

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI FAN DOKTORI  
ILMIY DARAJASINI BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.K.01.03  
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

**QURBANOVA LATOFAT MAMADIYOROVNA**

**NATRIY-KARBOKSIMETILSELLYULOZA VA AZOT, FOSFOR TUTGAN  
BIRIKMALAR ASOSIDAGI YASHIL INGIBITORLARNING  
SAMARADORLIGI**

**02.00.04 – Fizik kimyo (kimyo fanlari)**

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

**Kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati  
mundarijasi**

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

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

**Qurbanova Latofat Mamadiyorovna**

Natriy-karboksimetilsellyuloza va azot, fosfor tutgan birikmalar asosidagi  
yashil ingibitorlarning samaradorligi..... 3

**Курбанова Латофат Мамадиёровна**

Эффективность зелёных ингибиторов на основе натрий-  
карбоксиметилцеллюлозы и азот, фосфор содержащих соединений... 21

**Kurbanova Latofat Mamadiyorovna**

The effectiveness of green inhibitors based on sodium  
carboxymethylcellulose and nitrogen, phosphorus containing compounds... 39

**E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ

List of published works ..... 42

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI FAN DOKTORI  
ILMIY DARAJASINI BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.K.01.03  
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

**QURBANOVA LATOFAT MAMADIYOROVNA**

**NATRIY-KARBOKSIMETILSELLYULOZA VA AZOT, FOSFOR TUTGAN  
BIRIKMALAR ASOSIDAGI YASHIL INGIBITORLARNING  
SAMARADORLIGI**

**02.00.04 – Fizik kimyo (kimyo fanlari)**

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

**Kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.4.PhD/K690 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiyasi O'zbekiston Milliy universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, ingliz, rus (rezyume) Ilmiy kengashning veb-sahifasida ([www.ik-kimyo.nuu.uz](http://www.ik-kimyo.nuu.uz)) va "Ziyonet" Axborot-ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:** **Eshmamatova Nodira Baxromovna**  
kimyo fanlari doktori, dotsent

**Rasmiy opponentlar:** **Xoliqov Abduvali Jonizoqovich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Rashidova Kamila Xamidovna**  
PhD., dotsent

**Yetakchi tashkilot:** **O'z FA Umumiy va noorganik kimyo instituti**

Dissertatsiya himoyasi O'zbekiston Milliy universiteti huzuridagi DSc. 03/30.12.2019.K.01.03 raqamli Ilmiy kengashning «15» fevral 2025-yil soat 14<sup>00</sup> daqi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 100174, Toshkent, Universitet ko'chasi, 4-uy. Tel.: (99871) 227-12-24, faks: (99824) 246-53-21; 246-02-24, e-mail: [ilmiy\\_kengash@nuu.uz](mailto:ilmiy_kengash@nuu.uz)).

Dissertatsiya bilan O'zbekiston Milliy universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 7 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100174, Toshkent shahri, Universitet ko'chasi, 4 uy. Tel.: (99871) 246-67-71.

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil \_\_\_-\_\_\_ kuni tarqatildi.

(2025-yil \_\_-\_\_\_gi \_\_\_-raqamli reyestr bayonnomasi).

**Z.A.Smanova**

Fan doktori ilmiy darajasini beruvchi  
ilmiy kengash raisi, k.f.d., professor

**N.X.Qutlimurotova**

Fan doktori ilmiy darajasini beruvchi  
ilmiy kengash ilmiy kotibi, k.f.d., professor

**X.I.Akbarov**

Fan doktori ilmiy darajasini beruvchi  
ilmiy kengash huzuridagi ilmiy seminar  
raisi, k.f.d., professor

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

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Bugungi kunda dunyoda metallar korroziyasi ijtimoiy va ekologik ta'sirlar ostida oshib bormoqda, uni kamaytirishda ingibitorlar, antikorrozion va metall qoplamalar keng qo'llaniladi. Ayniqsa turli xil funksional guruhlarga ega bo'lgan, iqtisodiy samaradorli, ekologik havfsiz, ingibitorlarni qo'llash katta amaliy ahamiyat kasb etadi. Shu o'rinda yashil kimyo talablari asosidagi o'simlik ekstraktlaridan yangi korroziyaga bardoshli ingibitorlar ishlab chiqish muhim o'rin tutadi.

Jahonda metallarni korroziyadan himoyalashning samaradorligini oshiruvchi ingibitorlarni sintez qilishda amino, karboksil guruh, fosfat kislota hosilalari, turli xil supramolekulyar birikmalardan keng qo'llaniladi. Ularning metall sirtiga adsorbsiyalanishi, katod va anod jarayonlarni, turli xil fizik-kimyoviy xossalarni aniqlash bo'yicha keng ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Ayniqsa ekologik xavfsiz bo'lgan o'simlik ekstraktlari asosidagi yashil ingibitorlarni ekstraksiya qilish, ularning metallar yuzasidagi adsorbsion ta'sirlarini aniqlash muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi.

Respublikamizda ilg'or innovatsion texnologiyalarni ishlab chiqishga hamda sanoat tarmoqlarini barqarorlashtirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Korroziya jarayonlarini o'rganish va metallarni himoya qilish usullarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy va texnik muammolarga tegishli. Hozirgi vaqtda kislotali muhitda metallarning korroziya tezligiga ta'sir qiluvchi juda ko'p turdagi organik va noorganik birikmalar o'rganilmoqda. Bunga parallel ravishda tabiiy yoki "yashil" korroziya ingibitorlarini aniqlashga qaratilgan tadqiqotlar olib borilmoqda. Korroziya tezligini kamaytirish uchun tabiiy mahsulotlar, o'simliklar va ularning ekstraktlaridan foydalanish mumkinligi aniqlangan. Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida "Milliy iqtisodiyotni jadal rivojlantirish va yuqori o'sish sur'atlarini ta'minlash"<sup>1</sup>ga qaratilgan muhim vazifalar belgilab berilgan.

Shu sababli import o'rnini bosuvchi, raqobatbardosh, jahon sifat standartlari talablariga javob beradigan, eksportbop, kam konsentratsiyada yuqori samaradorligi bo'lgan, xavfsiz, biologik toza korroziyaga qarshi yashil ingibitorlarni yaratish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 9-iyundagi PF-6244-sonli "Hududlarning sanoat salohiyatini oshirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi hamda 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli "2022-2026-yillarda Yangi O'zbekistonni rivojlantirish strategiyasi to'g'risida"gi farmonlarida nazarda tutilgan vazifalarni, 2020-yil 12-avgustdagi PQ-4805-sonli "Kimyo va biologiya yo'nalishlarida uzluksiz ta'lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida" va 2017-yil 29-avgustdagi PQ-3264-sonli "Kimyo sanoati tashkilotlarining eksport-import faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarorlariga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan

---

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

ustuvor vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**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.** Dunyoda olimlar tomonidan olib borilayotgan ko‘pgina ilmiy tadqiqot ishlari korroziya ingibitorlarining yangi avlodini ishlab chiqarishga bag‘ishlangan. Adabiyotlar sharhi shuni ko‘rsatadiki, juda ko‘p ishlar (J.Wang, D.K.Verma, M. Salasi, J. Chen, X. Zhang, G. Galicia, Y. Qiang, O.A. Elgyar, V. Jeslina, M.P. Gomes, M. Elayyachy, J. Kaur, Ya. Zhang, L.Lei, J. Shi, S.T. Kalajahi, M. Goyal, P.R. Sivakumar, U.I. Musdalslien) elektrokimyoviy usullar tadqiqotlariga bag‘ishlangan bo‘lib, ularda ingibitorlar sifatida turli xil materiallar qo‘llanilgan. Bugungi kunda korroziya ingibitorlari tadqiqotlarida fizik-kimyoviy, elektrokimyoviy va boshqa turli usullar ishlab chiqilgan, biroq texnologiya rivojlanishi bilan korroziya jarayonida organik birikmalarni ingibitor sifatida ta’sir qilish mexanizmi hamda po‘lat sirtiga ta’sirini o‘rganish bo‘yicha ilmiy tadqiqot ishlariga alohida e’tibor qaratilmoqda.

