</sup> ga qaratilgan muhim vazifalari belgilangan. Bu borada metall konstruksiyalari korroziyasining oldini olishda iqtisodiy jihatdan samarali va ekologik jihatdan xavfsiz bo'lgan korroziya ingibitorlarini ishlab chiqarish hamda mavjud texnologiyalarni doimiy ravishda takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi farmoni, 2020 yil 12 avgustdagi PQ-4805-son «Kimyo va biologiya yo'nalishlarida uzluksiz ta'lim sifatini va ilm fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi va 2017 yil 29 avgustdagi PQ-3264-son «Kimyo sanoati tashkilotlarining eksport-import faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

---

<sup>1</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi farmoni.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII «Kimyo texnologiyalari va nanotexnologiya» ustuvor yo'nalishlariga muvofiq bajarilgan.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Korroziya ingibitorlarini yaratish va ularning ingibirlash xossalarini tadqiq qilish bo'yicha Singh P, Ebenso E.E, Olasunkanmi L.O., Obot I.B., Paul S., Koley I., Muraveva S.A., Mel'nikov V.G., Egorov V.V., Kuznetsov Y.I., Kazanskaya G.Y., Tsurulnikova N.V., Annand R.R., Hurd R.M., Hakkerman N., Chernov V.Y., MDH mamlakatlaridan Rozenfeld I.L., Borisov D.N., Agafonkin A.V., Danilova G.N., Farxutdinova A.R., Chepkasova O.A., Kuznetsov YU.I., Vigdorovich V.I., Fedotova A.I., Levashova V.I., Tadjixodjaev Z.A., hamda O'zbekiston olimlaridan Beknazarov H.S., Djalilov A.T., Tillaev R.S., Siganov T.D., Qurbanov F.K., Xolikov A.J., Akbarov X.I., Ikramov A., Yusupov D., Qodirov X.I., Nurilloev Z.I., Narzullaev A.X., Eshmamatova N.B., Yodgorov N. va boshqa olimlar tomonidan ilmiy tadqiqot ishlarini olib borishgan.

Ushbu olimlar tomonidan olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlarining aksariyati neft va gaz sanoatidagi metallarning korroziyasini oldini olish uchun mahalliy va ikkilamchi mahsullotlar asosida korroziya ingibitorlarining yangi avlodini yaratish hamda ularning turli agressiv muhitlarda qo'llashga doir nazariy va amaliy asoslari keltirilgan bo'lib, shuningdek, korroziya ingibitorlarini ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishga qaratilgan.

Hozirgi kunda, turli agressiv muhitlarda metall konstruksiyalarini korroziyadan himoyalashda, noorganik tuzlar, organik polimerlar, tabiiy manbalarning ekstraktlari va boshqa tarkibida azot, fosfor hamda oltingugurt saqlagan birikmalarni kislotali va vodorod sulfidli, shuningdek, karbonatli muhitlarda po'lat materiallarini korroziyadan himoya qilish bo'yicha keng qamrovli ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti MCHJ ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining X/SH №12-06 «Mahalliy xom-ashyolar asosida yangi samarali oligomer korroziya ingibitorlarini ishlab chiqish va qo'llash» (2007 y.) mavzusidagi xo'jalik shartnomasi hamda A12-005 «Mahalliy xom-ashyolar asosida yangi samarali korroziya ingibitorlarini olish va ularni qo'llash» (2015-2017 yy.) mavzusidagi amaliy loyiha doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** polietilenpoliamin, kroton al'degid, etilendiamintetrasirka kislota, natriy metasilikat va ortofosfat kislotalar asosida samarali, ekologik xavfsiz korroziya ingibitorlarini olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

polietilenpoliamin va kroton al'degidi asosida oligomer hamda etilendiamintetrasirka kislota, natriy metasilikat va ortofosfat kislota asosida kompozit korroziya ingibitorini sintez qilishning ma'qbul sharoitlarini aniqlash;

sintez qilingan korroziya ingibitorlarining tuzilishini fizik-kimyoviy zamonaviy tadqiqot usullari yordamida tahlil qilish;

olingan oligomer va kompozit korroziya ingibitorlarining ingibirlash samaradorligini hamda ingibirlash mexanizmlarini o'rganish;

po'latning ingibitorli va ingibitorsiz eritmalaridagi sirt yuzasining morfologiyasini zamonaviy fizik tadqiqot usullari yordamida tadqiq qilish;

oligomer va kompozit korroziya ingibitorlarini olishning prinsipial texnologik sxemasini ishlab chiqish va iqtisodiy samaradorligini asoslash hamda tajriba-sinov ishlarini amalga oshirish.

**Tadqiqotning ob'ekti** sifatida kroton al'degidi va polietilenpoliamin asosida oligomer PKA-1 hamda fosfat kislota, natriy metasilikat va etilendiamintetrasirka kislotalar asosida kompozit EDfS-1 markali korroziya ingibitorlari olingan.

**Tadqiqotning predmeti** korroziya ingibitorlarining ingibirlash mexanizmini aniqlash, turli konsentratsiya va haroratlarda ingibirlash samaradorligi hamda himoyalash darajalarini tadqiq qilish, shuningdek, korroziya ingibitorlarini olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishida olingan korroziya ingibitorlarining tuzilishi va ingibirlash samaradorligi IQ-spektroskopiya, YAMR va PMR-spektroskopiya, hamda elektrokimyoviy va gravimetrik, shuningdek, sirt morfologiyasini o'rganishda skanerlovchi elektron mikroskop va atom kuchi mikroskopi kabi usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

ilk bor polietilenpoliamin va kroton al'degidi asosida oligomer PKA-1 va etilendiamintetrasirka kislota, natriy metasilikat va ortofosfat kislota asosida kompozit EDfS-1 markali korroziya ingibitorlari sintez qilingan;

olingan oligomer korroziya ingibitorining tuzilishi IQ-spektroskopiya, YAMR va PMR-spektroskopiya tarkibi va tuzilishi zamonaviy fizik-kimyoviy usullar yordamida aniqlangan;

oligomer va kompozit korroziya ingibitorlarining po'latni vodorod sulfidli va turli kislotali muhitlardagi ingibirlash samaradorligi gravimetrik hamda elektrokimyoviy usulda ingibirlash mexanizmi aniqlangan;

po'lat yuzasining sirt morfologiyasi ingibitorli muhitda botiq va cho'qqilarining o'lchamlari ingibitorsiz muhitdagi po'latning botiq va cho'qqilarining o'lchamlariga qaraganda kichik ekanligini skanerlovchi elektron mikroskop va atom kuch mikroskoplari yordamida aniqlangan;

oligomer PKA-1 va kompozit EDfS-1 markali korroziya ingibitorlarini olishning prinsipial texnologik sxemasi va texnik-iqtisodiy asoslari ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:**

kroton aldegidi, polietilenpoliamin, fosfat kislota, natriy metasilikat va etilendiamintetrasirka kislota asosidagi korroziya ingibitorlarini olishning texnologiyalari ishlab chiqilgan;

po'lat sirtining morfologiyasini vodorod sulfidli va turli kislotali muhitlarda tadqiq qilinganda, ingibitor qo'llanilgan eritmalarda po'lat yuzasining morfologiyasi yaxshilangani aniqlangan;

sintez qilingan korroziya ingibitorlarini vodorod sulfidli, plast suvida va kislotali muhitlarda ingibirlash samaradorligi yuqori ekanligi aniqlangan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** korroziya ingibitorlarining tuzilishi va ingibirlash samaradorligi hamda ingibirlash mexanizimi IQ-, YAMR va PMR-spektroskopiya skanerlovchi elektron mikroskop, atom kuch mikroskopi, gravimetrik, elektrokimyoviy, termodinamik va kinetik nazariyalar asosida ingibitorlarning samaradorligi aniqlanganligi, shuningdek, tajriba va ishlab chiqarish maydonlarida o'tkazilgan sinov natijalarining o'zaro mutanosibligi hamda ishlab chiqarishga joriy etilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati sintez qilingan yangi oligomer va kompozit tipli korroziya ingibitorlarining tarkibi hamda komponentlarning kimyoviy tabiatiga bog'liq bo'lgan samarali ingibitorlarini olish, tarkibi va texnologiyalarini ishlab chiqishning ilmiy asosi yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati kimyo sanoatining ikkilamchi mahsuloti hisoblangan kroton al'degidi, polietilenpoliamin asosida sintez qilingan oligomer tipli va fosfat kislota, natriy metasilikat hamda etilendiamintetrasirka kislotalar asosida olingan kompozit tipli birikmalari import o'rnini bosuvchi va ekologik xavfsiz ingibitorlarni sanoatga qo'llash imkonini beruvchi yangi korroziya ingibitorlarini olishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Polietilenpoliamin, kroton al'degidi, fosfat kislota, meta-silikat natriy va etilendiamintetrasirka asosida olingan birikmalarni korroziya ingibitorlari sifatida qo'llash bo'yicha olingan ilmiy-amaliy natijalar asosida:

sintez qilingan PKA-1 korroziya ingibitorini olish texnologiyasi «O'zbekneftgaz» AJ «Muborak gazni qayta ishlash zavodi» MCHJ ning “2021-2025 yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati” ga kiritilgan. («O'zbekneftgaz» AJ «Muborak gazni qayta ishlash zavodi» ning 2022 yil 27 avgustdagi 751/GK-08-son ma'lumotnomasi). Natijada, vodorod sulfidli muhitlarda ishlovchi qurilmalarning korroziya tezligini sezilarli darajada kamaytirib, po'lat materiallarini himoyalash imkonini bergan;

sintez qilingan EDFS-1 markali korroziya ingibitorini olish texnologiyasi «O'zbekneftgaz» AJ «Muborak gazni qayta ishlash zavodi» MCHJ ning “2021-2025 yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati” ga kiritilgan («O'zbekneftgaz» AJ «Muborak gazni qayta ishlash zavodi» ning 2022 yil 27 avgustdagi 751/GK-08-son ma'lumotnomasi). Natijada, suv aylanma sistemalarda ishlovchi po'lat konstruktsiyalarini korroziyadan himoyalash imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Dissertatsiya ishining asosiy natijalari 12 ta ilmiy-amaliy, shu jumladan 4 ta xalqaro va 8 ta respublika miqyosidagi anjumanlarda ma'ruzalar qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 17 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta maqola, jumladan, 3 tasi respublika, 2 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 102 betni tashkil qiladi.

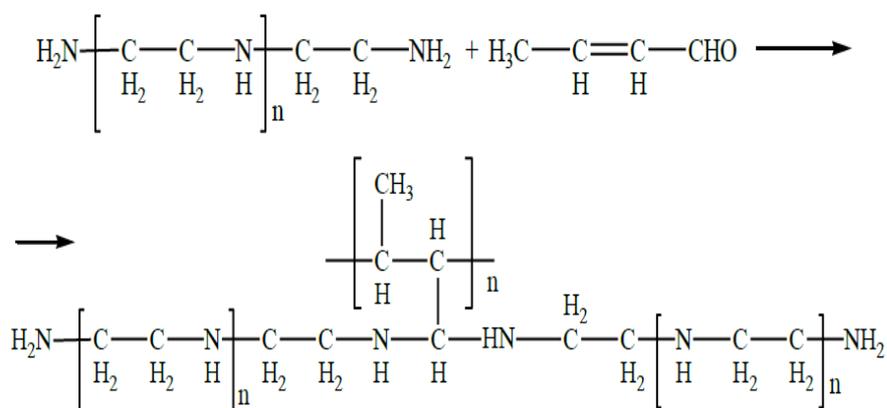
## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, ob'ekti va predmeti tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchliligi, ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Korroziya ingibitorlarini yaratish tadqiqoti va istiqbollari**» deb nomlangan birinchi bobida mavzu bo'yicha olib borilgan tadqiqot natijalari, xorijiy va mahalliy adabiyotlar tahlili batafsil yoritilgan. Ma'lumotlar umumlashtirilgan va ilmiy-tahliliy xulosalar chiqarilgan hamda ilmiy adabiyotlardagi ma'lumotlardan kelib chiqqan holda dissertatsiya ishining maqsadi, vazifalari, dolzarbligi va muhimligi belgilab berilgan.

Dissertatsiyaning «**Korroziya ingibitorlari sintezi hamda ularni tadqiq qilish usullari**» deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot ob'ektlari, sintez qilingan birikmalarning fizik-kimyoviy xossalarni o'rganish, IQ-spektroskopiya va YAMR hamda PMR usullaridan foydalangan holda sintez qilingan birikmalarning tuzilishini aniqlashga yondashuvi tasvirlangan. Korroziya ingibitorlarining ingibirlash samaradorligi va ingibirlash mexanizmini aniqlashda elektrokimyoviy, gravimetrik, adsorbtsion hamda termodinamik tadqiqot usullari keltirilgan.

*Polietilenpoliamin va kroton al'degidi asosida korroziya ingibitori sintezi.* Polietilenpoliamin va kroton al'degidining dimetilformiamid erituvchi ishtirokida quyidagi formulali kimyoviy birikmasi sintez qilindi.



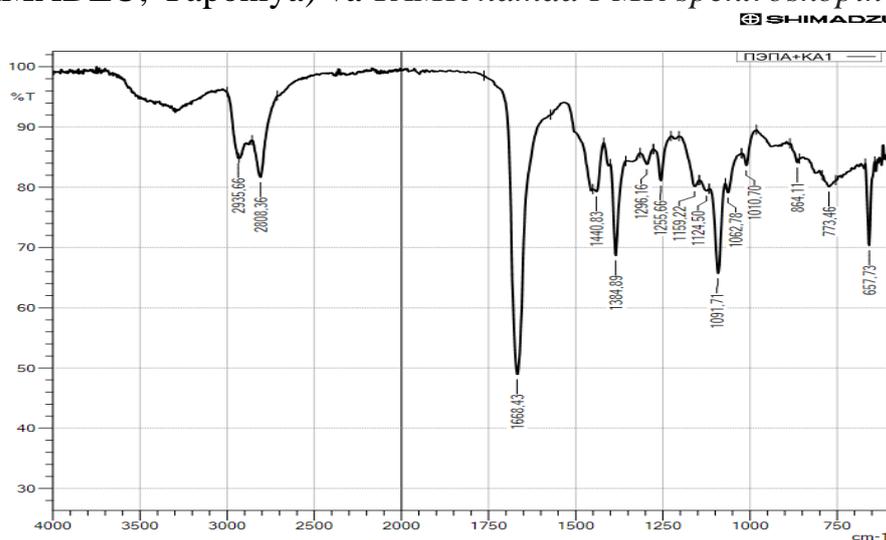
Bunda boshlang'ich moddalarni mol nisbati 1:2, harorat 50 °C bo'lib, 2 soat davomida aralashtirib turish yo'li bilan olindi. Olingan mahsulot qattiq polimersimon modda bo'lib, spirt va asetonda yaxshi eriydi, suvda odatdagi haroratda erimaydi ammo harorat biroz ko'tarilishi bilan eriydi.

**PEPA va kroton aldegidi asosida olingan PKA-1 markali korroziya ingibitori hosil bo'lishiga haroratning ta'siri**

PEPA va kroton al'degidining mol nisbati	Harorat °C	Unum %	Harorat °C	Unum %
1:1	50	92.12	30	89.24
1:2		96.51		82.05
2:1		87.61		72.62

Jadval ma'lumotlaridan shuni ko'rishimiz mumkinki, harorat 5<sup>o</sup> - 50<sup>o</sup>C oralig'ida va dastlabki moddalarning mol nisbati 1:2 bo'lganda mahsulot unumi eng yuqori ko'rsatkichni namoyon qilgan. Haroratdan keyingi muhim omillardan biri bu dastlabki moddalarning mol nisbatidir degan xulosa kelib chiqadi.

Sintez qilingan PKA-1 korroziya ingibitori tarkibining tuzilishi IQ-spektrometr (IQ-Fure, SHIMADZU, Yaponiya) va YAMR hamda PMR spektroskopik tahlili.

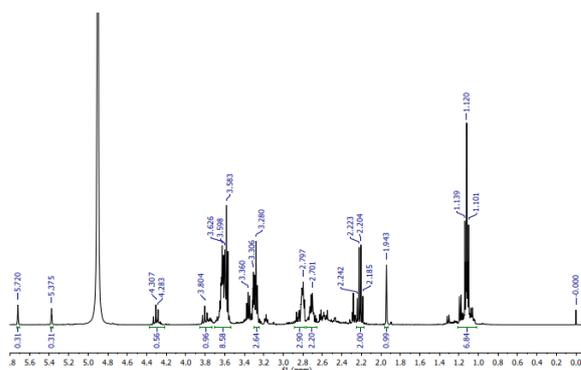


**1-rasm. PKA-1 korroziya ingibitorining IQ-spektri.**

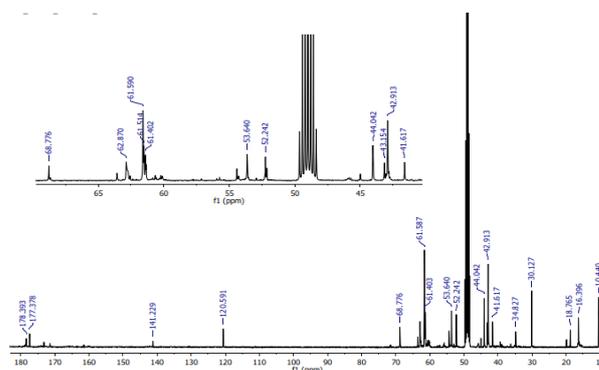
IQ-spektrining teskari tebranish sohasida 4000  $\text{sm}^{-1}$  sohangacha bo'lgan oralig'ida o'rganildi. Bunda, IQ spektridagi tebranish sohalarda, ushbu azot va metilen guruhi o'rtasidagi -N-CH- azot va uglerod bog'larining tebranish chiziqlari 1668  $\text{sm}^{-1}$  da paydo bo'ladi, shuningdek  $\text{NH}_2$  guruhlarining tebranish chiziqlari 657  $\text{sm}^{-1}$  mintaqasida paydo bo'ladi. 2935  $\text{sm}^{-1}$  va 2808  $\text{sm}^{-1}$  hamda 1091  $\text{sm}^{-1}$  tebranish sohalari CH- va  $\text{CH}_2$ - guruhlar uchun xarakterlidir, shuningdek, 1440  $\text{sm}^{-1}$  mintaqasida egilish tebranishlari paydo bo'ladi. 1384  $\text{sm}^{-1}$  mintaqasida  $\text{CH}_3$  guruhiga tegishli tebranishlar paydo bo'lganligini ko'rishimiz mumkin.

*PKA-1 korroziya ingibitorining YAMR va PMR spektroskopik tahlili.*

Namuna sifatida olingan polietilenpoliaminning kroton aldegidi bilan hosil qilgan birikmasining  $^1\text{H}$ -YAMR va  $^{13}\text{C}$ -YAMR spektrlari olindi (2-rasm).



2a-rasm. PKA-1 korroziya ingibitorining YAMR spektri



2b-rasm. PKA-1 korroziya ingibitorining PMR spektri

Sintez qilingan PKA-1 korroziya ingibitorining YMR-spektri tahlil qilinganda (1-rasm), proton (H -8) 4,74-4,76 m.d., (H-2 va H -6) 5,10-5,12 m.d. va (H -5 va H -3) 7,38-7,45 m.d. ekanligini ko'rsatdi. Shuningdek, tarkibida uglerod (C-2 va C-3) bo'lgan azot bilan bog'langan 53,640., (C-3 va C-4) -42,913-41,617 m.d. qo'shbo'g' bilan uglerod atomlarini ko'rsatdi. Olingan spektrlar PKA-1 korroziya ingibitorining tuzlishini tasdiqlaydi.

*Etilendiamintetrasirka kislota, natriy metasilikat (suyuq shisha) va fosfat kislota asosidagi korroziya ingibitori sintezi* - Ushbu kompozit tipli korroziya ingibitorini olishda etilendiamintetrasirka kislota (EDTSK), meta-silikat natriy va fosfat kislotaning turli mol nisbatlarda aralshtirish usuliga asoslangan. Bunda turli mol nisbatlarda olingan aralashmaning ingibirlash samaradorligi o'rganilganda aralashmalar (EDTSK: natriy metasilikat: fosfat kislota) ning eng optimal mol nisbatlari quyidagicha 1:3:1 bo'lgan.

Dastlab suv 40-45 °C gacha qizdiriladi va magnit aralashtirgich yordamida aralashtirilgan holda unga ma'lum mol nisbatlarda olingan moddalar ketma ketlikda qo'shib boriladi. Bunda, dastlab fosfat kislota so'ngra ustiga natriy silikat va EDTSK qo'shiladi. Aralashma aralashtirgich yordamida 50 °C yuqori bo'lmagan haroratda ikki soatgacha aralashtirib qo'yiladi. Aralashma xona haroratigacha sovutiladi va 24 soat davomida qoldiriladi va aralashma filtrlanadi. Olingan yangi korroziya ingibitorining miqdori dastlabki moddalarning mol nisbatlariga bog'liq bo'lishi va ingibitor samaradorligi quyidagi 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

**EDFS-1 korroziya ingibitorining turli mol nisbatlarda ingibirlash samaradorligi**

No	Ingibitor nomi	Komponentlar mol nisbatlari	Himoyalash darajasi.K.
1	EDFS -1	1:1:1	75,25
2		1:2:1	77,01
3		1:3:1	98,12
4		1:3:2	80,04

2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, eng optimal mol nisbat bu 1:3:1 ekanligini ko'rishimiz mumkin. Bundan tashqari aynan mana shu mol nisbatning ingibirlash

samaradorligi ham boshqa mol nisbatdagilarga qaraganda ham yuqori ekanligi gravimetrik usul bilan olingan natijalar bilan ham isbotlangan.

Dissertatsiyaning «**Korroziya ingibitorlari bilan po'latni himoya qilishning asosiy qonuniyatlarini o'rganish natijalari va ularning tahlillari**» deb nomlangan uchinchi bobida sintez qilib olingan korroziya ingibitorlarining ingibirlash samaradorligini aniqlashda gravimetrik va elektrokimyoviy tadqiqot natijalari, kinetik va termodinamik parametrlari keltirib o'tilgan.

Sintez qilib olingan yangi PKA-1 va EDF-1 markali korroziya ingibitorlarining turli agressiv muhitlarda, sovitish tizimlarida St20 markali po'latni korroziyadan yuqori samaradorlik bilan himoya qilishi ko'rsatib o'tilgan.

Polietilenpoliamin va kroton aldegid asosida sintez qilingan PKA-1 markali korroziya ingibitorining St.20 markali po'latni H<sub>2</sub>S yoki CO<sub>2</sub> va turli kislotali muhitlarda ingibirlash samaradorligini o'rgandik. Laboratoriya sharoitida vodorod sulfidli muhit hosil qilish uchun natriy sulfid va xlorid kislotadan foydalanildi va konsentratsiyasini yodometrik titrlash usuli bilan o'lchab turildi. Hosil qilingan ishchi eritmadagi H<sub>2</sub>S ning konsentratsiyasi (400 mg/l) tashkil etdi. Amaliy tajribalar asosan 1000 ml sig'imli germetik qurilmalarda olib borildi. Tajriba uchun po'lat namunasi 25×13×10 o'lchamda olinib 72 soatdan 360 soatgacha bo'lgan vaqt oralig'ida turli muhitlarda sinovdan o'tkazildi.

Korroziya ingibitorlarining ingibirlash samaradorligi quyida keltirilgan formula (1) asosida hisoblanadi:

$$IE\% = \frac{CR_0 - CR_i}{CR_0} * 100 \quad (1)$$

Bu yerda:  $CR_0$  – ingibitorsiz eritmadagi po'latning korroziya tezligi va  $CR_i$  – ma'lum konsentratsiyadagi korroziya ingibitor ishtirokidagi po'latning korroziya tezligi.

Ingibitorning samaradorligi konsentratsiya, harorat, oqimning rejimi, suyuqlikning tarkibi va gazlarning (masalan, CO<sub>2</sub> va vodorod sulfidi kabi) parsial bosimi kabi parametrlarga bog'liq. Tajriba uchun olingan ishchi eritmalaridagi pH ning qiymati 5,0 dan 5,8 gacha bo'lgan oralig'ni egallagan.

Korroziya tezligining kattaligi plast suvida va CO<sub>2</sub> qo'shilgan muhitlarda farqi uncha katta bo'lmagan ko'rsatgichlarni, ammo eritmaga vodorod sulfidning (400 mg/l) qo'shilishi H<sub>2</sub>S (400 mg/l) +CO<sub>2</sub> (105 Pa) sistema hosil bo'lishi bilan agressivlik kuchayishini ko'rish mumkin.

Quyida keltirilgan jadvaldan ko'rinib turibdiki, PKA-1 markali korroziya ingibitori muhiti kislotali bo'lmagan eritmalar uchun yuqoriroq himoyalash darajasi (Z) ni namoyon qilgan.

PKA-1 korroziya ingibitori asosan to'rt xil konsentratsiyada 50 mg/l, 75 mg/l va 100 mg/l va 150 mg/l da olingan bo'lib, bu eritmalar ichida 150 mg/l konsentratsiyada himoyalash darajasi 94,3% ni tashkil etgan va optimal konsentratsiya deb olindi.

**3-jadval**

**Plast suvi (PS) CO<sub>2</sub> va H<sub>2</sub>S ishtirokida va ishtirokisiz hamda shu gazlar birgaligida PKA-1 oligomer korroziya ingibitorining (150 mg/l) po'lat St20 markali po'latdagi korroziya tezligi K, g/(m<sup>2</sup>•soat), himoyalash darajasi Z, %**

τ, s	Ko'rsatkichlar	Muhit			
		Plast suvi (PS)	PS + H <sub>2</sub> S (400 mg/l)	PS + CO <sub>2</sub> (105 Pa)	PS + H <sub>2</sub> S (400 mg/l) + CO <sub>2</sub> (105 Pa)
24	K <sub>0</sub>	0,413	0,671	0,381	0,613
	K	0,027	0,059	0,028	0,058
	Z	93,4	91,2	92,6	90,6
240	K <sub>0</sub>	0,331	0,532	0,283	0,379
	K	0,0188	0,038	0,0195	0,0325
	Z	94,3	92,8	93,1	91,4
720	K <sub>0</sub>	0,211	0,351	0,173	0,275
	K	0,015	0,033	0,015	0,031
	Z	92,8	90,6	91,5	88,6

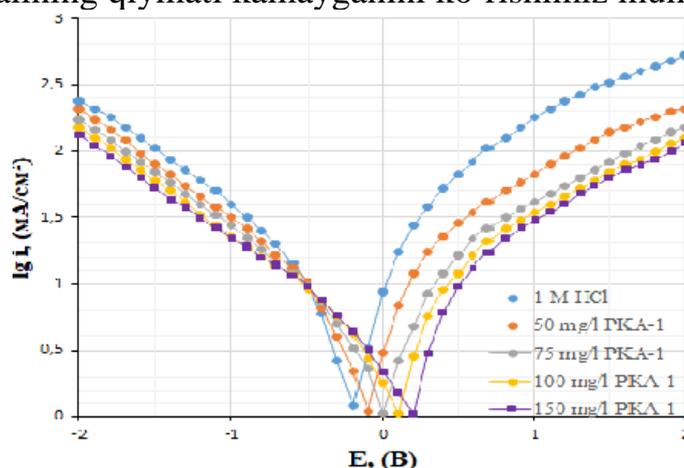
**4-jadval**

**PKA-1 markali ingibitorning turli haroratlarda 10 kun davomida har xil konsentratsiyali 1 M li HCl eritmalarida po'lat St20 gravimetrik usulda aniqlangan tormozlash koeffitsienti (γ), sirtni to'la qoplash darajasi (θ), himoyalash darajasi (K) qiymatlari**

Ingibitor	T, (K)	C, (mg/l)	W, gr/(sm <sup>2</sup> •soat)	γ	K, (%)	θ
PKA-1	303	-	<b>1,28</b>	-	-	-
		50	0,284	4,50	77,75	0,7775
		75	0,231	5,54	81,89	0,8189
		100	0,142	9,01	88,91	0,8891
		150	0,115	11,13	90,99	0,9099
	313	-	<b>1,56</b>	-	-	-
		50	0,343	4,55	77,95	0,7795
		75	0,264	5,90	83,08	0,8308
		100	0,172	9,07	88,96	0,8896
		150	0,125	12,48	91,98	0,9198
	323	-	<b>1,75</b>	-	-	-
		50	0,385	4,54	78,01	0,7801
		75	0,280	6,25	83,98	0,8398
		100	0,183	9,56	89,53	0,8953
		150	0,130	13,46	92,56	0,9256
	333	-	<b>1,91</b>	-	-	-
		50	0,410	4,66	78,51	0,7851
		75	0,298	6,41	84,36	0,8436
		100	0,187	10,21	90,21	0,9021
		150	0,119	16,05	93,75	0,9375

PKA-1 markali korroziya ingibitorining 1 M li HCl eritmasidagi ingibirlash samaradorligi 333 K va 150 mg/l konsentratsiyada 93,75 % ni tashkil etdi.