O‘zbekiston olimlari, jumladan, R.S.Tillayev, A.T.Djalilov, D.Yusupov, Z.A.Tadjixodjayev, X.I.Akbarov, A.Ikramov, V.P.Guro, A.J.Xoliqov, X.I.Qodirov, N.B.Eshmamatova, E.T.Berdimurodov va boshqalar metallarni korroziyadan himoyalash muammosini hal qilishda hamda ingibitorlar sifatida ishlatiladigan kimyoviy birikmalarni yangi avlodini sintez qilib olinishida o‘z ilmiy tadqiqotlari bilan katta hissa qo‘shganlar. Bugungi kunda sanoat korxonalari, ishlab chiqarish zavodlarida mavjud turli muhitlarda korroziyani to‘xtatish bo‘yicha mahalliy xomashyolar asosida samaradorligi yuqori bo‘lgan yashil ingibitorlar yaratishga katta ahamiyat berilmoqda.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti O‘zbekiston Milliy universitetining ilmiy tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq №A-12-46 “Polielektrolitlarning antikorrozion samaradorligini oshirish va uni amaliyotga qo‘llash” (2015-2017-yy.) mavzusidagi amaliy loyihaning davomi sifatida olib borilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** metallarni korroziyadan samarali himoyalaydigan natriy-karboksimetilselluloza birikmalarini va poliz ekinlaridan ekstraksiyalangan yashil ingibitorlarni yaratishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

samaradorligi yuqori bo‘lgan yashil (citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita) korroziya ingibitorlari ekstrakt namunalarini ajratib olish hamda Na-KMS asosidagi ingibitorlarni sintez qilish;

yuqori samarali suyuqlik xromatografiya usullaridan foydalanib, citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita ekstraktlari tarkibini aniqlash;

elektrokimyoviy, gravimetrik usullar asosida korroziya toki, tormozlash koeffitsiyenti, korroziya tezligi, himoyalash darajasi kabi parametrlar hamda yashil ingibitorlar bilan qo‘llaganda optimal harorat va konsentratsiyani aniqlab ko‘rsatish;

ishlab chiqilgan ingibitorlarning adsorbsion muvozanat konstantasi va to'la qoplanish darajasini hisoblash va himoyalashning tahminiy mexanizmlarini aniqlash; yashil ingibitorlarni samaradorligiga haroratning ta'sirini o'rganish asosida kinetik parametrlar va termodinamik funksiyalarni hisoblash;

natriy-karboksimetilselluloza va azot, fosforli birikmalar asosidagi yashil korroziya ingibitorlari turli muhitlarda metall sirtiga ta'sirini aniqlash;

olingan ingibitorlarni laboratoriya sharoitida sinovlarini o'tkazib, ishlab chiqarishda amaliyotga tadbiq qilish.

**Tadqiqot obyekti** sifatida *Citrullus lanatus* (tarvuz), *Cucumis melo* (qovun), *Cucurbita* (qovoq) ekstrakt namunalari hamda Na-KMS asosidagi birikmalar olingan.

**Tadqiqot predmeti** sifatida ingibitorlarni samaradorligiga turli omillarning ta'sirini aniqlash va ingibirlashning taxminiy mexanizmlarini taklif qilishdan iborat.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishida infraqizil spektroskopiya, kvant kimyoviy, elektrokimyoviy, ya'ni potensiodinamik qutblanish usuli, qutblanish qarshiligi, ochiq elektrod potensial, gravimetrik, rentgen fazaviy analiz hamda yuqori samarali suyuqlik xromatografiya usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

ilk bor *Citrullus lanatus*, *Cucumis melo*, *Cucurbita* ekstrakt namunalari ajratib olingan va natriy-karboksimetilselluloza asosidagi ingibitorlar sintez qilingan. Yashil ingibitorlarning po'lat 3 va 45 namunalari uchun samaradorligi yuqori ekanligi aniqlangan;

qutblanish qarshiligi, qutblanish egrilari, ochiq zanjir potensiali, elektrokimyoviy tovush usullari asosida korroziya potensiali, korroziya toki aniqlanib, yashil ingibitorlarning himoyalash darajasi 95,54% ga yetganligi, shu bilan birga ularni harorat va konsentratsiyaga bog'liqligi ko'rsatilgan;

yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi usuli *Citrullus lanatus*, *Cucumis melo*, *Cucurbita* ekstraktlarida flavonoidlar va vitaminlar mavjudligi ko'rsatilgan, yashil ingibitorlarning 30 mg/l konsentratsiyada to'la qoplanish darajalari 0,9554 ga tengligi va ingibirlash jarayonining termodinamik funksiyalari aniqlangan;

*Citrullus lanatus*, *Cucumis melo*, *Cucurbita* yashil ingibitorlarida turli funksional guruhlar mavjudligi hisobiga ichki molekulyar sinergizm effekti kuzatilgan hamda bunday ingibitorlarning metall sirtida zich qavatlar hosil qilishi va ingibirlash samarasining ortishiga olib kelishi ko'rsatilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

*Citrullus lanatus*, *Cucumis melo*, *Cucurbita* ekstrakt namunalari ajratib olindi va natriy-karboksimetilselluloza asosidagi yashil ingibitorlar sintez qilingan;

yashil ingibitorlarning korroziyadan samarali himoyalashi va metall yuzasiga yaxshi adsorbsiyalanishi isbotlangan, shu bilan birga sinergetik ta'sir natijasida po'lat 3 va 45 namunalari 95,54% gacha himoyalash darajasiga erishilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Asosiy ilmiy natijalar va xulosalarning **ishonchliligi** po'lat namunalari turli muhitdagi korroziyasi zamonaviy fizik-kimyoviy, elektrokimyoviy va gravimetrik usullarda aniqlanganligi bilan tasdiqlanadi.

### **Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ishlab chiqarilgan ingibitorlarning kimyoviy tabiati bilan antikorrozion xossalari orasida o‘zaro bog‘liqlik ko‘rsatilgani, kinetik va termodinamik parametrlarni turli usullarda aniqlanishi orqali yashil ingibitorlarning ta‘sir qilishining taxminiy mexanizmini aniqlash bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundan iboratki, natriy-karboksimetilselluloza va azot, fosfor tutgan yashil ingibitorlar nafaqat toza po‘lat sirtida, balki korroziyalangan holatda ham jarayonni sekinlashtirib beradi, bu esa metallarning mo‘rtligini oldini olishga yordam beradi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Metallarni korroziyadan saqlashda yashil ingibitorlar qo‘llanilganda olingan ilmiy natijalar asosida:

natriy-karboksimetilselluloza va azot, fosfor tutgan yashil ingibitorlari Muborak gazni qayta ishlash zavodida amaliyotga joriy etilgan (Muborak gazni qayta ishlash zavodining 2024 yil 18 martdagi 45/GK-03-sonli ma‘lumotnomasi). Qo‘llanilgan ingibitorlar metall sirtiga aralash turdagi ingibitorlar sifatida ta‘sir qilishi aniqlandi. Eritmada ingibitorning metall sirti bilan ta‘sir qilishi hamda qiyin eruvchan mahsulotlarni hosil bo‘lishi va himoyalovchi qatlamlar hisobiga korroziya jarayonini tormozlashi va kamaytirishi aniqlangan.

A-FA-2021-18 raqamli “Gazni qayta ishlash jarayonida chiqindi suvlaridan elektroliz qilish usuli bilan vodorod sul‘fidni tozalash, flegmadan metildietanolaminni va uch fazali ajratkich orqali gaz kondensatini ajratish texnologiyasini yaratish” (2022-2023 yy.) ilmiy loyihasida foydalanilgan (O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta‘lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2024 yil 21 oktabrdagi FTK-0313/703-son ma‘lumotnomasi). Ilmiy tadqiqotlar natijasida metallarni xizmat muddatini uzaytiruvchi ingibitorlar yaratilgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 17 ta, jumladan, 4 ta xalqaro va 13 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma‘ruza qilingan hamda muhokamadan o‘tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha 7 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 4 ta maqola respublika va 2 ta maqola xorijiy jurnallarda va 1 ta monografiya nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish, 4 bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovadan iborat. Dissertatsiya hajmi 106 betni tashkil qiladi<sup>2</sup>.

## **DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI**

**Kirish qismida** o‘tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obyekt va predmetlari tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning

---

<sup>2</sup> Muallif dissertatsiya ishini bajarishda bergan ilmiy maslahatlari uchun kimyo fanlari doktori, professor X.I.Akbarovga minnatdorlik bildiradi.

ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Ingibitorlar yordamida metallar korroziyasini himoyalash”** deb nomlangan **birinchi bobi** adabiyotlar sharhiga bag'ishlangan bo'lib, unda metallar korroziyasining zamonaviy nazariyasi va himoyalash usullari tavsiflab ko'rsatilgan. Yashil ingibitorlarning tarkibi va tuzilishi, qo'llanilishi, ilmiy-texnik adabiyotlar va patentlardan o'rganilgan. Metallar korroziyasida ko'p komponentli va yashil ingibitorlar samaradorligini funksional guruhlariga bog'liqligi adabiyotlardan o'rganilgan. Hozirgi kunda turli muhitlardagi korroziyaviy jarayonlarni to'xtatish bo'yicha respublikamiz va chet elda olib borilayotgan ishlar qiyosiy muhokama qilingan. Adabiyotlar sharhi ishning maqsadi, masalasi va ob'yektlarini tanlanganlik darajasini asoslab beradi.

Dissertatsiyaning **“Tadqiqot obyektlari va usullari”** deb nomlangan **ikkinchi bobida** foydalanilgan po'lat 3 va 45 namunalarining tarkibi, fon eritmalar keltirilgan. Natriy-karboksimetilsellyuloza va azot, fosfor tutgan birikmalar asosidagi yashil ingibitorlarning sintezi va tadqiqot usullari, qo'llanilgan jihozlar va materiallari haqida ma'lumotlar keltirilgan.

## 1-jadval

### Disertatsiyada qo'llanilgan yashil ingibitorlar tavsifi

№	Ingibitorlar	Ingibitorlarning to'liq nomlanishi va tarkibi
1	Citrullus lanatus (Yashil ingibitor-1)	Tarvuz (A, C, E vitamini, B-guruhi vitaminlari, flavonoidlar, geteroatomli birikmlar, magniy, kaliy, kalsiy, fosfor, azot, temir, natriy, kislorod, vodorod va b.)
2	Cucumis melo (Yashil ingibitor-2)	Qovun (saxaroza, kletchatka, vitaminlar, flavonoidlar, folat kislota, kaliy, natriy, kalsiy, magniy, temir, azot, fosfor, oltingugurt va boshqa mikroelementlar)
3	Cucurbita (Yashil ingibitor-3)	Qovoq (qand, vitaminlar, askorbin kislotasi, karotin, tiamin, riboflavin, azotli birikmalar, flavonoidlar, pektin moddalar, moy)
4	Na-KMS·H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Natriy-karboksimetilselluloza fosfat kislota bilan xosilasi
5	Na-KMS·Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	Natriy-karboksimetilselluloza natriy tripolifosfati bilan xosilasi

Elektrokimyoviy tadqiqot usullari, gravimetrik usul, ingibirlash jarayonining faollanish kinetikasi va termodinamikasi, adsorbsiya nazariyalari va termodinamikasi, IQ spektrlari va ularning tahlillari, yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) usullari haqida ma'lumotlar keltirilgan. Birinchi marta poliz ekinlari

ekstraktlari: citrullus lanatus (Yashil ingibitor-1), cucumis melo (Yashil ingibitor-2), cucurbita (Yashil ingibitor-3) ekstraktlari namunalari ingibitorlar sifatida olingan.

Tadqiqot obyektlari sifatida natriy-karboksimetilsellyuloza va azot, fosfor tutgan birikmalar asosidagi yashil ingibitorlar olingan va ularni tavsiflari 1-jadvalda keltirilgan. Tadqiqotlar quyidagi fon eritmalarda olib borildi: 5%Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+3%H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Fon-1) pH=5,3; 3%NaCl+5%Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Fon-2), pH=8,9; vodoprovod suvi (Fon-3), pH=6,7. Elektrodlar po'lat 45 namunasidan, %: Fe=97; C=0,42; Mn=0,50; Si=0,17; P=0,035; As=0,08; S=0,04; Cr=0,25; Ni=0,25; Cu=0,25 tayyorlandi. Ayrim tadqiqotlar po'lat 3 namunalari ham olib borildi. %:Fe=98,36; C=0,20; Mn=0,50; Si=0,15; P=0,04; S=0,05; Cr=0,30; Ni=0,20; Cu=0,20.

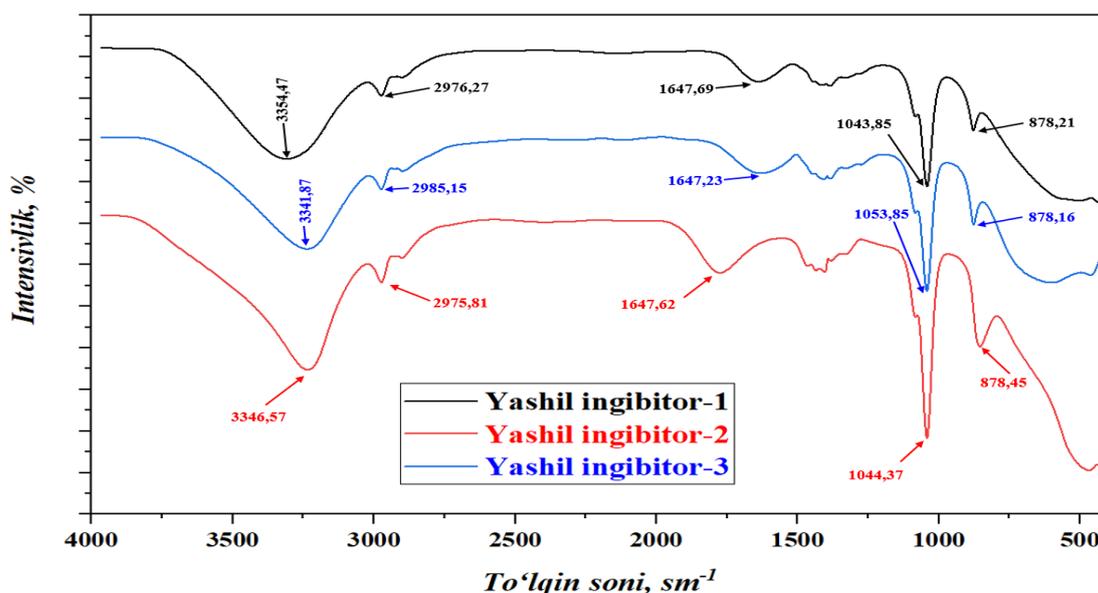
Dissertatsiyaning **“Natriy-karboksimetilsellyulozaning birikmalari va poliz ekinlaridan ekstraksiyalangan yashil ingibitorlarning tarkibi va tuzilishi”** deb nomlangan **uchinchi bobida** sintez qilingan birikmalar va yashil ingibitorlar ekstraksiyasi IQ-spektroskopiyasi, optik emission spektrometrik usul, yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) usullaridan olingan natijalarning tahlili keltirilgan.

**Natriy-karboksimetilselluloza birikmalari asosidagi yashil ingibitorlarning IQ spektrlari.** Ingibitorlarni himoyalash xususiyati ayrim metallarda -NH<sub>2</sub>, =NH, CN, N=O, C=C, -C=O, OH, P-O-H, P=O, COO<sup>-</sup>; funksional guruh tutgan birikmalarda kuchliroq ekanligi oldindan ma'lum.

Natriy-karboksimetilselluloza va natriy tripolifosfati tuzi asosidagi sintez birikmasining IQ spektrida 3305,99 sm<sup>-1</sup> sohada OH guruhiga tegishli bo'lgan valent tebranish chiziqlarini ko'rish mumkin; 2362,8-2115,91 sm<sup>-1</sup> sohalarda P-O-H ga tegishli chiziqlar namoyyon bo'ldi. 1635,64 sm<sup>-1</sup> sohada COO<sup>-</sup> karboksilat anioniga tegishli bo'lgan assimetrik; 1415,78 - 1327,03 sm<sup>-1</sup> sohalarda esa shu ionga tegishli bo'lgan simmetrik tebranishlardagi chiziqlar hosil bo'ldi. Tahlil davomida 1203,58 sm<sup>-1</sup> sohada P=O ga tegishli bo'lgan signal; 1107,14 sm<sup>-1</sup> sohada C-O bog'lar; 975,98- 898,83 sm<sup>-1</sup> sohalarda OH ga tegishli bo'lgan deformatsion tebranishlar; 667,37 sm<sup>-1</sup> chastotada C-H ga tegishli bo'lgan assimetrik, 599,86 sm<sup>-1</sup> da esa Na-O ga tegishli bo'lgan tebranishlarni ko'rish mumkin.

Dissertatsiya ishida poliz ekinlari ekstraktlaridan citrullus lanatus (Yashil ingibitor-1), cucumis melo (Yashil ingibitor-2), cucurbita (Yashil ingibitor-3) namunalari ekstraksiyalari IQ spektrlari o'rganilgan.

Cucurbita ekstrakti namunasi IQ spektrida 3347,57 sm<sup>-1</sup> sohada o'rtacha intensivlikka ega bo'lgan NH guruhiga tegishli bo'lgan assimetrik; 2975,81 sm<sup>-1</sup> chastotada kuchli intensivlikka ega bo'lgan CH<sub>3</sub> guruh; 1647,62 sm<sup>-1</sup> oraliqda o'rtacha kuchsiz intensivlikka ega C=C bog'larga tegishli bo'lgan tebranishlar; 1453,05 sm<sup>-1</sup> yutilish sohasida o'rtacha kuchsiz assimetrik tuzilishli NO<sub>2</sub> guruh; 1417,57 sm<sup>-1</sup> chastotada CH guruh tegishli intensivligi kuchsiz tebranishlar; 1382,32-1328,19 sm<sup>-1</sup> oraliqda simmetrik, o'rtacha intensiv CH<sub>3</sub> guruh; 1274,26 sm<sup>-1</sup> sohada -P=O bog'larga tegishli bo'lgan tebranishlar mavjudligi aniqlangan. Uglevodород molekullari gidrofob xossalarni namoyon qilib, agressiv muhit tomon yo'naltirilib, metall sirtidan korrozion aktiv zarrachalarni itarib chiqaradi hamda qo'shimcha ekrinlashtirib himoyani kuchaytiradi.



**1-rasm. Yashil ingibitorlarning IQ-spektrlari**

Fosfatlarning ta'sirini sirtida yupqa fosfat qavatlar xosil qilishi va metall ionlarini himoya qilishi bilan tushuntiriladi. Natriy-karboksimetilselluloza va azot, fosfor tutgan yashil ingibitorlar erimaydigan komplekslarni hosil qilishi bilan birmuncha samaradorli hisoblanadi. Eritmaga ushbu birikmalarning qo'shilishi metallarni korroziyadan saqlab, ortiqcha tuz hosil qilishning oldini oladi. Ingibirlash xususiyati ayrim metallarda funksional guruhlar  $-NH_2$ ,  $=NH$ ,  $CN$ ,  $N=O$ ,  $-P=O$  tutgan birikmalarda kuchliroq ekanligi taxmin qilinadi.