*Elektrokimyoviy tadqiqot natijalari.* PKA-1 markali korroziya ingibitorining ingibirlash samaradorligini PI-50.1.1 potentsiostat qurilmasi va PR-8 programmator yordamida qutblanish egrilari usulida ikki komponentli ingibitorlarning samaradorligi tadbiq qilindi. Ingibitorsiz eritmada korroziyon tok qiymati 0,982 mA/sm<sup>2</sup> ga, statsionar potensial 0,420 V teng bo'lib, 293 K haroratda olingan natijalariga ko'ra ingibitor qo'llanilganda korroziyon tokning qiymati kamayishi, korroziyon potensialining qiymati kamayganini ko'rishimiz mumkin.



**3-rasm. PKA-1 korroziyon ingibitorining 1 M HCl muhitda 293 ± 1 K da qayd etilgan St20 markali po'lat uchun qutblanish egri chiziqlari**

**5-jadval**

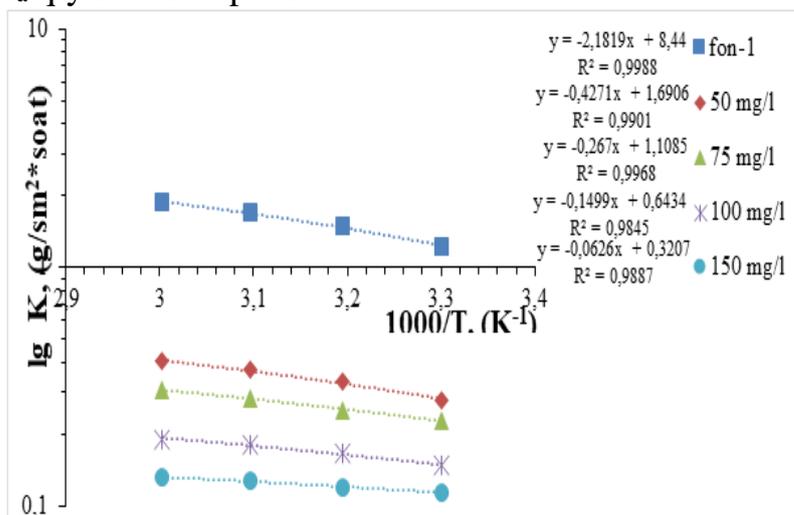
**293 ± 1 K haroratda PKA-1 korroziya ingibitorining 1 M HCl muhitdagi qutblanish egri chiziqlari usulida aniqlangan ingibitorning samaradorligi**

Ingibitor	C, (mg/l)	<i>i</i> , (mA/sm <sup>2</sup> )	$\gamma$	$\theta$	$\eta$ , (%)
HCl	-	0,986	—	—	—
PKA-1	50	0,215	4,59	0,7815	78,15
	75	0,165	5,98	0,8319	83,19
	100	0,104	9,48	0,8945	89,45
	150	0,075	13,15	0,9235	92,35

5-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, 1M li HCl mavjud eritmaning korroziyon tokning qiymati 0,986 (mA/sm<sup>2</sup>) ni tashkil etgan. Eritmada korroziya ingibitorining konsentratsiyasi oshishi bilan, eritmaning elektr qarshiligi ham ortib boradi natijada, korroziyon tok qiymatining potentsiali miqdori ham kamayib borgan va korroziyon tok qiymati 0,075 (mA/sm<sup>2</sup>) gacha kamaygan. PKA-1 korroziya ingibitorining konsentratsiyasi 150 mg/l bo'lganda 1M li HCl muhitda samaradorligi 92,35 % ni tashkil etdi.

*Sintez qilingan korroziya ingibitorlarining kinetik tadqiqot natijalari.* PKA-1 korroziya ingibitorning turli konsentratsiyalarda Arrenius tenglamasi yordamida po'lat sirtining ingibitor va ingibitorsiz muhitlardagi aktivlanish energiyasi ( $E_a$ )

aktivlanish entalpiyasi ( $\Delta H$ ) va aktivlanish entropiyasi ( $\Delta S$ ) qiymatlari aniqlandi. Shuningdek, ingibitorsiz va ingibitorli muhitlardagi  $\lg W$  ning  $1000/T$  ga bog'liqligidan  $E_a$  qiymatlari topildi.



**4-rasm. PKA-1 ingibitorining eritmadagi aktivlanish energiyasi uchun Arrenius grafigi**

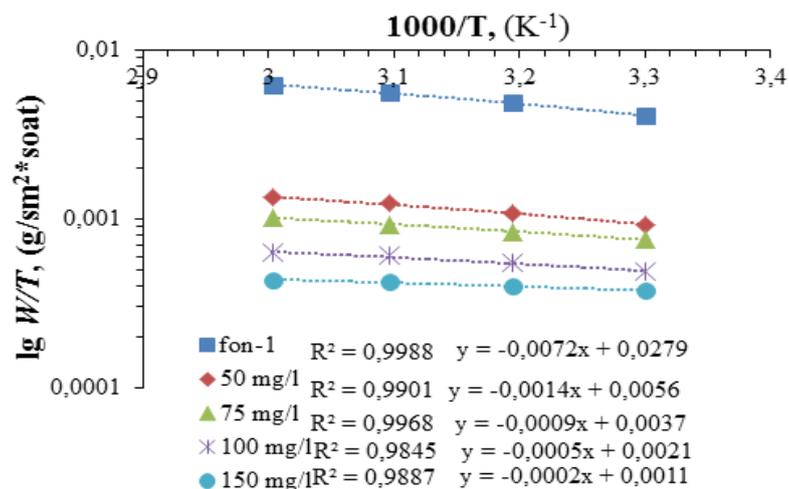
$E_a$  ning qiymatlari 50, 75, 100 va 150 mg/l konsentratsiyalardagi  $E_a$  ning qiymatlari aniqlandi. Tadqiqot natijasida olingan ma'lumotlarga ko'ra, ingibitorsiz sistemaning aktivlanish energiyasi qiymati kichik bo'lib, ingibitor kiritilishi bilan sistemaning aktivlanish energiyasi ingibitor konsentratsiyasiga bog'liq holda ortib borganini ko'rishimiz mumkin.

6-jadval

**PKA-1 ingibitorining 1 M HCl eritmadagi kinetik va termodinamik parametrlari**

$C_{ing}$	-	50	75	100	150
$E_a$	41,78	58,18	75,11	92,87	121,21
$\Delta H$	39,03	55,43	72,36	90,12	118,46
$\Delta S$	-36,63	-17,35	36,73	57,37	76,52

$\lg W/T$  ning  $1000/T$  ga bog'liqlik o'tish holat egrilari yordamida aktivlanish entalpiyasi va entropiyasi aniqlandi (5-rasm). Aktivlanish entalpiyasi ingibitorsiz eritmada 39,03 kJ/molni, aktivlanish entropiyasining qiymati esa -36,63 J/molga teng ekanligi aniqlandi. Aktivlanish energiyasi musbat qiymatlarni qabul qilib, korroziya ingibitori qo'llanilmagan muhitda qiymati kichik bo'lib, korroziya ingibitori kiritilgach aktivlanish energiyasi ortganligi aniqlandi. Ingibitorsiz muhitning aktivlanishi uchun korroziya ingibitori qo'llanilgan jarayonga qaraganda kam energiya kerak bo'lishini korroziya ingibitori jarayonga kiritilsa jarayon qiyin borishini ko'rsatadi. Korroziya ingibitori qo'llanilmagan muhitda entropiya qiymatining manfiy bo'lishi korroziya jarayoning o'z-o'zidan borishini ko'rsatadi.



### 5-rasm. PKA-1 ingibitorining eritmadagi o'tish holat grafigi

Ingibitorsiz eritmalarda  $\Delta S_a$  ning qiymati manfiy bo'lib bunda jarayon o'z-o'zicha borishidan dalolat beradi. Ammo, eritmaga ingibitor kiritilishi bilan entropiyaning qiymati ingibitor konsentratsiyasiga (50 mg/l -17,35; 75 mg/l 36,73; 100 mg/l 57,37; 150 mg/l 76,52) bog'liq ravishda ko'rsatilgan qiymatlarni egallaydi.

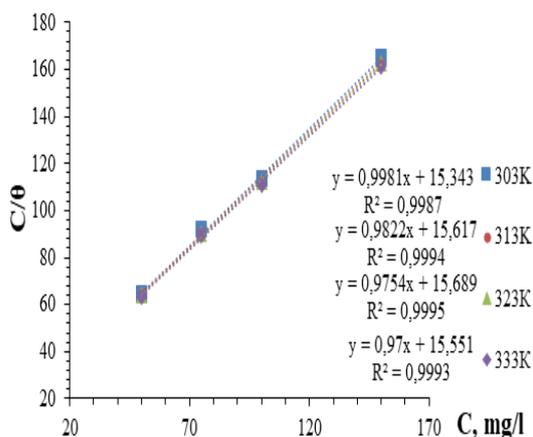
*Adsorbsiya izotermalari.* Ingibirlashning eng muhim mexanizmlaridan biri bu-adsorbsiyadir. Bunda jarayon asosan ikki usul bilan amalga oshadi:

-fizik adsorbsiya, ya'ni bunda ingibitor molekulasida tarkibidagi ion zaryadlar metal va eritma chegarasida elektrostatik tortishuvlar asosida vujudga keladi;

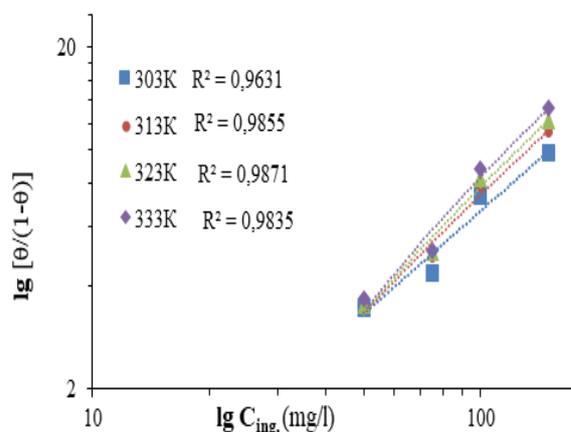
-xemosorbsiya, bunda zaryadlarning ko'chishi natijasida koordinatsion bog'lanishlar hosil bo'lishi bilan boradi;

Yuqoridagi tushunchalarni to'ldirish uchun, aktivlanish energiyasi ( $E_a$ ), aktivlanish entalpiyasi ( $\Delta H_a$ ), aktivlanish entropiyasi ( $\Delta S_a$ ), kabi turli parametrlar Arrhenius grafigi va oraliq holat grafigida tekshirildi.

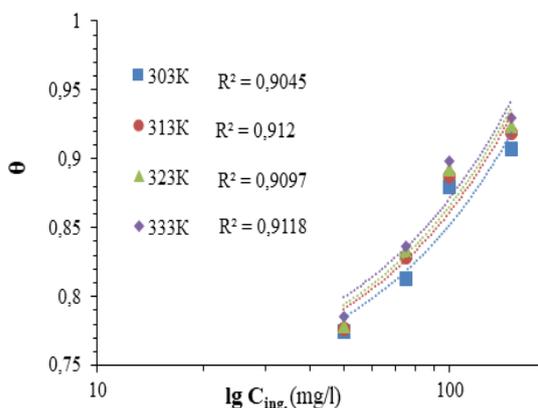
PKA-1 markali korroziya ingibitorining 1 M xlorid kislotali muhitda olingan (a) Lengmuir, (b) Frumkin va (c) Temkin izotermalari ham chizilgan.



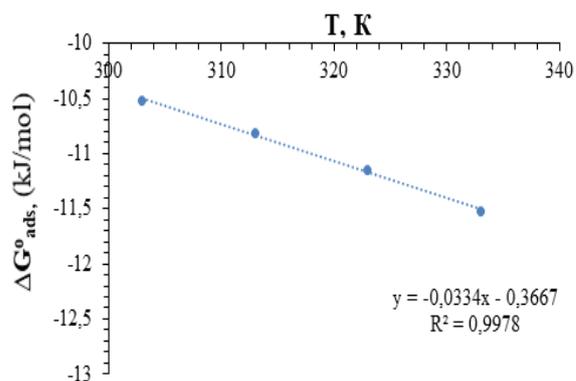
6a-rasm. PKA-1 ingibitorining eritmadagi Lengmyur izotermasi



6b-rasm. PKA-1 ingibitorining eritmadagi Frumkin izotermasi



**6c-rasm. PKA-1 ingibitorining eritmadagi Temkin izotermasi**



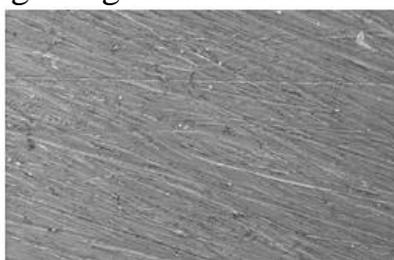
**6d-rasm.  $\Delta G_{0ads}$  ning temperaturaga bog'liqligi**

303-333 K haroratda korelyatsiya koeffitsientining Langmuir izotermasi qiymatlari (0,9987; 0,9994; 0,9995; 0,9993;), Frumkin izotermasining qiymatlari (0,9631; 0,9855; 0,9871; 0,9835;) va Tyomkin izotermasining qiymatlari (0,9045; 0,912; 0,9097; 0,9118) ekanligi aniqlandi. Frumkin va Tyomkin izotermasining korelyatsiya koeffitsientlari 1 ga yaqin son emasligidan shuni bilishimiz mumkinki, demak bu jarayon ya'ni adsorbsiya jarayoni ushbu izotermalar bo'yicha bormasligini tasdiqlaydi.

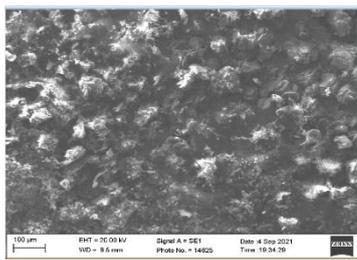
Lengmyur izotermasining korelyatsiya koeffitsienti 1 ga yaqin bo'lganligi uchun bu Lengmyur izotermasi bo'yicha adsorbsiya borishini ko'rsatadi.

*Skanerlovchi elektron mikroskop va atom kuch mikroskopi yordamida po'latning sirt yuzasining morfologiyasini tadqiq qilish*

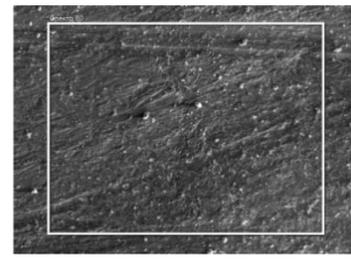
Po'latning St.20 markali namunasi bilan turli konsentratsiyalarda o'tkazilgan namunalarining yuza sirtini morfologik SEM usulida o'rganilgan. Amaliy tajriba uchun olingan po'lat namunasining 7a-rasmda amaliy tajribagacha bo'lgan fotosurati tasvirlangan. 7b-rasmda po'lat namunasining texnik suvda ingibitorsiz holatda olingan rasm keltirilgan, 7c-rasmda esa korroziya ingibitori ishtirokida olingan po'lat namunasining rasmi keltirilgan. Har ikkala jarayonda vaqt davomiyligi 240 soatga teng.



**7a-rasm. Po'lat St20 amaliy tajribadan oldingi ko'rinishi**

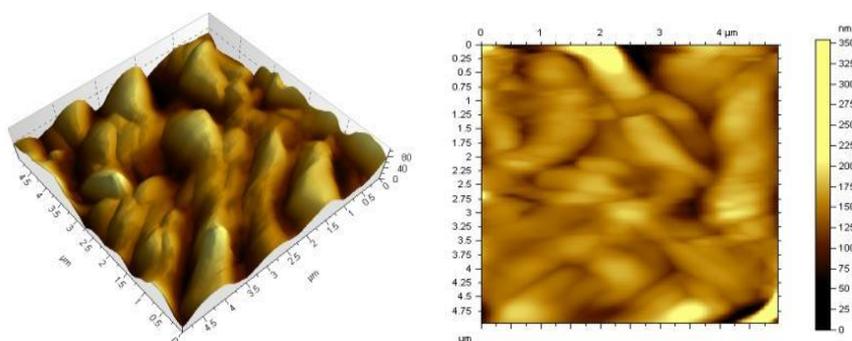


**7b-rasm. Po'lat St20 ingibitorsiz eritmadagi amaliy tajribaning fotosurati.**

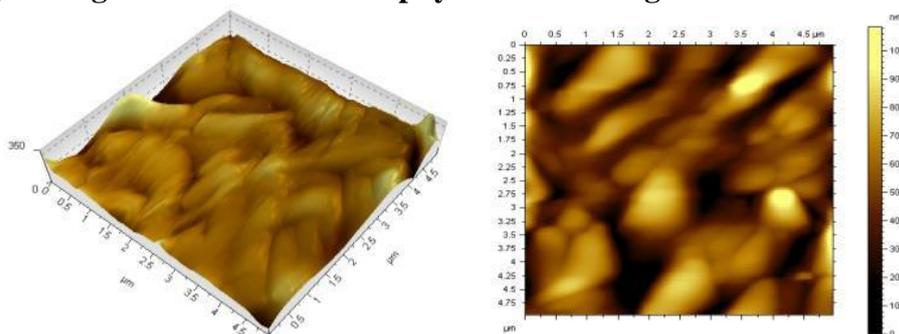


**7c-rasm. Po'lat St20 ingibitor qo'llanilgandagi amaliy tajribaning fotosurati.**

(AKM)ning skanerlash darajasi nano-mikro darajasida bo'lib, ingibitorlarning ta'sirini va metall/eritma chegarasidagi korroziyaning hosil bo'lishi va oldini olishga ta'sirini o'rganish uchun yuqori aniqlikdagi zamoaviy qurilma hisoblanadi.



**8-rasm. St20 markli po'lat namunasining ingibitorsiz 1 M xlorid kislota eritmasidagi sirt morfologiyasining atom kuch mikroskopi yordamida olingn mikrofotosurati**



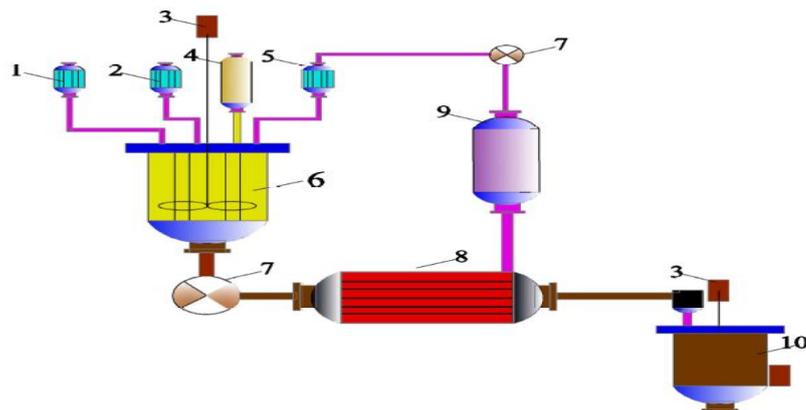
**9-rasm. 1 M li HCl eritmada yashil korroziya korroziya ingibitor bilan ingibirlangan po'lat sirtining tuzilishi atom kuch mikroskopida olingan 3D mikrografifi.**

Ushbu 8 va 9 rasmlarda St20 markali po'lat yuza 4.5x4.5 nm o'lchamda o'rganilib tahlil qilingan, olingan natijalardan ko'rishimiz mumkinki, ingibitorsiz eritmadagi qavariq cho'qqilarining o'lchami 353 nm bo'lib ingibirlangan namunada esa 100 nm, ingibirlanmagan namunadagi botiqlarning o'lchami esa 145 nm bo'lib, ingibirlangan namunada 55 nm tashkil etganligini ko'rishimiz mumkin. Bundan kelib chiqadiki, ingibirlanmagan namunada cho'qqilarning yuqori bo'lishi korroziya yuqori darajada borganligini, ingibirlangan eritmalarda cho'qqilarining o'lchamlari kichik bo'lishi korroziya jarayoni sekinlashganini ko'rsatadi.

Dissertatsiyaning «**PKA-1 va EDFS-1 korroziya ingibitorlarini sintez qilishning texnik-iqtisodiy samaradorligi**» deb nomlangan to'rtinchi bobida korroziya ingibitorlarini ishlab chiqarishning texnologiyalari yoritilgan.

PKA-1 korroziya ingibitorini ishlab chiqarish texnologik sxemasi 10-rasmda keltirilgan bo'lib, texnologik jarayonning oddiyligi mahsulot tannarxining pasayishiga olib keladi.

1-kroton al'degidi va 2-polietilenpoliamin 5-eituvchi dimetilformiamid ishtirokida 6-reaktorga sekin astalik bilan kiritilib turiladi. 6-reaktorda harorat 50 °C bo'lib, jarayoning davom etish vaqti 2 soat, sekinlik doimiy holatda 3-aralashtirgich yordamida aralashtirib turiladi. Olingan mahsulot 8-barabanli quritish pechiga yuboriladi, barabandagi issiqlik hisobiga bug' holatidagi erituvchi 9-kondensatorga o'tadi va kondensatlangan erituvchi jarayonga qaytarish uchun 7-kompressor yordamida dastlabki 5-erituvchiga yuboriladi. 8-baraban tipli quritgichda olingan mahsulot 10- qadoqlashga yuboriladi.



**10-rasm. PKA-1 markali korroziya ingibitorlarini ishlab chiqarish.**

1-kroton aldegidi uchun idish, 2-polietilenpoliamin uchun idish, 3-aralashtirgich, 4-sovutkich, 5-dimetilformamid uchun idish, 6-kimyoviy reaksiya boradigan reaktor, 7-kompressor, 8-barabanli pech tipidagi quritgich. 9-bug' holatdagi erituvchini yig'ib oluvchi kondensator, 10-mahsulotni qadoqqa tayyorlash.

7 – jadval

**1 tonna PKA-1 va EDF-1 korroziya ingibitorini ishlab chiqarishdagi narxlarning strukturasi**

	PKA-1	EDFS-1
Xomashyolar	15 585 000	20 506 000
Ish haqi	300 000	300 000
Yagona ijtimoiy to'lov 15%	45 000	45 000
Qo'shimcha xarajatlar	100 000	50 000
Ko'zda tutilmagan xarajatlar	50 000	50 000
Rentabillik, 5%	804000	1 047 550
QQS, 15%	2 532 600	3299782,5
Jami	19 416 000	25 298 422,5
1 kg mahsulot tannarxi, so'm	19 416,000	25 298,422

7-jadvaldan ko'rinadiki, PKA-1 korroziya ingibitorining 1 kg uchun tannarx 19 416, 000 ming so'mni tashkil etdi. Shuningdek, EDF-1 markali korroziya ingibitorining 1 kg tannarxi 25 298,422 ming so'mni tashkil etdi.

8-jadvaldagi import qilinayotgan Universal korroziya ingibitorining tannarxi bilan biz taklif qilayotgan PKA-1 va EDF-1 korroziya ingibitorlarini solishtirilganda, har bir tonnasi uchun 19 031 000 va 13 149 000 so'mda iqtisodiy samaradorlikni ko'rishimiz mumkin.

8-jadval

**Xorijiy Universal markali korroziya ingibitori narxining strukturasi**

No	Nomlanishi	O'lchov birligi	Miqdori	Bir birligining narxi, so'm	Umumiy yig'indi, so'm
1	Universal	kg	1000	38447	3 8 447 000
<b>Jami:</b>					<b>38 447 000</b>

Biz tomonimizdan taklif qilingan korroziya ingibitorlari nafaqat iqtisodiy balki ingibirlash samaradorligi bilan ham samaraliroq ekanligini ko'rishimiz mumkin.

### **XULOSALAR**

1. Tarkibida azot va fosfor saqlagan organik va noorganik birikmalar ya'ni kroton al'degidi va polietilenpoliamin asosida PKA-1 va etilendiamintetrasirka kislota, natriy metasilikat (suyuq shisha) va ortofosfat kislota asosida EDFS-1 markali korroziya ingibitorlari sintez qilingan va ularni olish texnologiyasi ishlab chiqilgan.

2. Sintez qilingan korroziya ingibitorlarining tarkibi, tuzilishi va fizik-kimyoviy xususiyatlari IQ-spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskopiya, YAMR va PMR kabi fizik-kimyoviy usullar yordamida o'rganilgan. Kinetik tadqiqotlar asosida korroziya jarayonining turli kontsentratsiyalardagi termodinamik funksiyalari - aktivalnash energiyasi, entalpiyasi va entropiya qiymatlari aniqlangan. Adsorbsiya jarayoni kinetik parametrlar va termodinamik funksiyalar orqali izohlangan.

3. Korroziya ingibitorlarining plast suvi, H<sub>2</sub>S-CO<sub>2</sub> va CO<sub>2</sub> sistemalarida korroziya ingibitorining ingibirlash samaradorligi o'rganilgan. Bu jarayonda korroziya ingibitorlarining konsentratsiyasi va harorat o'rtasidagi bog'liqligi keltirib o'tilgan. Gravimetrik usulda aniqlangan natijalarga ko'ra PKA-1 markali korroziya ingibitorining kontsentratsiyasi 150 mg/l bo'lganda ingibitor samaradorligi 94,3 % ni, EDFS-1 markali korroziya ingibitoring ingibirlash samaradorligi esa 240 soat davomida plast suvida o'tkazilgan tajribada 96,1 % ni tashkil etgan.

4. Po'lat sirtining morfologiyasi atom kuch mikroskopi va skanerlovchi elektron mikroskopik yordamida aniqlangan.

5. Korroziya ingibitorlarining ingibirlash samaradorligini elektrokimyoviy va gravimetrik usullar yordamida va ingibirlash mexanizimi adsorbsiya jarayonini kinetik parametrlar va termodinamik (faollanish energiyasi, entalpiyasi va entropiyasi) parametrlar orqali aniqlangan.

6. Olingan oligomer korroziya ingibitorlari "Muborak gazni qayta ishlash zavodi" AJ ning ilmiy-amaliy laboratoriyasida amaliyotga joriy etilgan. Natijada vodorod sulfidli korroziya va suv bilan sovutish sistemalarida yuzaga keluvchi korroziya jarayonida po'lat materiallarini himoyalash darajasi 93,65 % ni tashkil qilgan.

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

---

**ТАШКЕНТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**МИСИРОВ ЗАФАР ХОЛМУМИНОВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ  
ИНГИБИТОРОВ СЕРОВОДОРОДНОЙ КОРРОЗИИ**

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

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

**Ташкент – 2023**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2022.4.PhD/T3246.

Диссертация выполнена в Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии.

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

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

**Официальные оппоненты:** Мухамедгалиев Бахтиёр Абдукадирович  
доктор химических наук, профессор

Нуруллоев Зафар Исматуллоевич  
доктор философии по техническим наукам

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

Защита диссертации состоится « 16 » 06 2023 г. в « 10<sup>00</sup> » часов на заседании Ученого совета DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 при Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии по адресу: 111116, Ташкентская область, Ташкентский район, п/о Шурабазар. Тел.: (+99895) 144-67-83, e-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии за № 2023/14 с которой можно ознакомиться в ИРЦ (111116, Ташкентская область, Ташкентский р-н, п/о Шурабазар, Тел.: (+99895) 144-67-83, e-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru)).

Автореферат диссертации разослан « 01 » 06 2023 года.

(протокол рассылки № 2023/14 от « 01 » 06 2023 г.).

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

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

Ш.Н. Киёмов  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
ученых степеней, PhD тех., с.н.с.

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

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В настоящее время разработка ингибиторов коррозии с высокой эффективностью ингибирования и их использование для защиты металлов и металлоконструкций от коррозии является одним из основных направлений решения проблем в области коррозии. Тем более сегодня экономическое развитие промышленности и производства неразрывно связано со стабильной работой устройств. Однако существует ряд требований для создания ингибиторов коррозии нового поколения, к которым относятся: низкоконцентрированные, малозатратные, экологически безопасные ингибиторы коррозии. Ингибиторы коррозии имеют важное значение в нефтегазовой отрасли для защиты трубопроводов от коррозии в различных агрессивных сероводородных, кислых, углекислых и водных средах.

Сегодня в мире ведутся научные исследования по разработке технологии получения ингибиторов коррозии, отвечающих всем требованиям и нормам, на основе органических и неорганических соединений для предотвращения коррозии металлов. В этом направлении большое внимание уделяется проводимым в мире исследованиям по получению олигомерных ингибиторов коррозии, содержащих азот и фосфор, а также синтезу и использованию ингибиторов коррозии, обладающих свойствами ингибирования металлов в различных агрессивных средах.

В нашей республике достигнуты научно-практические результаты по производству новых видов ингибиторов коррозии, замещающих импорт, на основе местного сырья и вторичных продуктов и испытанию их ингибирующей эффективности в различных агрессивных средах. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи, направленные на «Создание технологий получения импортозамещающей продукции из местного сырья и вторичных ресурсов»<sup>2</sup>. В связи с этим производство экономически эффективных и экологически безопасных ингибиторов коррозии и постоянное совершенствование существующих технологий имеют большое значение в предотвращении коррозии металлоконструкций.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № ПП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и эффективности науки в области химии и биологии» и ПП-3264 от 29 августа 2017 г. «О мерах по совершенствованию экспортно-импортной деятельности организаций

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № ПФ-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

химической промышленности» и иных нормативных правовых документах, касающихся данной деятельности.