**Yashil ingibitorlarni optik emission spektrometrik usulida olingan element analiz natijalari.** Dissertatsiya ishida poliz ekinlari ekstraktlaridan citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita namunalari tarkibidagi makro va mikroelementlarni AVIO 200 (ISP-OES) optik emission spektrometrik usuli orqali natijalar olindi. Yashil ingibitorlar namunalari citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita ekstraktlar tarkibidagi metallar va metallmaslarning miqdori element analizi usulida aniqlandi. Analiz natijasida citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita namunalari nisbatan cucurbita tarkibida azot va fosforning miqdori bir muncha ko'pligi aniqlandi. Ushbu olingan natijalar IQ spektroskopiyasi usuli asosida olingan natijalar bilan mos keldi, ya'ni ekstrakt namunalari aniqlangan funksional guruhlar yana bir bor ma'lumotlarni tasdiqlaydi.

**Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) natijalarining tahlili.** Dissertatsiya ishida Jizzax viloyati Zomin va Sh.Rashidov tumanlarida yoz mavsumida yetishtirilgan tarvuz (citrullus lanatus)ning chinni, qovun (cucumis melo)ning obi novvot va qovoq (cucurbita)ning kartoshka qovoq nomli navlarining po'stloq qismlaridan ekstraksiya qilish uchun foydalanildi. Poliz ekinlari tarkibida A, C, E vitamini, B-guruhi vitaminlari, flavonoidlar, qand (saxaroza), kletchatka, karotin, tiamin, riboflavin, azotli birikmalar, pektin moddalar, folat kislotasi, magniy, kaliy, kalsiy, fosfor, azot, temir, natriy, oltingugurt va boshqa mikroelementlar kabi moddalarni o'zida saqlaydi. Tarvuz (citrullus lanatus)ning chinni, qovun (cucumis melo)ning obi novvot, qovoq (cucurbita)ning kartoshka qovoq deb nomlangan

navining po‘stloq qismi salqin joyda 1 oy mobaynida quritilib olindi va mayda kukun holatiga keltrilidi. Kukun holatidagi tarvuzni 96%li spirtga solinib 10 kunda olib qo‘yildi. 10 kundan so‘ng hosil bo‘lgan eritmaning spirtli qismini rotorli bug‘latgichda xaydab olindi. Qolgan suvli qismi muzlatilib, ya‘ni liofil quritish usulida quritildi. Liofil quritish qurilmasi moddani solishdan yarim soat oldin yoqiladi va vakkum qo‘shiladi. Kolbadagi moddalar osiladi va 5-6 soat davomida quritiladi. Shu bilan birga ularni ingibitorlik xossalarini birinchi marta o‘rganildi. Dissertatsiya ishida yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) usuli asosida standart namunalarga nisbatan flavonoidlar miqdorini aniqlash ishlari olib borilgan. Flavonoidlarning ayrimlari turli xil to‘lqin uzunliklarida maksimal nur yutish qobiliyatiga ega bo‘lib, elyuentlar sistemasi oddiy usul asosida bir biridan ajratish ishlarini olib borish imkoniyatini yaratadi. O‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita lardagi po‘stlog‘i ekstraktlari nafaqat suvli muhitda balki, og‘ir sharoitlarda ham qo‘llanilishi mumkin. Birikmalarning himoyalash xossalarini samaradorligi ingibitorlarni xemosorbsion mexanizmida metall sirtiga ta‘sir qiladi va mustahkam ximoyalovchi qavatlarni hosil qilishi mumkinligi haqida fikr yuritishimiz mumkin. Flavonoidlar tarkibidagi karbonil va gidroksil guruhlari hisobiga metall ionlari bilan kam eruvchan birikmalarni hosil qilish imkoniyatiga ega.

## 2-jadval

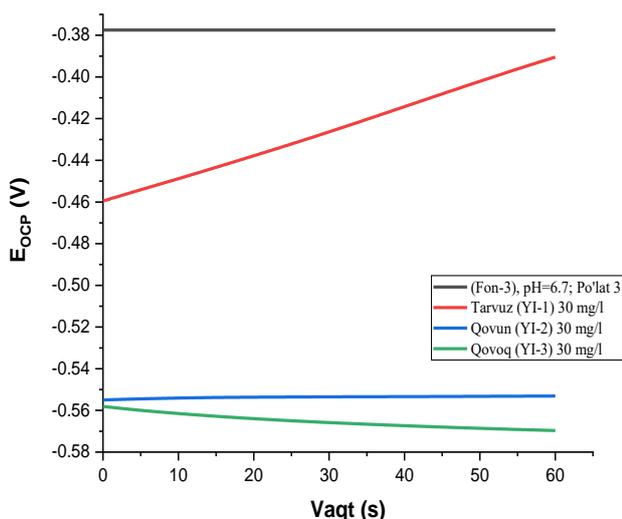
### Citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita ekstraktlari tarkibidagi flavonoidlarning miqdori

T/r	Namunalar	Flavonoidlar miqdori mg/100g						
		Rubinin	Rutin	Apigenin	Izoramnetin	Gall kislota	Giperazid	Kversetin
1	Citrullus lanatus	-	190,741	34,564	-	65,369	25,998	-
2	Cucumis melo	-	131,114	41,974	-	75,124	-	-
3	Cucurbita	-	190,702	30,864	-	176,712	37,141	-

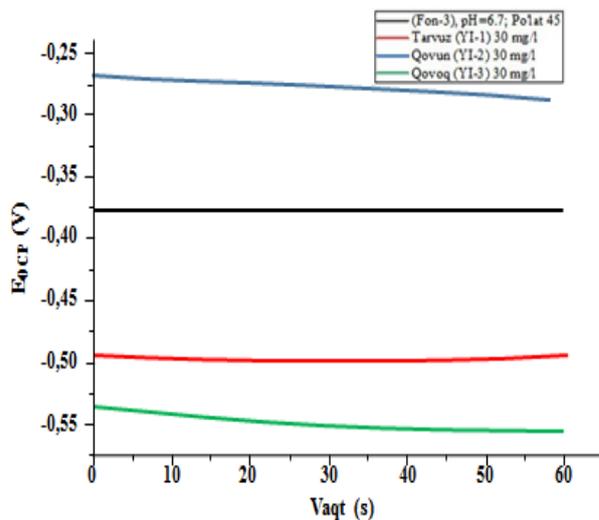
Flavonoidlarning miqdoriga nisbatan cucurbita (Yashil ingibitor-3)da eng yuqori ekanligini ko‘rishimiz mumkin. Ayniqsa qovoq tarkibidagi rutin miqdori 190,702 mg/% ni, gall kislotasi 176,712 mg/% ni, citrullus lanatus tarkibida rutin miqdori 190,741 mg/% ni tashkil qiladi. Xulosa qilib aytadigan bo‘lsak, yashil ingibitor ekstraktlari tarkibida flavonoidlarga va vitaminlarda boy bo‘lib, ular metall yuzasiga adsorbsiyalangan holda korroziyaning oldini oladi. Ayniqsa tahlil qilingan natijalar asosida hamma yashil ingibitorlar tarkibida vitamin B 6 ning miqdori ko‘p bo‘lib, piridoksalfosfat tarkibidagi azot, fosfor hamda gidroksil guruhlarning mavjudligi korroziya jarayonida ingibirlash xossasini yanada yaxshilaydi.

Dissertatsiyaning to‘rtinchi bobini **“Ingibitorlarning samaradorligini elektrokimyoviy va gravimetrik usullar yordamida tadqiq qilish”** deb nomlanadi. **Ochiq elektrod potensial o‘zgarishi usulidan olingan natijalar.** Bunda po‘lat 3 va 45 namunalari turli muhitda ingibitorlar ta‘sirida ochiq elektrod potentsiallarni

o'zgarish natijalari keltirilgan. Natijalardan shuni bilish mumkinki, faqat OCP o'zgarishlarida har bir ingibitordan olingan egri chiziqlar ya'ni potentsiallarni barqaror holatga kelishini izohlaydi. Metall namunasi ingibitorga botirilgandan so'ng, namuna uchun oxirgi statsionar OCP,  $E_{corr}$ . va har bir namunaning dastlabki og'irligi, yakuniy massasi va massa yo'qotishi hamda hisoblangan o'rtacha korroziya tezligi, sinovdan so'ng namunadagi chuqurlikning vizual ko'rsatkichlari o'lchanishi mumkinligi aniqlangan. Korroziya tezligining o'zgarishi metall sirtida qatlamlar hosil bo'lishini izohlaydi. Ingibitorlar kiritilganda oxirgi barqaror OCP qiymatlari ularning tegishli himoya potentsiallaridan ( $E_{corr}$ .) ni o'zgarishidan darak beradi.