**Соответствие исследования приоритетам развития науки и техники республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с VII приоритетом развития науки и техники республики «Химические технологии и нанотехнологии».

**Уровень изученности проблемы.** Над научно-исследовательскими работами, проводимыми в области создания ингибиторов коррозии нового поколения и исследовании их ингибирующих свойств работали такие учёные, как Сингх П., Эбенсо Э.Э., Оласунканми Л.О., Обот И.Б., Пол С., Колей И., Муравьева С.А., Мельников В.Г., Егоров В.В., Кузнецов Ю.И., Казанская Г.Ю., Цирульникова Н.В., Аннанд Р.Р., Херд Р.М., Хаккерман Н., Чернов В.Ю., Розенфельд И.Л., Борисов Д.Н., Агафонкин А.В., Данилова Г.Н., Фархутдинова А.Р., Чепкасова О.А., Кузнецов Ю.И., Вигдорович В.И., Федотова А.И., Левашова В.И., от учёных Узбекистана научные исследования проводили Таджиходжаев З.А., Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т., Тиллаев Р.С., Сиганов Т.Д., Курбанов Ф.К., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Икрамов А., Юсупов Д., Кадыров Х.И., Нуриллоев З.И., Нарзуллаев А.Х., Эшмаматова Н.Б., Ёдгоров Н. и другие ученые.

Большинство научно-исследовательских работ, проводимых этими учеными, связаны с созданием ингибиторов коррозии нового поколения на основе местных и вторичных продуктов для предотвращения коррозии металлов в нефтегазовой отрасли, а также теоретической и практической базы для их использования в различных агрессивных средах, а также разработка ингибиторов коррозии, направленная на совершенствование технологий производства.

В настоящее время при защите металлоконструкций от коррозии в различных агрессивных средах проводятся комплексные исследования и широко применяют неорганические соли, органические полимеры, экстракты природных источников и другие соединения, содержащие азот, фосфор и серу, при защите стальных материалов от коррозии в кислых и сероводородных, а также углекислых средах.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательской работой ВУЗа, в котором выполнена диссертация.** Диссертационное исследование проводилось в рамках развития научно-исследовательских работ и проектов по плану Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии НИР Х/Ш №12-06 «Разработка и применение новых эффективных олигомерных ингибиторов коррозии на основе местного сырья» (2007 г.) и А12-005 в рамках практического проекта на тему «Получение и использование новых эффективных ингибиторов коррозии на основе местного сырья» (2015-2017 гг.).

**Цель исследования** является разработка технологии получения эффективных, экологически безопасных ингибиторов коррозии на основе

полиэтиленполиамина, кротонового альдегида, этилендиаминтетрауксусной кислоты, метасиликата натрия и ортофосфатных кислот.

#### **Задачи исследования:**

определение приемлемых условий синтеза олигомера на основе полиэтиленполиамина и кротонового альдегида и композитного ингибитора коррозии на основе этилендиаминтетрауксусной кислоты, метасиликата натрия и ортофосфатной кислоты;

анализ структуры синтезированных ингибиторов коррозии с использованием современных физико-химических методов исследования;

изучение эффективности ингибирования и механизмов ингибирования полученных олигомерных и композиционных ингибиторов коррозии;

исследование морфологии поверхности стали в растворах с ингибиторами и без них с использованием современных физических методов исследования;

разработка принципиальной технологической схемы производства олигомерных и композиционных ингибиторов коррозии, обоснование экономической эффективности и проведение опытно-промышленных работ.

**Объектами исследования** являются олигомер ПКА-1 на основе кротонового альдегида и полиэтиленполиамина, также композиционные ингибиторы коррозии марки ЭДФС-1 на основе фосфорной кислоты, метасиликата натрия и этилендиаминтетрауксусной кислоты.

**Предметом исследования** является определение механизма ингибирования ингибиторов коррозии, изучение эффективности уровней ингибирования и защиты при различных концентрациях и температурах, а также разработка технологии получения ингибиторов.

**Методы исследования.** В диссертации для определения структуры и физико-химических свойств ингибиторов коррозии и изучение морфологию поверхности применялись такие методы, как ИК-, ЯМР и ПМР-спектроскопия, электрохимический и гравиметрический методы, а также сканирующий электронный микроскоп и атомно-силовой микроскоп.

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

впервые синтезированы олигомер ПКА-1 на основе полиэтиленполиамина и кротонового альдегида и композиционные ингибиторы коррозии марки ЭДФС-1 на основе этилендиаминтетрауксусной кислоты, метасиликата натрия и ортофосфатной кислоты;

определены состав и структура полученного олигомерного ингибитора коррозии современными физико-химическими методами, такими как ИК-, ЯМР и ПМР-спектроскопия;

гравиметрическими и электрохимическими методами определена эффективность ингибирования олигомерных и композиционных ингибиторов коррозии стали в сероводородных и различных кислых средах, а также механизм ингибирования;

морфология поверхности стали подтверждается данными растрового электронного микроскопа и атомно-силового микроскопа, что размеры углублений и выступов в среде с ингибитором меньше, чем размеры углублений и выступов стали в среде без ингибиторов;

разработана и технически обоснована принципиальная технологическая схема производства олигомерного ингибитора ПКА-1 и композиционного ингибитора коррозии марки ЭДФС-1.

**Практические результаты исследования**, следующие:

разработаны технологии получения ингибиторов коррозии на основе кротонового альдегида, полиэтиленполиамин, фосфорной кислоты, метасиликата натрия и этилендиаминтетрауксусной кислоты;

определены морфологии улучшения поверхности стали в сероводородных и различных кислых средах установлено, что в растворах, где применялся ингибитор, морфология поверхности стали улучшалась;

установлено, что синтезированные ингибиторы коррозии обладают высокой эффективностью ингибирования в сероводородной, пластичной воде и кислых средах.

**Достоверность результатов исследований** подтверждена современными физико-химическими методами, такими как ИК-, ЯМР и ПМР-спектроскопии, сканирующая электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, гравиметрическими и электрохимическими методами, а также эффективность ингибирования ингибиторов изучалась на основе термодинамической и кинетической теорий, что объясняется взаимностью результатов испытаний, проведенных на опытном и производственном участках, и внедрением их в производство.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследований объясняется созданием научной базы для разработки новых, синтезированных ингибиторов коррозии олигомерного и композиционного типа, состава и химической природы компонентов.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что синтезирован олигомерный ингибитор на основе кротонового альдегида, являющийся побочным продуктом химической промышленности, и полиэтиленполиамин, а также получен ингибитор коррозии композиционного типа, на основе фосфорной кислоты, метасиликата натрия и этилендиаминтетрауксусной кислоты, которые экологически безопасны в промышленности и являются хорошими заменителями импорта.

**Внедрение результатов исследования.** На основании научно-практических результатов, полученных по применению соединений на основе полиэтиленполиамин, кротонового альдегида, фосфорной кислоты, метасиликата натрия и этилендиаминтетрауксусной кислоты в качестве ингибиторов коррозии:

технология получения синтезированного ингибитора коррозии РКА-1 включен в «Перечень перспективных разработок для внедрения в 2022-2025 годах» ООО «Мубаракский ГПЗ» АО «Узбекнефтегаз» (справка ООО «Мубаракский ГПЗ» АО «Узбекнефтегаз» № 751/ГК-08 от 27 августа 2022 года). В результате значительно снизилась скорость коррозии устройств, работающих в сероводородных средах, и дал возможность защитить стальные материалы;

технология получения синтезированного ингибитора коррозии марки EDF5-1 включены в «Перечень перспективных разработок для внедрения в 2022-2025 гг.» ООО «Мубаракский ГПЗ» АО «Узбекнефтегаз» (справка ООО «Мубаракский ГПЗ» АО «Узбекнефтегаз» № 751/ГК-08 от 27 августа 2022 года). В результате были защищены от коррозии стальные конструкции, работающие в системах циркуляционной воды.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертации были представлены и обсуждены на 12 научно-практических конференциях, в том числе 4 международных и 8 республиканских.

**Опубликованность результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 17 научных работ, из них в научных изданиях опубликовано 5 статей, в том числе 3 в республиканских, 2 в зарубежных журналах, в которых рекомендовано к публикации основные научные результаты докторских диссертаций высшей аттестационной комиссии Республики Узбекистан.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 102 страницу.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

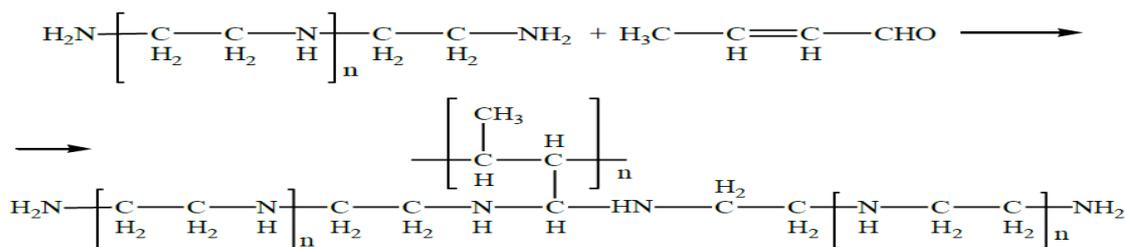
Во введении обосновывается актуальность и необходимость проведенного исследования, описываются цель и задачи, объект и предмет исследования, показывается соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники республики, описаны научная новизна и практические результаты исследования, выявлена достоверность полученных результатов, научная и практическая значимость, представлена информация о внедрении результатов исследования, опубликованных работах и структуре диссертации.

Первая глава диссертации под названием **«Исследования и перспективы создания ингибиторов коррозии»** содержит результаты исследований по теме, анализ зарубежной и отечественной литературы. Были обобщены данные и сделаны научно-аналитические выводы, а также на основе информации в научной литературе определены цель, задачи, актуальность и значимость диссертационной работы.

Во второй главе диссертации **«Синтез ингибиторов коррозии и методы их исследования»** изучен метод синтеза ингибиторов коррозии,

изучены физико-химические свойства полученных ингибиторов коррозии, определено химическое строение синтезированных ингибиторов коррозии с использованием метод ИК-спектроскопии. Для определения эффективности ингибирования синтезированных ингибиторов коррозии использованы гравиметрические, электрохимические и термодинамические методы исследования.

*Синтез ингибитора коррозии на основе полиэтиленполиамина и кротонового альдегида.* Было синтезировано и сформулировано следующее химическое соединение полиэтиленполиамина и кротонового альдегида в присутствии растворителя диметилформаида.



Его получали путем смешивания исходных материалов в соотношении 1:1 при температуре 50°C в течение 2 часов. Затем процесс охлаждали до комнатной температуры и оставляли на 24 часа. Полученный продукт представляет собой твердое полимерное вещество, растворимое в спирте и ацетоне, нерастворимое в воде при нормальной температуре, но растворимое при незначительном повышении температуры.

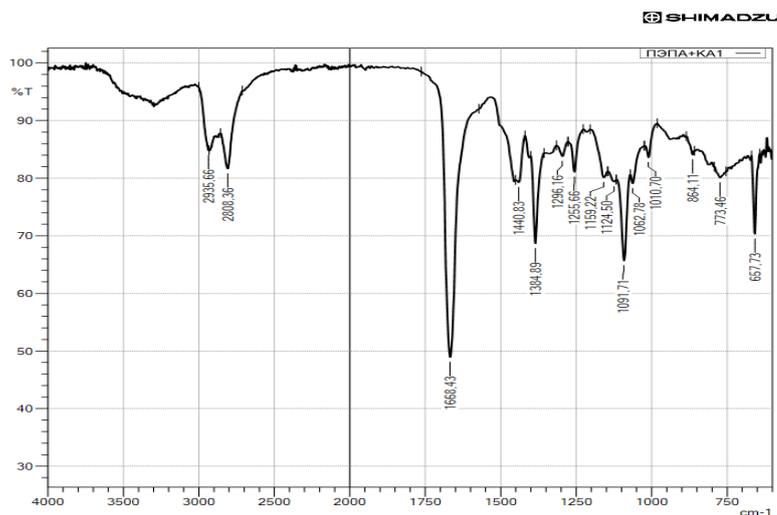
**Таблица 1**

**Влияние температуры на образование ингибитора коррозии ПКА-1 на основе ПЭПА и кротонового альдегида**

Молярное соотношение ПЭПА и кротонового альдегида	Температура, °C	Выход, %	Температура, °C	Выход, %
1:1	50	92.12	30	89.24
1:2		96.51		82.05
2:1		87.61		72.62

Из данных таблицы видно, что выход продукта был самым высоким, когда температура находилась в диапазоне 0°C-50°C, а молярное соотношение исходных материалов составляло 1:2. Сделан вывод, что одним из важнейших факторов после температуры является молярное соотношение исходных веществ.

Состав синтезированного ингибитора коррозии ПКА-1 исследовали с помощью ИК-спектрометрической технологии (IQ-Fure, SHIMADZU, Япония) в диапазоне до 4000 см<sup>-1</sup>.

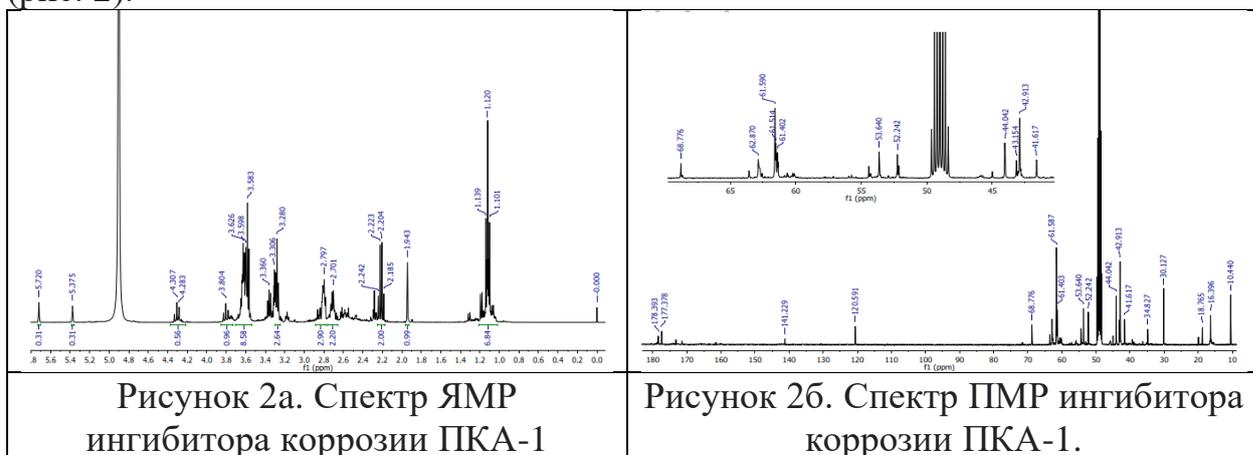


**Рисунок 1. ИК-спектроскопический анализ ингибитора коррозии ПКА-1.**

В колебательных областях ИК-спектра ингибитора коррозии ПКА-1 появляются колебательные линии азота -N-CH- и углеродных связей между этой азотной и метиленовой группой при  $1668\text{ см}^{-1}$ , а также колебательные линии  $\text{NH}_2$ -групп появляется в области  $657\text{ см}^{-1}$ . Области колебаний  $2935\text{ см}^{-1}$ ,  $2808\text{ см}^{-1}$  и  $1091\text{ см}^{-1}$  характерны для групп CH- и  $\text{CH}_2$ -, а деформационные колебания появляются в области  $1440\text{ см}^{-1}$ . В области  $1384\text{ см}^{-1}$  мы видим появление колебаний, связанных с группой  $\text{CH}_3$ .

*Спектроскопический анализ ЯМР и ПМР ингибитора коррозии ПКА-1* - анализ спектроскопии ЯМР, так как удобно использовать дейтерийсодержащий растворитель, т.е. дейтерий не дает сигнала в спектре ЯМР  $^1\text{H}$ , мы растворили наш образец массой 20 мг в дейтерийсодержащем метаноле. Приготовленный раствор помещали в ампулу объемом 0,5 мл и диаметром 5 мм.

Были получены спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и ЯМР  $^{13}\text{C}$  соединения полиэтиленполиамина, взятого в качестве образца с кротоновым альдегидом (рис. 2).



**Рисунок 2а. Спектр ЯМР ингибитора коррозии ПКА-1**

**Рисунок 2б. Спектр ПМР ингибитора коррозии ПКА-1.**

При анализе спектра ЯМР синтезированного ингибитора коррозии ПКА-1 (рис. 1) протоны (N-8) 4,74-4,76 м.д., (N-2 и N-6) 5,10-5,12 м.д. и (N-5 и N-3) 7,38-7,45 м.д. показало, что Также углерод (C-2 и C-3), связанный с азотом,

составляет 53,640., (С-3 и С-4) -42,913-41,617 м.д. показал атомы углерода с двойной связью. Полученные спектры подтверждают образование ингибитора коррозии ПКА-1.

*Синтез ингибитора коррозии на основе этилендиаминтетрауксусной кислоты, метасиликата натрия (жидкого стекла) и фосфорной кислоты* - получение этого ингибитора коррозии композиционного типа основано на способе смешения этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТСК), метасиликата натрия и фосфорной кислоты в различных молярных соотношениях. При изучении эффективности ингибирования смеси, полученной в различных молярных соотношениях, наиболее оптимальное молярное соотношение смеси (ЭДТСК: метасиликат натрия: фосфорная кислота) составило 1:3:1.

Сначала воду нагревают до 40-45 °С и перемешивают с помощью магнитной мешалки, в нее последовательно добавляют вещества, полученные в определенных молярных соотношениях. Потом добавляют ортофосфорную кислоту, затем добавляют силикат натрия и ЭДСК. Смесь перемешивают с помощью миксера при температуре не выше 50 °С в течение до двух часов. Смесь охлаждают до комнатной температуры и оставляют на 24 часа. Затем осадок в полученной смеси фильтруют. По результатам исследований в осадке обнаружен SiO<sub>2</sub>. Количество осадков в смеси зависит от молярного соотношения исходных веществ, и эта зависимость представлена в табл. 2.

**Таблица 2**

**Эффективность ингибирования ингибитором коррозии ЭДФС-1 при различных молярных соотношениях**

№	Ингибитор	Молярное соотношение компонентов	Степень защиты, (К).
1	ЭДФС-1	1:1:1	75,25
2		1:2:1	77,01
3		1:3:1	98,12
4		1:3:2	80,04

Из таблицы 2 видно, что осаждение зависит от молярного соотношения исходных материалов, и оптимальное молярное соотношение составляет 1:3:1. Кроме того, по результатам, полученных гравиметрическим методом, было доказано, что эффективность ингибирования этого молярного соотношения выше, чем у других молярных соотношений.

В третьей главе диссертации **«Результаты исследования основных закономерностей защиты стали ингибиторами коррозии и их анализ»** приведены результаты гравиметрических и электрохимических исследований, кинетических и термодинамических параметров при определении эффективности ингибирования ингибиторами коррозии.

Показано, что вновь синтезированные ингибиторы коррозии марок ПКА-1 и ЭДФС-1 эффективно защищают сталь Ст.20 от коррозии в различных агрессивных средах и системах охлаждения.

Изучена эффективность ингибитора коррозии марки ПКА-1, синтезированного на основе полиэтиленполиамина и кротонового альдегида, при ингибировании стали Ст.20 в H<sub>2</sub>S или SO<sub>2</sub> и различных кислых средах. Для создания сероводородной среды в лабораторных условиях использовали сульфид натрия и соляную кислоту, а их концентрацию измеряли методом йодометрического титрования. Концентрация H<sub>2</sub>S в полученном рабочем растворе составила (400 мг/л). Практические опыты в основном проводились в герметичных аппаратах емкостью 1000 мл. Для эксперимента был взят образец стали размерами 25×13×10 и испытан в различных средах в течение времени от 72 до 360 часов.

Эффективность ингибирования ингибиторами коррозии рассчитывается по следующей формуле (3.1):

$$IE\% = \frac{CR_0 - CR_i}{CR_0} * 100 \quad (3.1)$$

Здесь:  $CR_0$  — скорость коррозии стали в растворе без ингибитора, а  $CR_i$  — скорость коррозии стали с известной концентрацией ингибитора коррозии.

Эффективность ингибитора зависит от таких параметров, как концентрация, температура, режим течения, состав жидкости и парциальное давление газов (таких как CO<sub>2</sub> и сероводород). Значение pH в рабочих растворах, взятых для эксперимента, находилось в пределах от 5,0 до 5,8.

Величина скорости коррозии в пластиковой воде и средах с добавлением CO<sub>2</sub> показывает, что разница невелика, но добавление сероводорода (400 мг/л) в раствор дает H<sub>2</sub>S (400 мг/л) + CO<sub>2</sub> (105 Па) видно, что агрессивность возрастает.

**Таблица 3**

**Пластовая вода (ПС) с присутствием и без присутствия CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S и этих газов совместно скорость коррозии олигомерного ингибитора коррозии ПКА-1 (150 мг/л) на стали Ст.20 марки К, г/(м<sup>2</sup>•ч), защита уровень Z, %**

Время, с	Параметры	Среда			
		Пластовая вода (ПС)	ПС + H <sub>2</sub> S (400 мг/л)	ПС + CO <sub>2</sub> (105 Па)	ПС + H <sub>2</sub> S (400 мг/л) + CO <sub>2</sub> (105 Па)
24	K <sub>0</sub>	0,413	0,671	0,381	0,613
	K	0,027	0,059	0,028	0,058
	Z	93,4	91,2	92,6	90,6
240	K <sub>0</sub>	0,331	0,532	0,283	0,379
	K	0,0188	0,038	0,0195	0,0329
	Z	94,3	92,8	93,1	91,4
720	K <sub>0</sub>	0,211	0,351	0,173	0,275
	K	0,015	0,033	0,015	0,031
	Z	92,8	90,6	91,5	88,6

Ингибитор коррозии ПКА-1 в основном был получен в четырех различных концентрациях 50 мг/л, 75 мг/л и 100 мг/л и 150 мг/л, а уровень

защиты при концентрации 150 мг/л среди этих растворов составил 94,3% и была принята за оптимальную концентрацию.

**Таблица 4**

**Значения коэффициента ингибирования ( $\gamma$ ), покрытия поверхности ( $\theta$ ), степени защиты (К) стали Ст20 гравиметрически определены в 1 М растворах HCl различных концентраций ингибитора ПКА-1 при различных температурах в течение 10 сут.**

Ингибитор	T, (К)	C, (мг/л)	$W, \frac{г}{см^2 \cdot соат}$	$\gamma$	К, (%)	$\theta$
ПКА-1	303	-	<b>1,28</b>	-	-	-
		50	0,284	4,50	77,75	0,7775
		75	0,231	5,54	81,89	0,8189
		100	0,142	9,01	88,91	0,8891
		150	0,115	11,13	90,99	0,9099
	313	-	<b>1,56</b>	-	-	-
		50	0,343	4,55	77,95	0,7795
		75	0,264	5,90	83,08	0,8308
		100	0,172	9,07	88,96	0,8896
		150	0,125	12,48	91,98	0,9198
	323	-	<b>1,75</b>	-	-	-
		50	0,385	4,4	78,01	0,7801
		75	0,280	6,25	83,98	0,8398
		100	0,183	9,56	89,53	0,8953
		150	0,130	13,46	92,56	0,9256
	333	-	<b>1,91</b>	-	-	-
		50	0,410	4,66	78,51	0,7851
		75	0,298	6,41	84,36	0,8436
		100	0,187	10,21	90,21	0,9021
		150	0,119	16,05	93,75	0,9375

Эффективность ингибирования ингибитором коррозии марки ПКА-1 в 1 М растворе HCl составила 93,75% при 333 К и концентрации 150 мг/л.

*Результаты электрохимических исследований.* Эффективность ингибирования ингибитором коррозии марки ПКА-1 оценивали с помощью потенциостата ПИ-50.1.1 и программатора ПР-8. В растворе без ингибитора величина тока коррозии составляет 0,982 мА/см<sup>2</sup>, а стационарный потенциал равен 0,420 В. По результатам, полученным при температуре 293 К, при использовании ингибитора значение ток коррозии уменьшается, а значение коррозионного потенциала смещается в положительную сторону.

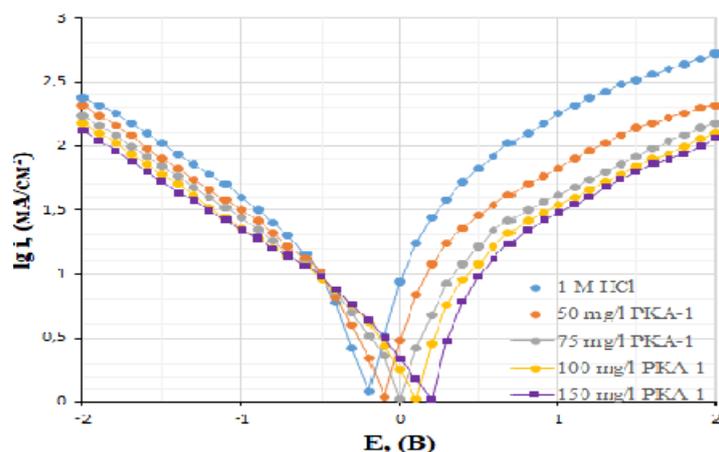


Рисунок 3. Поляризационные кривые ингибитора коррозии ПКА-1 для стали марки Ст.20 сняты при  $293 \pm 1$  К в среде 1 М НСl.

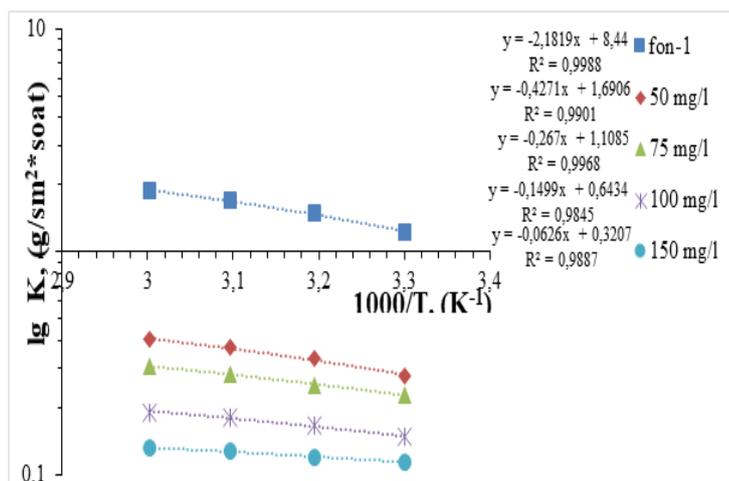
Таблица 5

Эффективность ингибитора, определенная методом поляризационных кривых ингибитора коррозии ПКА-1 в среде 1 М соляной кислоты при температуре  $293 \pm 1$  К

Ингибитор	C, (мг/л)	$i_c$ (mA/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$	$\theta$	$\eta$ , (%)
НСl	-	0,986	—	—	—
ПКА-1	50	0,215	4,59	0,7815	78,15
	75	0,165	5,98	0,8319	83,19
	100	0,104	9,48	0,8945	89,45
	150	0,075	13,15	0,9235	92,35

Как видно из данных, представленных в табл. 5, значение тока коррозии 1М раствора НСl составило 0,986 (мВ/см<sup>2</sup>). По мере увеличения концентрации ингибитора коррозии в растворе увеличивается и электрическое сопротивление раствора, в результате чего потенциальная величина тока коррозии также снижается, и величина тока коррозии снижается до 0,075 (мВ/см<sup>2</sup>). При концентрации ингибитора коррозии ПКА-1 150 мг/л эффективность составила 92,35% в среде 1М НСl.

*Результаты кинетических исследований синтезированных ингибиторов коррозии.* По уравнению Аррениуса ингибитора коррозии ПКА-1 при различных концентрациях определяли значения энергии активации ( $E_a$ ), энтальпии активации ( $\Delta N$ ) и энтропии активации ( $\Delta S$ ) поверхности стали в средах с ингибиторами и без них. Также были найдены значения  $E_a$  по зависимости  $\lg W$  от  $1000/T$  в средах без ингибитора и с ним. Значения  $E_a$  определяли при концентрациях 50, 75, 100 и 150 мг/л. По данным, полученным в результате исследований, значение энергии активации системы без ингибитора невелико, а с введением ингибитора мы видим, что энергия активации системы увеличивается в зависимости от концентрации ингибитора.