**2-rasm. Po'lat 3 namunasining turli ingibitorlarni kiritilganda ochiq elektrod potentsial o'zgarishi**



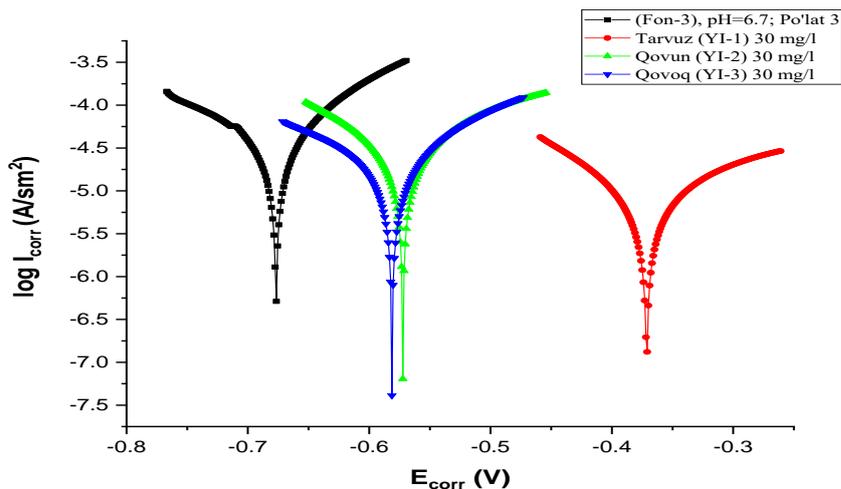
**3-rasm. Po'lat 45 namunasining turli ingibitorlarni kiritilganda ochiq elektrod potentsial o'zgarishi**

Ko'rsatilgan natijalar, uchta ingibitor uchun OCP potentsialining sezilarli darajada oshishini ko'rsatdi. Taxminan 40 va 50 soniyadan so'ng, potentsiallar barqaror maksimal qiymatlarga yetdi, bu esa o'zgarmas bo'lib qoladigan quasi-statsionar holatni anglatadi. Ochiq elektrod potentsialining barqarorlanishi, ingibitorlarning uglerod tutgan po'lat yuzasiga samarali adsorbtsiyalanishini tasdiqlaydi.

**Qutblanish egrilari usulida olingan natijalar tahlili.** Qutblanish egrilari usuli ingibitorlarning samaradorligini aniqlashning ekspress usullaridan biri xisoblanishi yoritilgan. Metallarning turli muhitlarda elektrokimyoviy korroziyasini tasvirlab berishda qutblanish egrilarining analizidan foydalanish mumkin. Po'lat elektrodning yuzasi ingibitor bilan ingibirlanishi natijasida elektrodlarda ma'lum farqqa ega potentsiallarning o'zgarishi va shu bilan birga korroziya tokning miqdori o'zgarishi kuzatiladi. Dissertatsiya ishida yashil ingibitorlar tarvuz (*Citrus lanatus*) YI-1, qovun (*Cucumis melo*) YI-2, qovoq (*Cucurbita*) YI-3 namunalari qutblanish egrilari usuli yordamida ingibitorlarning samaradorligi o'rganildi.

Korroziya toki o'zgarishlari orqali to'la qoplanish darajalari  $\theta$ , adsorbtsion muvozanat konstantasi aniqlangan. Bunda to'la qoplanish darajasi 0,82-0,95 ga qadar

ortganligi aniqlandi.  $\theta$  qiymati 1ga qadar ortib borsa shu ingibitorlar samarali hisoblanadi.



**4-rasm. (Fon-3) da po‘lat 3 namunasining turli ingibitorlar kiritilganda qutblanish egrilari usuli yordamida olingan natijalar**

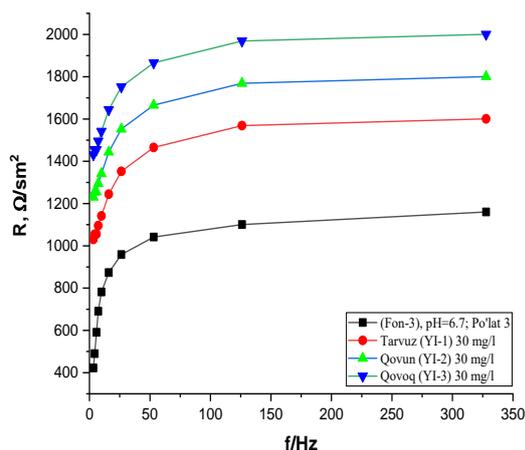
Yashil ingibitorlarning samaradorligi 25°C haroratda 5% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+3% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Fon-1) pH=5,3 da qutblanish egrilari usulida aniqlangan natijalar 3-jadvalda berilgan.

**3-jadval**

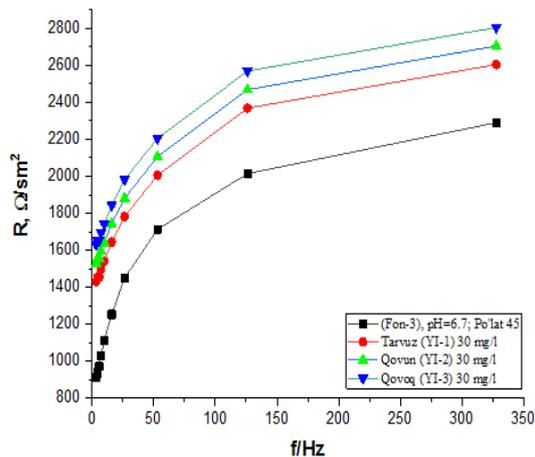
**Ingibitorlarning samaradorligini 25°C haroratda (Fon-1) eritmada qutblanish egrilari usulida aniqlangan natijalari**

Ingibitor	C, (mg/l)	$i_c$ (mA/sm <sup>2</sup> )	$\gamma$	$\theta$
(Fon-1)	30	0,68	—	—
Cucurbita		0,034	20,00	0,95
Cucumis melo		0,040	17,00	0,94
Citrullus lanatus		0,054	12,59	0,92
(Na-KMS+DEAF)		0,061	11,15	0,91
(Na-KMS+AF)		0,074	9,18	0,89
NaKMS·Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>		0,102	6,66	0,85
Na-KMS·H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>		0,122	5,57	0,82

**Qutblanish qarshilik usulida olingan natijalarning tahlili.** Elektrokimyoviy qarshilik spektroskopiyasi (EQS) yoki qutblanish qarshilik usuli tadqiqot ishida po‘latning 3 va 45 namunalarida olib borildi. Ushbu ishda yashil ingibitor kiritilgan sistemada citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita ingibitorlarda korroziyalanish va ingibirlanish jarayonlarining elektrokimyoviy kinetik parametrlarini o‘zgarishi o‘rganildi. Sistemada po‘lat 3 namunasida qutblanish qarshiligi fon eritmada 410 ga teng, po‘lat 45 namunasida fon eritmada 800 ga tengligini ko‘rishimiz mumkin. Sistemaga ingibitor kiritilganda qutblanish qarshiliklari keskin ortganligini ko‘rishimiz mumkin.



**5-rasm. Yashil ingibitorlarni po‘lat 3 elektrodi va (Fon-3)da qutblanish qarshiliklarini o‘zgarishi**



**6-rasm. Yashil ingibitorlarni po‘lat 45 elektrodi va (Fon-3)da qutblanish qarshiliklarini o‘zgarishi**

Ushbu egrilardan ko‘rinib turindiki eng yaxshi ingibitor cucurbita namunalaridan ajratib olingan ingibitor hisoblanadi.

**Gravimetrik usulda olingan natijalar.** Dissertatsiya ishida ingibitorlarning samaradorligini gravimetrik usulda aniqlashda tajribalarni turli harorat oralig‘i va turli konsentratsiyalarda olib borish ingibirlash mexanizmi haqida ko‘plab ma‘lumotlarni beradi. Tadqiqot obyektlarining fon eritmalaridagi optimal konsentratsiyasini aniqlash uchun ingibitorlarning turli konsentratsiyalarida tadqiqotlar olib borildi. Olib borilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra ingibitorlarning 30 mg/l konsentratsiyasi optimal konsentratsiyasi deb topildi. 10, 20, 30, 40 mg/l konsentratsiyalarda olib borilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra konsentratsiya ortishi bilan himoyalash darajasi va sirtni qoplanish darajasi avvalo sezilarli darajada ortishi keyinchalik deyarli o‘zgarmay qolganligi kuzatildi (Jadval-4). (Fon-3) eritmada olib borilgan himoyalash darajasini konsentratsiyaga bog‘liqligini o‘rganish natijalariga ko‘ra obyektlar (Fon-1) va (Fon-2) ishchi eritmalariga qaraganda yuqoriroq himoyalash darajasini ko‘rsatdi. Cucurbita ingibitori yuqori 95,54% samaradorlikni namoyon qilishini ko‘rishimiz mumkin.

**4-jadval**

**Ingibitorlarning 298 K haroratda (Fon-3) eritmada himoyalash darajasini konsentratsiyaga bog‘liqligi**

C, mg/l	Ingibitorlar samaradorligi, %				
	Na-KMS ·H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Na-KMS ·Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	Citrullus lanatus	Cucumis melo	Cucurbita
10	69,95	73,08	77,78	81,55	83,71
20	83,45	86,01	88,12	89,25	93,23
30	87,42	88,12	93,01	94,82	95,54
40	87,69	88,29	93,17	94,95	95,67

(Fon-3) eritmada ingibitorlarning himoyalash darajasini konsentratsiyaga bog‘liqligi 4-jadvalda keltirilgan. Gravimetrik usuldan foydalanib 15 kundan 30 kun davomida ingibitorlarning ta’sir qilish davomiyligi aniqlandi.

### 5-jadval

**T=298 K da ingibitorlarning turli ishchi eritmalarda 15 va 30 kun davomida gravimetrik usulda aniqlangan tormozlash koeffisienti ( $\gamma$ ), himoyalash darajasi (Z) qiymatlari**

Ingibitorlar	$K$ , gr/(sm <sup>2</sup> ·soat)	$\gamma$	Z, %	$K$ , gr/(sm <sup>2</sup> ·soat)	$\gamma$	Z, (%)
	<b>15 kunlik natija</b>			<b>30 kunlik natija</b>		
Fon-3 (pH=6,7)	2,97	-	-	2,73	-	-
Na-KMS·H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0,472	6,29	84,09	0,343	7,96	87,42
Na-KMS·Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	0,427	6,96	85,62	0,352	7,75	88,12
Citrullus lanatus	0,227	13,08	92,35	0,191	14,29	93,01
Cucumis melo	0,190	15,63	93,58	0,141	19,36	94,82
Cucurbita	0,167	17,78	94,36	0,122	22,38	95,54

(Fon-3) eritmada olib borilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra 30 mg/l konsentratsiyada tadqiqot obyektlari 15 kun davomida 84,09% dan 94,36% gacha, 30 kun davomida 87,42% dan 95,54% gacha himoyalash darajasini ko‘rsatdi.

### 6-jadval

**Turli harorat va konsentrasiyalarda Cucurbitaning Fon-3 eritmadagi korroziyaga qarshi samaradorligi**

Ingibitorlar	T, K	$C_{ing}$ , mg/l	$K$ , mg/sm <sup>2</sup> ·soat	$\gamma$	Z, %	$\theta_{Grav}$
(Cucurbita)	298	-	2,730	-	-	-
		10	0,515	5,305	81,15	0,8115
		20	0,326	8,3682	88,05	0,8805
		30	0,122	22,38	95,54	0,9554
		40	0,115	23,74	95,78	0,9578
	308	-	3,010	-	-	-
		10	0,687	4,384	77,19	0,7719
		20	0,456	6,6007	84,85	0,8485
		30	0,227	13,245	92,45	0,9245
		40	0,213	14,124	92,92	0,9292
	318	-	3,310	-	-	-
		10	0,872	3,7959	73,66	0,7366
		20	0,757	3,7959	77,14	0,7714
		30	0,460	3,7959	81,78	0,8178
		40	0,411	3,7959	87,57	0,8757
	328	-	3,590	-	-	-
		10	1,238	2,9002	65,52	0,6552
		20	1,015	3,5373	71,73	0,7173
		30	0,785	4,5746	78,14	0,7814
		40	0,725	4,9529	79,81	0,7981

Ishda yashil ingibitorlarning kinetik va termodinamik ko'rsatkichlarini o'rganish maqsadida turli konsentratsiyalarda va turli haroratlarda korroziya tezligi va sirtini qoplash darajalari ham topilgan. Cucurbita qo'llanilganda korroziya tezligi ingibitorsiz muhitga qaraganda kamaygan. Haroratning ortishi bilan ingibirlangan sistemaning korroziya tezligi va himoyalash darajasi kamaygan. 298K haroratda 10-40 mg/l konsentratsiyalarda himoyalash darajasi mos ravishda 81.15-95.78 % ni tashkil qilgan bo'lsa, 308K haroratda Z % qiymati 77.19-92.92%ni, 318K haroratda 73.66-87.57%ni, 328K haroratda esa 65.52-79.81%ni tashkil qilgan. Fizikaviy adsorbsiyada harorat ortishi bilan ingibitor molekullari va po'lat sirti orasidagi elektrostatik ta'sirlar kamayadi, bu Z% va  $\theta_{\text{Grav}}$  qiymatlarini kamayishiga olib keladi. Umumiy hisobda  $\theta_{\text{Grav}}$  ning kamayishi desorbsiyaning adsorbsiyadan yuqori ekanini ko'rsatadi. Haroratning ortishi bilan himoyalash darajasining keskin kamayib ketmasdan barqaror bo'lishi (95.78-79.81%) kimyoviy adsorbsiya natijasi hisoblanadi.

**Kinetik tadqiqot natijalari tahlili.** Ishda yashil ingibitorlar orasida yuqori samaradorlik ko'rsatgan Cucurbitaning kinetik parametrlari o'rganildi. Arrenius tenglamasi bo'yicha po'lat sirtining ingibitorsiz va ingibitorli muhitlardagi faollanish energiyalari turli harorat va konsentratsiyalardagi korroziya tezliklari orqali olingan lgK ning 1000/T ga bog'liqligi orqali hisoblandi (6-jadval). Faollanish entalpiyasi va entropiyasi qiymatlarini hisoblash uchun lg K/T ning 1000/T ga bog'liqlik egrilari dan foydalanildi (7-jadval).

**7-jadval**

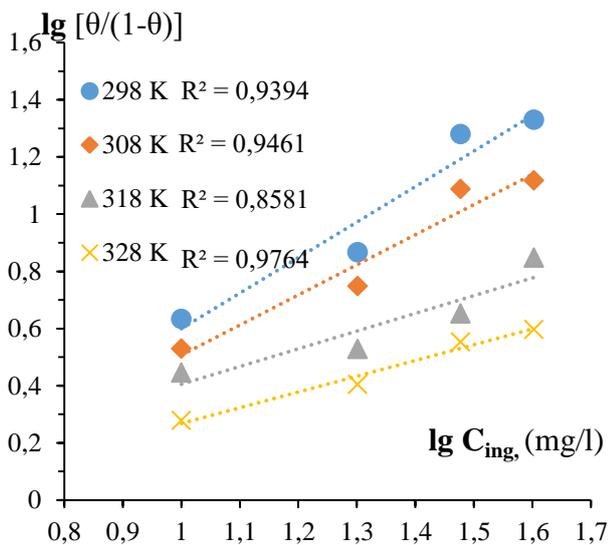
**Fon-3 eritmada korroziya jarayoni faollanishining termodinamik funksiyalariga Cucurbita ingibitorining ta'siri**

<b>Parametrlar</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>
<b>E<sub>f</sub> (kJ/g)</b>	7,69	24,05	32,82	49,95	50,39
<b>ΔH<sub>f</sub> (kJ/g)</b>	5,05	21,41	30,18	47,31	47,75
<b>ΔS<sub>f</sub>J/(g·K)</b>	0,20	-0,18	-0,16	-0,11	-0,11

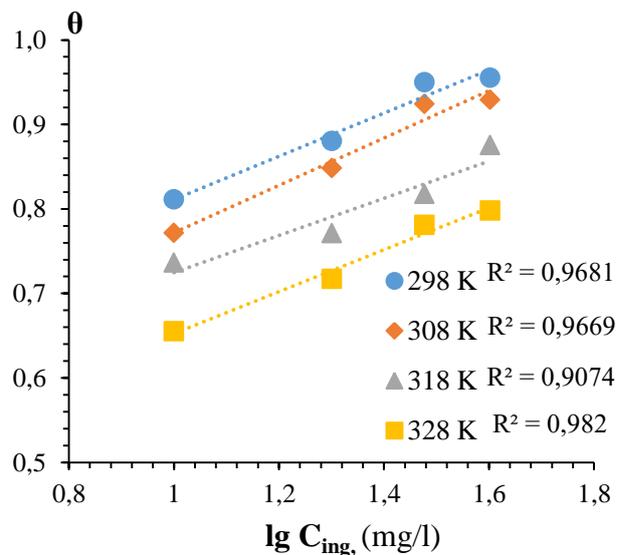
**“Ingibitorlarning adsorbsiya izotermalari va adsorbsiyalanish termodinamikasi”.** O'zining yuqori samaradorligini namoyon etgan citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita yashil ingibitorlarning po'lat sirtiga adsorbsiyalanish mexanizmi haqida to'liq ma'lumot olish uchun turli harorat va konsentratsiyalarda Frumkin, Tyomkin va Lengmyur izotermalari olindi.

Frumkin izotermasini olish uchun lg  $[\theta/(1-\theta)]$  ni lg C<sub>ing</sub> ga bog'liqlik grafigi chizildi (7-rasm). Har bir harorat bo'yicha korrelyasiya koeffisientining qiymatlari (YI-3 uchun 0,9394; 0,94,61; 0,8581; 0,9764) olindi.

Tyomkin izotermasi uchun  $\theta$  qiymatini lg C<sub>ing</sub> ga bog'liqlik grafigi chizildi (8-rasm). Har bir harorat bo'yicha korelyasiya koeffisientining qiymatlari (YI-3 uchun 0,9681; 0,9669; 0,9074; 0,982) olindi. Frumkin va Tyomkin izotermalari bo'yicha korelyasiya koeffisientlarining qiymatlari birga yaqin emasligi ingibitorning metall sirtiga adsorbsiyasi ushbu nazariyalar bo'yicha bormasligini ko'rsatdi.