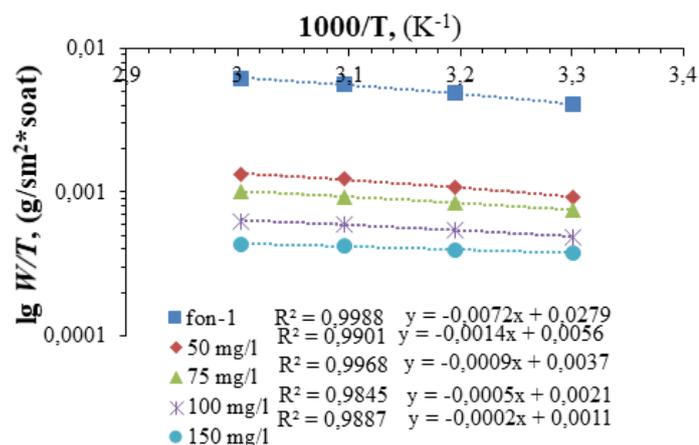
**Рисунок 4. График Аррениуса для энергии активации ингибитора ПКА-1 в растворе**

Также были найдены значения  $E_a$  по зависимости  $\lg W$  от  $1000/T$  в средах без ингибитора и с ним. Значения  $E_a$  определяли при концентрациях 50, 75, 100 и 150 мг/л. По данным, полученным в результате исследований, энергия активации системы без ингибитора высока, а с введением ингибитора мы видим, что энергия активации системы снижается в зависимости от концентрации ингибитора.

**Таблица 6  
Кинетические и термодинамические параметры ингибитора ПКА-1 в 0,5 М растворе HCl**

$C_{ing}$	-	50	75	100	150
<b><math>E_a</math></b>	41,78	58,18	75,11	92,87	121,21
<b><math>\Delta H</math></b>	39,03	55,43	72,36	90,12	118,46
<b><math>\Delta S</math></b>	-36,63	-17,35	36,73	57,37	76,52

Энтальпию и энтропию активации определяли с использованием кривых переходного состояния  $\lg W/T$  против  $1000/T$  (рис. 5). Энтальпия активации оказалась равной 137,86 кДж/моль, а значение энтропии активации равно 336,63 Дж/моль в растворе без ингибитора. Установлено, что энергия активации принимает положительные значения, и ее значение велико в среде без ингибитора коррозии, а при введении ингибитора коррозии энергия активации снижается. Активация среды без ингибитора требует больше энергии, чем процесс с ингибитором коррозии, что указывает на то, что ингибитор коррозии легче использовать в процессе. Положительное значение энтропии в среде, где не используется ингибитор коррозии, свидетельствует о том, что процесс коррозии идет сам по себе.



**Рисунок 5. График переходного состояния ингибитора ПКА-1 в растворе**

В растворах без ингибитора величина  $\Delta S_A$  положительна, что указывает на то, что процесс протекает сам по себе. Однако при добавлении в раствор ингибитора значение энтропии зависит от концентрации ингибитора (50 мг/л -17,35; 75 мг/л 36,73; 100 мг/л 57,37; 150 мг/л 76,52) напрямую принимает отрицательные значения.

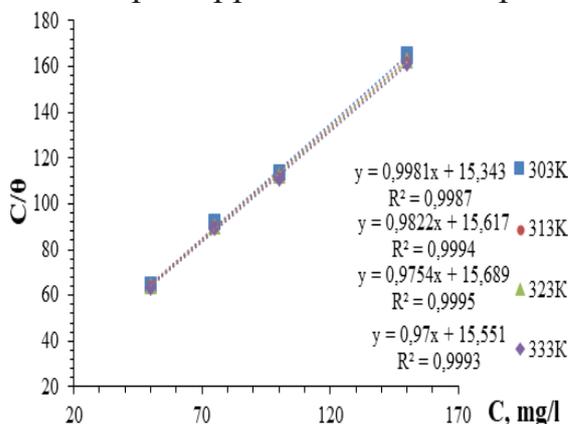
*Изотермы адсорбции.* Одним из важнейших механизмов ингибирования является адсорбция. При этом процесс в основном осуществляется двумя способами:

физическая адсорбция, т.е. при которой ионные заряды, содержащиеся в молекуле ингибитора, создаются на основе электростатического притяжения на границе металл-раствор;

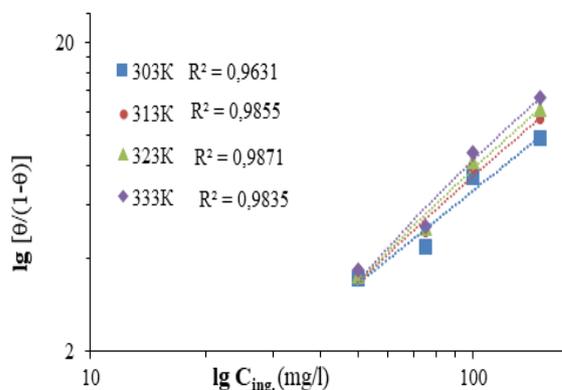
хемосорбция, протекающая с образованием координационных связей в результате переноса зарядов;

Чтобы дополнить вышеуказанные концепции, различные параметры, такие как энергия активации ( $E_A$ ), энтальпия активации ( $\Delta H_A$ ), энтропия активации ( $\Delta S_A$ ), были исследованы на графике Аррениуса и графике промежуточного состояния.

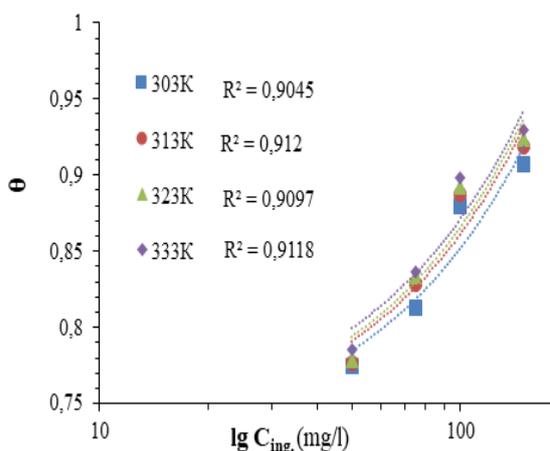
Также построены изотермы Ленгмюра (а), Фрумкина (б) и Темкина (в) ингибитора коррозии ПКА-1 в среде 0,5 М соляной кислоты.



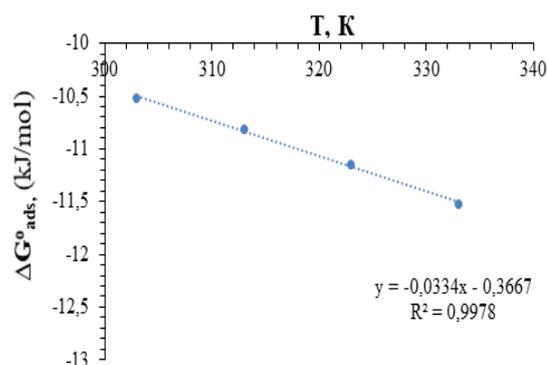
**Рисунок 6а. Изотерма Ленгмюра ингибитора ПКА-1 в растворе**



**Рисунок 6б. Изотерма Фрумкина ингибитора ПКА-1 в растворе**



**Рисунок 6с. Изотерма Темкина ингибитора ПКА-1 в растворе**

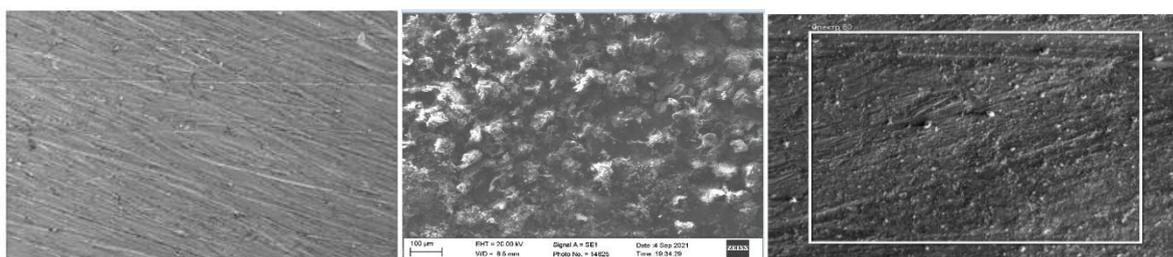


**Рисунок 6д. Температурная зависимость  $\Delta G_{0ads}$**

Из рисунков можно видеть, что в изотермы Ленгмюра коэффициенты корреляции при температуре 303-333 К равен к 0,9987; 0,9994; 0,9995; 0,9993, значения изотермы Фрумкина (0,9631; 0,9855; 0,9871; 0,9835;) и значения изотермы Темкина оказались равными (0,9045; 0,912; 0,9097; 0,9118). Из того, что коэффициенты корреляции изотерм Фрумкина и Темкина не близки к 1, можно узнать, что этот процесс, т. е. процесс адсорбции, протекает не по этим изотермам. Поскольку коэффициент корреляции изотермы Ленгмюра близок к 1, это указывает на процесс адсорбции по изотерме Ленгмюра.

*Исследование морфологии поверхности стали с помощью растрового электронного микроскопа и атомно-силового микроскопа*

Поверхность образцов стали марки Ст.20 при различных концентрациях исследовали морфологическим методом СЭМ. На рис. 7а показана фотография образца стали, снятого для практического эксперимента до проведения практического эксперимента. На рис. 7б показано изображение стального образца в технологической воде без ингибитора, а на рис. 7с показано изображение стального образца, взятого в присутствии ингибитора коррозии. Продолжительность времени в обоих процессах составляет 240 часов.

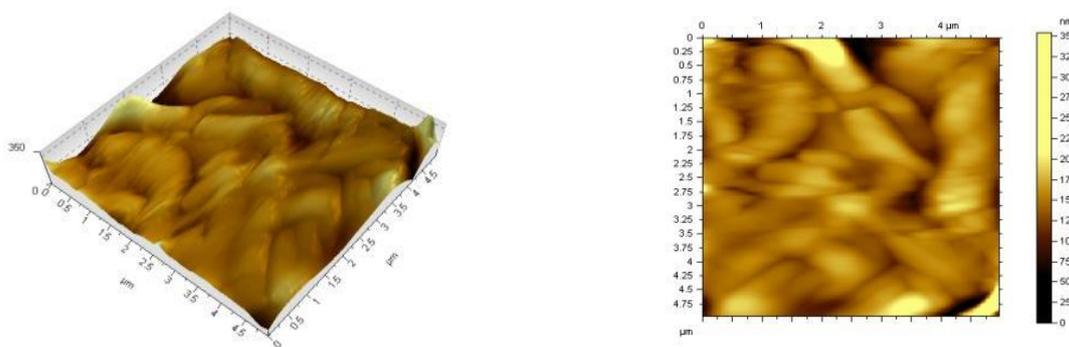


**Рисунок 7а. Сталь Ст20 до практического опыта**

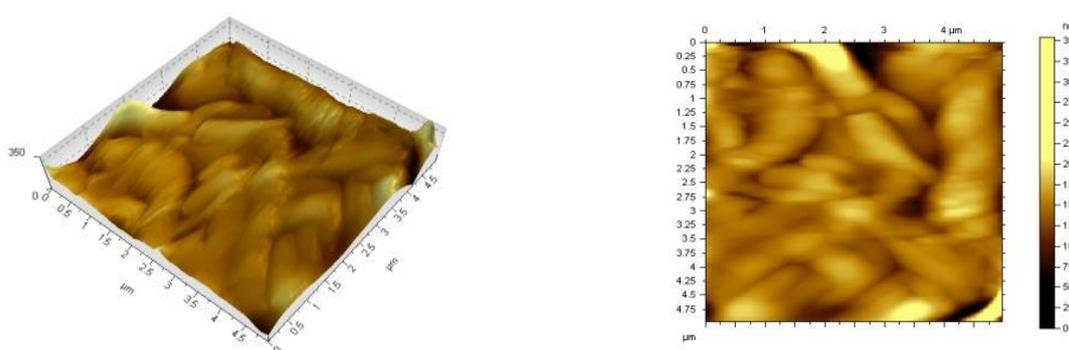
**Рисунок 7б. Сталь Ст20 в растворе безингибитора**

**Рисунок 7с. Сталь Ст20 в ингибиторном растворе**

(АКМ) имеет нано-микроуровень сканирования и представляет собой высокоточное современное устройство для изучения действия ингибиторов и их влияния на формирование и предотвращение коррозии на границе металл/сплав.



**Рисунок 8. Микрофотография морфологии поверхности образца стали Ст20 в 1 М растворе соляной кислоты без ингибитора, полученная с помощью атомно-силового микроскопа**



**Рисунок 9. Трехмерная микрофотография структуры поверхности стали, ингибированной ингибитором сырой коррозии в 1 М растворе HCl, сделанная под атомно-силовым микроскопом.**

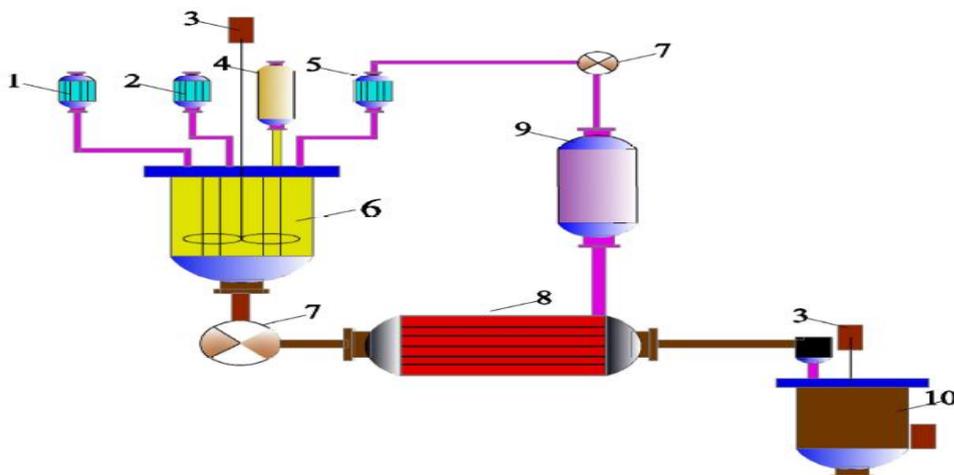
На этих рисунках 8 и 9 изучена и проанализирована поверхность стали Ст20 размером 4,5x4,5 мкм, из полученных результатов видно, что без ингибитора мы видим, что размер выпуклых пиков в растворе составляет 353 нм и 100 нм в отожженном образце, а размер впадин в неинкубированном образце составляет 145 нм и 55 нм в отожженном образце. Отсюда следует, что высокие пики в неингибированном образце свидетельствуют о том, что коррозия протекала на высоком уровне, а малый размер пиков в ингибированных растворах свидетельствует о замедлении процесса коррозии.

В четвертой главе диссертации на тему «Технико-экономическая эффективность синтеза ингибиторов коррозии ПКА-1 и ЭДФС-1» описаны технологии получения ингибиторов коррозии.

Технологическая схема производства ингибитора коррозии ПКА-1 представлена на рис. 10. Простота технологического процесса приводит к снижению себестоимости продукта.