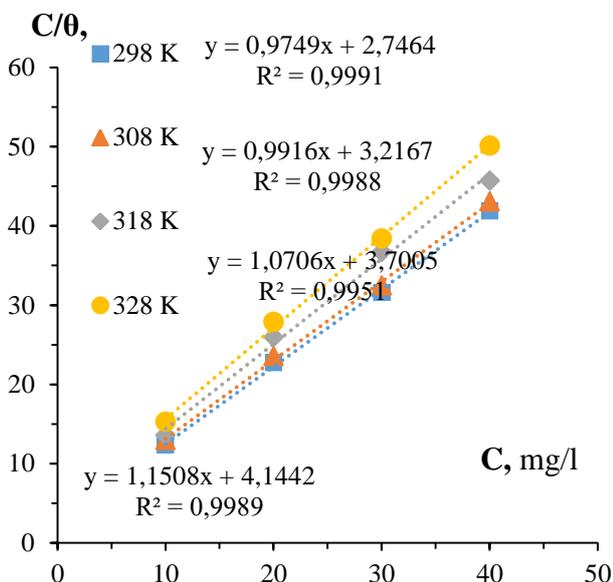


**7-rasm. Cucurbita ingibitorini (Fon-3) eritmada metall sirtiga adsorbsiyasi uchun Frumkin izotermalari**

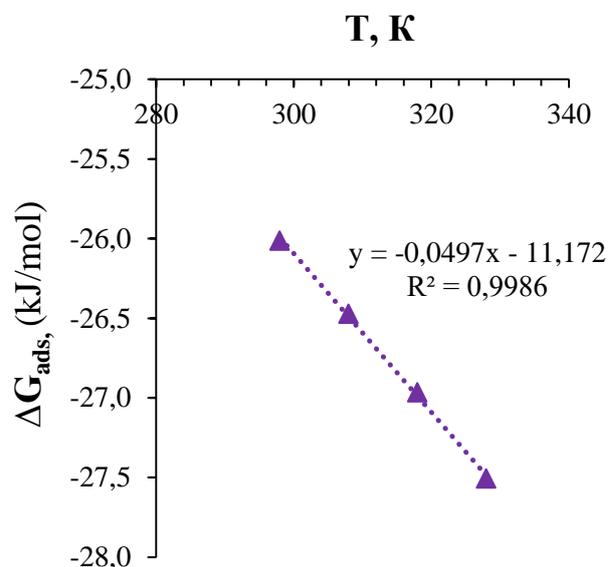


**8-rasm. Cucurbita ingibitorini (Fon-3) eritmada metall sirtiga adsorbsiyasi uchun Tyomkin izotermalari**

$C/\theta$  ning  $C_{ing}$  ga bog‘liqligidan Lengmyur izotermasi olindi (9-rasm). Lengmyur izotermasi chiziqli ko‘rinishidan olingan tajribaviy natijalarning korrelyatsiya koeffitsiyenti qiymati birga yaqin bo‘lishi jarayonni monomolekulyar adsorbsiya nazariyasiga bo‘ysunishini ko‘rsatdi. Izotermadagi  $C_{ing}$  va  $C_{ing}/\theta$  bog‘liqligi orqali aniqlangan  $K_{ads}$  ning qiymatidan foydalanib, adsorbsiya jarayonining standart Gibbs energiyasi  $\Delta G_{ads}$  qiymati 293–323K harorat oralig‘ida aniqlandi (10-rasm).



**9-rasm. Cucurbita ingibitorini (Fon-3) eritmada metall sirtiga adsorbsiyasi uchun Lengmyur izotermalari**



**10-rasm. Cucurbita ingibitorida  $\Delta G_{ads}^{\circ}$  ning temperaturaga bog‘liqligi**

Tajriba natijasida temperatura ortishi bilan Gibbs energiyasining qiymati kamayishi aniqlandi, bu esa jarayonni o‘z-o‘zidan borganligini ko‘rsatadi. Po‘lat

sirtining suv bilan tasirlashish tezligiga nisbatan ingibitor molekulari bilan ta'sirlashib kompleks hosil qilish tezligi kattaligi sababli tartibsizlik ortadi. Shuning uchun adsorbsiya entropiyasi musbat qiymatga ega (8-jadval). Entalpiya qiymatining manfiy bo'lishi adsorbsiya ketganda ekzotermik jarayon bo'lishini ko'rsatadi.

### 8-jadval

#### Fon-1 eritmada Cucurbita ingibitori adsorbsiya jarayonining termodinamik funksiyalari

	T, K	$K_{ads}$	$R^2$	$\Delta G_{ads}$ , kJ/g	$\Delta H_{ads}$ , kJ/g	$\Delta S_{ads}$ , J/(g*K)
<b>Cucurbita</b>	298	36,4964	0,9986	-26,01	-11,172	49,7
	308	31,0559		-26,47		
	318	27,0270		-26,97		
	328	24,155		-27,51		

Dissertatsiya ishida sintez qilingan korroziya ingibitorlarining samaradorligi mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan o'rganilgan boshqa turdagi xosilalalar va xorijiy davlatlardan import qilinuvchi ingibitorlar bilan solishtirilgan. Jumladan respublikamizda olib borilgan ishlardan Gossipol asosidagi qoplamalar (Xoliqov A.J.), DMGMDA (Eshmamatova N.B.), KU[n]+GPL (Berdimurodov E.T.), PAMFK-GIPAN (Rashidova K.X.), NFMFK + Uniflok (Azimov L.A.), DMATKF (Rajabov Y.N.),  $\beta$ -SDoFDA (Eliboyev I.A.)lar va xorijiy tadqiqot ishlaridagi NALKO, KW-2353 lar bilan solishtirish ishlari olib borildi.

Sintez qilib olingan birikmalar hamda poliz ekinlari ekstraktlari yashil korroziya ingibitorlari "Muborak gazni qayta ishlash zavodi" MChJ ning texnik nazorat bo'limi va elektrokimyoviy laboratoriyada aylanma suv tizimlari, sovitish va isitish tizimlarida oqova suvlari tarkibida qatlam (quyqa) hosil qiluvchi komponentlarga qarshi ingibitor sifatida sinovdan o'tkazilgan. Olingan ingibitorlarning himoyalash darajasi va solishtirish natijalari keltirib o'tilgan. Yashil ingibitorlarni himoyalash darajasi eng yuqori natijalarni ko'rsatdi.

Sinov natijalari shuni ko'rsatdiki, Na-KMS asosidagi birikmalar hamda ekstraktsiyalangan yashil ingibitorlardan foydalanilganda o'zaro sinergizm ta'sir natijasida po'lat 3 va 45 namunalarning maksimal himoyalash darajasi (95,54% gacha) erishildi, shu bilan birga optimal konsentratsiyasi 30 mg/l bo'lganda korroziyadan samarali himoyalashini va metall yuzasiga yaxshi adsorbsiyalanishini ko'rsatdi. Tadqiqotlar sanoat-tajriba sinovi o'tkazish tartibi va standartlariga muvofiq o'tkazildi, bunda gravimetrik analiz usulidan foydalanildi. Muborak gazni qayta ishlash zavodida poliz ekinlaridan ajratib olingan ekstrakt namunalari birinchi marta ingibitor sifatida joriy etildi va fon eritmada korroziyon faollikni pasaytirishi va metallni korroziya natijasida yemirilishdan 93,26-94,05% himoyalagani kuzatildi va korroziyani kamaytiruvchi ingibitor sifatida foydalanish mumkinligi ko'rsatildi.

## XULOSALAR

1. Samaradorligi yuqori bo'lgan yashil (citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita) korroziya ingibitorlari aniqlandi. Olib borilgan elektrokimyoviy, gravimetrik usullar asosida korroziya toki, tormozlash koeffitsiyenti, korroziya tezligi, himoyalash darajasi kabi parametrlar hamda yashil ingibitorlardan qo'llanilganda optimal 298 K harorat va 30 mg/l konsentratsiya ko'rsatildi.

2. Yuqori samarali suyuqlik xromatagrafiyasi usuli citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita ekstraktlari tarkibidagi flavonoidlar va vitaminlarning funksional guruhlari metall yuzasiga adsorbsiyalangan holda korroziyaning oldini olishi mumkinligi aniqlandi.

3. Ishlab chiqilgan ingibitorlarning himoyalash darajasi, adsorbsion muvozanat konstantasi va to'la qoplanish darajasi hisoblanib, temir ionlari bilan kam eriydigan va himoya qatlami hosil bo'lishi hisobiga eritmada ketishi mumkin bo'lgan tahminiy reaksiya mexanizmlari taklif qilindi.

4. Citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita yashil ingibitorlarda turli funksional guruhlar mavjudligi hisobiga ichki molekulyar sinergizm effekti kuzatilgan hamda bunday ingibitorlarning metall sirtida zich qavatlar hosil qilishi va ingibirlash samarasining 95,54 % ga ortishiga olib kelishi ko'rsatildi.

5. Yashil ingibitorlarning samarasi agressiv muhitda harorat ko'tarilishi bilan ortishi, keyin ma'lum haroratga yetganda uning samaradorligi o'zgarmasligi aniqlandi, bu esa ingibitorlar xemosorbsion mexanizmida ta'sir qilib, hosil bo'lgan qavatlar mustahkamligini oshishi isbotlandi.

6. Natriy-karboksimetilselluloza va azot, fosforli birikmalar asosidagi yashil korroziya ingibitorlari po'lat sirtida turli muhitda boshlang'ich moddaning tarkibi va strukturasi bilan butkul farq qiladigan himoya qavatlar hosil qilishi hamda ular aralash mexanizimli ingibitorlar sifatida ta'sir qilib, anod va katod jarayonlarini sekinlashtirishi aniqlandi.

7. Muborak gazni qayta ishlash zavodida poliz ekinlari (citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita)dan ajratib olingan ekstrakt namunalari birinchi marta ingibitor sifatida joriy etildi va fon eritmada korrozion faollikni pasaytirishi va metallni korroziya natijasida yemirilishdan 93,26–94,05% himoyalagani kuzatildi va korroziyani kamaytiruvchi ingibitor sifatida foydalanish uchun tavsiya qilindi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.K.01.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК ПРИ  
НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

---

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА**

**КУРБАНОВА ЛАТОФАТ МАМАДИЁРОВА**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗЕЛЁНЫХ ИНГИБИТОРОВ НА ОСНОВЕ НАТРИЙ-  
КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И АЗОТ, ФОСФОР  
СОДЕРЖАЮЩИХ СОЕДИНЕНИЙ**

**02.00.04-Физическая химия(химические науки)**

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

**Ташкент-2025**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2023.4.PhD/K690.**

Диссертация выполнена в Национальном университете Узбекистана.