В реактор (6) заливается диметилформамид из ёмкости (5), затем туда медленно подаётся кротоновый альдегид (1) и полиэтиленполиамин (2). В реакторе (6) температура поднимается до 50 °С, перемешивание осуществляется мешалкой (3) с постоянной скоростью, продолжительность

процесса 2 часа. Полученный продукт направляется в барабанную сушилку (8), за счет тепла в барабане растворитель в парообразном состоянии поступает в конденсатор (9), а сконденсированный растворитель направляется в ёмкость для диметилформамида (5) с помощью компрессора (7) для возврата в процесс. Продукт подаётся в барабанную сушилку (8) печного типа, затем направляется в аппарат для упаковки (10).



**Рисунок 10. Производство ингибиторов коррозии марки ПКА-1.**

1-ёмкость для кротонового альдегида, 2-ёмкость для полиэтиленполиамина, 3-мешалка, 4-холодильник, 5-ёмкость для диметилформамида, 6-реактор для химической реакции, 7-компрессорная, 8-барабанная сушилка печного типа, 9-конденсатор, собирающий растворитель в парообразном состоянии, 10-аппарат для к упаковке продукта.

**Таблица 7**

**Структура цен на производство 1 т ингибитора коррозии ПКА-1 и ЭДФС-1**

Сырьё	ПКА-1	ЭДФС-1
Заработная плата	300 000	300 000
Единая социальная плата, 15%	45 000	45 000
Дополнительные расходы	100 000	50 000
Непредвиденные расходы	50 000	50 000
Рентабельность, 5%	804000	1 047 550
НДС, 15%	2 532 600	3299782,5
Итого	19 416 000	25 298 422,5
Себестоимость продукта на 1 кг, сум	19 416, 000	25 298,422
<b>Всего</b>	<b>15 585 000</b>	<b>20 506 000</b>

Из таблицы 7 видно, что стоимость 1 кг ингибитора коррозии ПКА-1 составила 19 416 000 тыс. сум. Также стоимость 1 кг ингибитора коррозии марки ЭДСФ-1 составила 25 298 422 тыс.сум.

Сравнивая стоимость импортного ингибитора коррозии «Универсал» в таблице 8 и предлагаемых нами ингибиторов коррозии ПКА-1 и ЭДСФ-1, мы видим экономическую эффективность в 19 031 000 и 13 149 000 сум за тонну.

**Таблица 8**

**Структура цен на иностранного ингибитора коррозии марки «Универсал»**

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Стоимость одной единицы, сум	Общая сумма, сум
1	Universal	кг	1000	38447	3 8 447 000
<b>Итого:</b>					<b>38 447 000</b>

Мы видим, что предложенные нами ингибиторы коррозии не только экономичны, но и эффективны с точки зрения эффективности ингибирования.

### ВЫВОДЫ

1. Синтезированы ингибиторы коррозии марки ЭДСФ-1 на основе ПКА-1 и этилендиаминтетрауксусной кислоты, метасиликата натрия (жидкого стекла) и ортофосфорной кислоты на основе органических и неорганических соединений, содержащих азот и фосфор, т.е. кротонового альдегида и полиэтиленполиамина, и разработаны технология их получения.

2. Состав, строение и физико-химические свойства синтезированных ингибиторов коррозии изучены с использованием таких физико-химических методов, как ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, ЯМР и ПМР. На основе кинетических исследований определены термодинамические функции коррозионного процесса при различных концентрациях - значения энергии активации, энтальпии и энтропии. Процесс адсорбции объясняется кинетическими параметрами и термодинамическими функциями.

3. Изучена ингибирующая эффективность ингибиторов коррозии в пластмассовой воде, системах  $H_2S-CO_2$  и  $CO_2$ . В этом процессе упоминается взаимосвязь между концентрацией ингибиторов коррозии и температурой. По результатам, определенным гравиметрическим методом, при концентрации ингибитора коррозии марки ПКА-1 150 мг/л эффективность ингибитора составляет 94,3 %, а эффективность ингибирования ингибитора коррозии марки ЭДСФ-1 составило 96,1 % в опыте проведенной в пластиковой воде в течение 240 часов.

4. Морфология поверхности стали объяснялась с помощью атомно-силового микроскопа и сканирующего электронного микроскопа.

5. Эффективность ингибирования ингибиторов коррозии определяли электрохимическим и гравиметрическим методами, а механизм ингибирования определяли кинетическими параметрами и термодинамическими (энергия активации, энтальпия и энтропия) параметрами процесса адсорбции.

6. Полученные олигомерные ингибиторы коррозии внедрены в практику в научно-практической лаборатории АО «Мубаракский газоперерабатывающий завод». В результате степень защиты стальных материалов от коррозии в системах внутреннего водоснабжения и охлаждения составила 93,65 %.

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

---

**TASHKENT SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL  
TECHNOLOGY**

**MISIROV ZAFAR KHALMUMINOVICH**

**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF PRODUCTION TECHNOLOGY  
HYDROGEN SULFIDE CORROSION INHIBITORS**

02.00.14-Technology of organic substances and materials based on them

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

**Tashkent – 2023**

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.4.PhD/T3246.

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

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

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

**Official opponents:** **Mukhamedgaliyev Bakhtiyar Abdukadirovich**  
doctor of chemical sciences, professor

**Nurulloyev Zafar Ismatullaevich**  
doctor of philosophy (PhD) in technical sciences

**Leading organization:** **Navoi State University of Mining and Technology**

The dissertation will be defended on “16” 06 2023 at “10<sup>00</sup>” hours at a meeting of the Scientific Council DSe.16/30.12.2019.K/T.87.01 at the Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology at 111116, Tashkent region, p. Tashkent, st. Shurabazar, Phone: (+99895) 144-67-83, e-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru)

The dissertation has been registered at the Informational Resource Center of the Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology at under № 2023/14 (Address: 111116, Tashkent region, p. Tashkent, st. Shurabazar. Phone: (+99895) 144-67-83, e-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru)).

The abstract of the dissertation has been distributed on « 01 » 06 2023 year  
Protocol at the register № 2023/14 dated « 01 » 06 2023 year



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

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

  
**Sh.N. Kiyomov**  
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for awarding the scientific degrees,  
Ph.D. tech., Leading Researcher

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research work** the development of the technology of production of oligomer and composite import-substituting corrosion inhibitors based on polyethylene polyamine, croton aldehyde, ethylenediaminetetraacetic acid, sodium metasilicate and orthophosphate acids with high inhibition efficiency.

**The object of research work** oligomer PKA-1 based on croton aldehyde and polyethylene polyamine and composite EDFS-1 brand corrosion inhibitors based on phosphoric acid, sodium metasilicate, and ethylenediaminetetraacetic acid.

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

for the first time, oligomer PKA-1 based on polyethylene polyamine and croton aldehyde and composite EDFS-1 brand corrosion inhibitors based on ethylenediaminetetraacetic acid, sodium metasilicate and orthophosphate acid were synthesized;

the composition and structure of the obtained oligomeric corrosion inhibitor were investigated using modern physicochemical methods such as IR-spectroscopy, YAMR and PMR;

the inhibition efficiency of oligomeric and composite corrosion inhibitors of steel in hydrogen sulphide and various acidic environments was determined gravimetrically and electrochemically, as well as the mechanism of inhibition;

the surface morphology of the steel surface is justified by the scanning electron microscope and atomic force microscope, that the sizes of the depressions and peaks in the environment with the inhibitor are smaller than the sizes of the depressions and peaks of the steel in the environment without the inhibitor;

the principle technological scheme of production of oligomer PKA-1 and composite EDFS-1 brand corrosion inhibitors was developed and technically based.

**Implementation of research results.** Based on the scientific and practical results obtained on the use of bricks obtained on the basis of polyethylene polyamine, croton aldehyde, phosphoric acid, meta-silicate sodium and ethylenediaminetetraacetic acid as corrosion inhibitors:

Synthesized corrosion inhibitor PKA-1 was put into practice at Uzbekneftgaz JSC "Mubarak Gas Processing Plant" ("Uzbekneftgaz" JSC "Mubarak Gas Processing Plant" on August 27, 2022 No. 751/GK- Reference No. 08). As a result, the corrosion rate of devices working in hydrogen sulphide environments has been significantly reduced and steel materials have been protected;

synthesized EDFS-1 brand corrosion inhibitor is included in the "List of promising developments for implementation in 2021-2025" of "Mubarak Gas Processing Plant" ("Uzbekneftgaz" JSC "Mubarak Gas Processing Plant" Reference No. 751/GK-08 on August 27, 2022). As a result, steel constructions operating in water circulation systems were protected from corrosion.

**The structure and volume of the dissertation.** The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a summary, a list of references and appendices; the total volume is 102 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (часть I; part I)**

1. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т. Исследование ингибированной коррозии стали с использованием вторичных отходов. // Universum: технические науки. – 2021. № 2 (83). Часть 3. – С. 31-35. (02.00.00. №1)

2. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С., Номозов А.К. Приготовление ингибитора коррозии на основе органических и неорганических соединений и определение его ингибирующей эффективности в 1 м растворе HCl. // Universum: химия и биология. – 2022. № 11(101). -С. 34-36. (02.00.00. №2)

3. Misirov Z. K., Beknazarov K. S. Study of the inhibiting efficiency of PKA-1 corrosion inhibitor in hydrogen sulfide environment //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – Т. 2. – №. 7. – С. 633-639.( Google Scholar №)

4. Misirov Z.X., Beknazarov H.S. Study of the efficiency of corrosion inhibitor PKA-1 on steel in a water-cooling system. // Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and technology Wolume 7 Issue 3, 2022. Namangan-2022. №3. 93-98 b. (02.00.00., №29)

5. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т. PKA-1 маркали коррозия ингибиторининг 1 м HCl муҳитида пўлатни ингибирлаш механизмининг электрохимёвий тадқиқоти. // Қўқон ДПИ. Илмий хабарлар. 3 (7)-2022 сентябрь. Қўқон-2022 йил №3-сон. 21-25 б. (02.00.00. № 30).

**II бўлим ( II часть; II part )**

6. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С., Бабамуратов Б.Э. Таркибида кислород ва азот бўлган янги коррозия ингибитори синтези. // “Замонавий кимёнинг долзарб муаммолари” мавзусидаги республика миқёсидаги хорижий олимлар иштирокидаги онлайн илмий-амалий анжумани, Бухоро 2020 йил 4-5 декабрь, 2020. 312-313 б.

7. Мисиров З.Х., Намозов А.К. Новые ингибиторы коррозии на основе полиэтиленполиамина и кротонового альдегида. // «Фундаментальные науки – специалисту нового времени» (с международным участием) Иванова 2021 г. – С. 73.

8. Мисиров З.Х., Дурдубаева Р.М., Бекназаров Х.С., Мамарасулов Б.С., Йулдошев Ш.У. Ингибирование коррозии стали олигомерным ингибитором на основе полиэтиленполиамина и кротонового альдегида. // «Қорақалпоғистон республикасида ишлаб чиқариш саноат соҳалари ривожининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. Нукус-2021. 160-161 б.

9. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С., Изучение ингибирующих свойств ингибиторов на основе кротонового альдегида и полиэтиленполиамина. // Современные электрохимические технологии и оборудование – 2021

Материалы международной научно-технической конференции г. Минск, Республика Беларусь 18-20 мая 2021 г. Минск-2021. -С. 261-264.

10. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С. Свойства новых ингибиторов коррозии на основе кротонowego альдегида и полиэтиленполиамина. // «Металлорганик юқори молекулали бирикмалар соҳасидаги долзарб муаммоларнинг инновацион ечимлари» Халқаро илмий-амалий онлайн-конференция. Ўзбекистон Республикаси Тошкент ш. 28 май 2021 йил. Тошкент-2021. 3-том. 177-180 б.

11. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С. Полиэтиленполиамин ва кротон алдегид асосида янги коррозия ингибитори синтези ва қўллаш тадқиқоти. «Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов» Республиканской научно-практической конференции. Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент 12-14 май 2022 года. Ташкент-2022. -С. 508-510

12. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С. СТ20 маркали пўлатнинг РКА-1 маркали коррозия ингибитори билан ингибирланган намунасининг СЕМ таҳлили // «Комплекс бирикмалар кимёси ва аналитик кимё фанларининг долзарб муаммолари» Республика илмий-амалий конференцияси. Термиз 2022 йил 19-21 май. Термиз-2022. 1-қисм. 333 б.

13. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С. РКА-1 маркали коррозия ингибиторининг 1 м НСl муҳитда ингибирлаш самарадорлигини гравиметрик усул ёрдамида аниқлаш // «Фан ва ишлаб чиқариш интеграциялашуви шароитида кимё технология, кимё ва озик-овқат саноатидаги муаммолар ва уларни бартараф этиш йўллари» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференцияси. Наманган 2022 йил 3-4 июнь. 24-26 б.

14. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С. Янги коррозия ингибиторининг физик-кимёвий таҳлили // «Муҳандислик-технология фан соҳаларидаги муаммолар: ечим ва таклифлар» мавзусидаги халқаро илмий-техник конференцияси. Термиз 2022 йил 3 июнь. Термиз-2022. 153 б.

15. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С., Бабамуратов Б.Э., Чориев Н.У. Цианур кислота билан метилметакрилат иштирокида янги коррозия ингибитори синтези. // Кимёнинг долзарб муаммолари мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани Тошкент 2021 йил 4-5 февраль. Тошкент-2021. 307 б.

16. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С., Чориев Н.У. Цианур кислота билан Фосфор (III) хлорид асосида коррозия ингибиторини олишни ўрганиш. // Кимё-технология фанларининг долзарб муаммолари мавзусидаги Халқаро олимлар иштирокидаги Республика илмий-амалий анжумани Тошкент 2021 йил 10-11 март. Тошкент-2021. 218 б.

17. Мисиров З.Х., Бекназаров Х.С., Органик ва анорганик бирикмалар асосида олинган композит коррозия ингибиторини пласт сувларида ингибирлаш самарадорлигини аниқлаш. // “Таълим-ишлаб чиқариш кластерида ёшларнинг ўрни” Республика илмий-техникавий анжумани. 2022-йил 28-29 октябрь Қашқадарё вилояти Ғузур тумани. 239 б.

**Avtoreferat «O‘zbekiston kimyo jurnali» tahririyatida  
tahrir qilindi.**

**Bosishga ruxsat etildi: 06.06.2023**

**Bichimi: 60x84<sup>1/16</sup> «Times New Roman»  
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.**

**Shartli bosma tabog’i 2,7. Adadi 100. Buyurtma: № 148**

**Tel: (99) 832 99 79; (99) 817 44 54**

**Guvohnoma reestr № 10-3279**

**“IMPRESS MEDIA” MChJ bosmaxonasida chop etildi.**

**Manzil: Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko’chasi, 6-uy.**