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

**Научный руководитель:** **Эшмаматова Нодира Бахромовна**  
доктор химических наук, доцент

**Официальные оппоненты:** **Холиков Абдували Жонизокович**  
доктор химических наук, профессор  
**Рашидова Камила Хамидовна**  
PhD., доцент

**Ведущая организация:** **Институт общей и неорганической химии**

Защита диссертации состоится «15» февраля 2025 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc 03/30/12/2019.K.01.03 при Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100174, Ташкент, ул. Университетская 4, Тел.: (99871) 227-12-24; факс: (+99871) 246-53-21; 246-02-24).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального университета Узбекистана за (зарегистрировано за № 7) (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Университетская 4. Тел.: (99871) 246-67-71).

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_\_\_ 2025 года.

(протокол рассылки № \_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 года).

**З.А. Сманова**  
Председатель научного совета по  
присуждению учёной степени доктора наук,  
д.х.н., профессор

**Н.Х. Кутлимуротова**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению учёной степени доктора наук,  
д.х.н., профессор

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

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской (PhD) диссертации)

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Сегодня в мире коррозия металлов усиливается под воздействием социальных и экологических факторов и для ее снижения широко используются ингибиторы, антикоррозионные и металлические покрытия. Большое практическое значение имеет использование экономически эффективных, экологически безопасных ингибиторов с различными функциональными группами. Здесь важное место занимает разработка новых антикоррозионных ингибиторов из растительных экстрактов с учетом требований зеленой химии.

В мире соединения, содержащие amino-, карбоксильные группы, производные фосфорной кислоты и различные супрамолекулярные комплексы широко используются в синтезе ингибиторов, повышающих эффективность защиты металлов от коррозии. Проводятся обширные научные исследования по определению их адсорбции на поверхности металлов, катодных и анодных процессов, различных физико-химических свойств. Большое научное значение имеет синтез экологически безопасных зеленых ингибиторов на основе растительных экстрактов и определение их адсорбционного действия на поверхность металлов.

В республике уделяется особое внимание развитию передовых инновационных технологий и стабилизации отраслей промышленности. Изучение процессов коррозии и разработка методов защиты металлов относятся к актуальным научно-техническим проблемам. В настоящее время изучается большое количество видов органических и неорганических соединений, влияющих на скорость коррозии металлов в кислой среде. Параллельно ведутся исследования, направленные на выявление природных или “зеленых” ингибиторов коррозии. Установлено, что для снижения скорости коррозии можно использовать натуральные продукты, растения и их экстракты. В стратегии развития Нового Узбекистана определены важные задачи «быстрого развития Национальной экономики и обеспечения высоких темпов роста»<sup>1</sup>. Поэтому одной из актуальных задач является создание импортозамещающих, конкурентоспособных, отвечающих требованиям мировых стандартов качества, экспортных, с высокой эффективностью в низких концентрациях, безопасных, биологически чистых зеленых антикоррозионных ингибиторов.

Настоящее диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития нового Узбекистана», № PQ-3264 от 29 августа 2017 года «О мерах по совершенствованию экспортно-импортной деятельности химической промышленности» и решения от 12 августа 2020 г. PQ-4805 «О мерах по повышению качества непрерывного образования и эффективности науки в областях химии и биологии», а также в других соответствующих нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

**Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики.** Данное исследование проводилось в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан VII. «Химия, химическая технология и нанотехнология».

**Степень изученности проблемы.** Большая часть научных исследований, проводимых учеными по всему миру, посвящена разработке ингибиторов коррозии нового поколения. Обзор литературы показывает, что очень много работ (J.Wang, D.K.Verma, M. Salasi, J. Chen, X. Zhang, G. Galicia, Y. Qiang, O.A. Elgyar, V. Jeslina, M.P. Gomes, M. Elayyachy, J. Kaur, Ya. Zhang, L. Lei, J. Shi, S.T. Kalajahi, M. Goyal, P.R. Sivakumar, U.I. Musdalslien) было посвящено исследованиям электрохимических методов, в которых в качестве ингибиторов использовались различные материалы. Сегодня в исследованиях ингибиторов коррозии разработаны физико-химические, электрохимические и другие различные методы, однако с развитием технологий особое внимание уделяется научно-исследовательским работам по изучению механизма действия органических соединений в качестве ингибиторов коррозии, а также их воздействия на поверхность стали.

Ученые Узбекистана в том числе R.S.Tillayev, Z.A.Tadjixodjayev, A.T. Djalilov, D. Yusupov, X.I. Akbarov, A. Ikramov, V.P. Guro, A.J. Xoliqov, X.I. Qodirov, N.B. Eshmamatova, E.T. Berdimurodov и другие внесли большой вклад своими научными исследованиями в решение проблемы защиты металлов от коррозии, а также в синтеза нового поколения химических соединений, используемых в качестве ингибиторов. Сегодня на промышленных предприятиях, большое значение придается созданию высокоэффективных зеленых ингибиторов на основе местного сырья для предотвращения коррозии в различных средах.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Национального университета Узбекистана в качестве продолжения прикладного гранта 12-46 “Повышение антикоррозионной эффективности полиэлектролитов и их применение” (2015-2017 гг.).

**Целью диссертации** является создание эффективных зеленых ингибиторов коррозии металлов на основе соединений натрий-карбоксиметилцеллюлозы и экстрактов бахчевых культур.

**Задачи исследования:**

экстракция зеленых ингибиторов коррозии металлов (*citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita*) с высокой эффективностью, а также синтез ингибиторов на основе Na-КМЦ;

исследование состава экстрактов *citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita* методами высокоэффективной жидкостной хроматографии;

определение таких параметров, как ток коррозии, коэффициент торможения, скорость коррозии, степень защиты, а также оптимальной

температуры и концентрации при применении зеленых ингибиторов электрохимическими и гравиметрическим методами;

расчет константы адсорбционного равновесия и степени полного покрытия поверхности стали разработанными ингибиторами и определение предполагаемого механизма ингибирования;

расчет кинетических параметров и термодинамических функций на основе изучения влияния температуры на эффективность зеленых ингибиторов;

исследование влияния зеленых ингибиторов коррозии на основе натрий-карбоксиметилцеллюлозы и соединений азота, фосфора на поверхность металла в различных средах;

испытание полученных ингибиторов в лабораторных условиях и внедрение их в практику на производстве.

**Объектами исследования** служили образцы экстрактов *citrullus lanatus* (арбуз), *cucumis melo* (дыня), *cucurbita* (тыква), а также соединения на основе Na-КМЦ.

**Предмет исследования:** выявление влияния различных факторов на эффективность ингибиторов и изучение предполагаемого механизма ингибирования.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использованы методы инфракрасной спектроскопии, квантово-химические расчеты, потенциодинамических поляризационных кривых, измерения потенциала разомкнутой цепи, поляризационного сопротивления, гравиметрический, рентгенофазовый анализ и высокоэффективной жидкостной хроматографии.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

впервые были выделены экстракты *citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita* и синтезированы ингибиторы на основе натрий-карбоксиметилцеллюлозы. Было обнаружено, что зеленые ингибиторы обладают высокой эффективностью для образцов стали 3 и 45;

методами поляризационного сопротивления, поляризационных кривых, потенциала холостого хода, электрохимического звука определены стационарный потенциал, ток коррозии, степень защиты зелеными ингибиторами, равная 95,54%, и зависимость их действия от температуры и концентрации;

метод высокоэффективной жидкостной хроматографии показал, что экстракты *citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita* богаты флавоноидами и витаминами, определены степени их полного покрытия, константы равновесия и термодинамические функции процесса ингибирования;

зеленые ингибиторы *citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita* за счет наличия различных функциональных групп проявляют эффект внутреннего молекулярного синергизма. Показано, что такие ингибиторы образуют плотные слои на поверхности металла, что приводит к увеличению ингибирующего эффекта.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем: Выделены образцы экстрактов *Citrullus lanatus*, *cucumis Melo*, *Cucurbita* и синтезированы зеленые ингибиторы на основе карбоксиметилцеллюлозы.

Доказано, что зеленые ингибиторы эффективно защищают от коррозии и хорошо адсорбируются на поверхности металла, в то время как уровень защиты до 95,54% достигается в образцах стали 3 и 45 за счет синергетического эффекта;

**Достоверность полученных результатов.** Достоверность основных научных результатов и выводов обосновывается использованием современных физико-химических, электрохимических и гравиметрических методов исследования.

**Научно-практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что показана взаимосвязь между химической природой производимых ингибиторов и антикоррозийными свойствами, а также механизмом действия применения зеленых ингибиторов через определение кинетических параметров, степени полного покрытия.

Практическая значимость результатов исследований показывает, что натрий-карбоксиметилцеллюлоза и зеленые ингибиторы, содержащие азот, фосфор, замедляют процесс коррозии не только на чистой поверхности стали, но и в коррозионном состоянии, что препятствует ее хрупкости.

**Внедрение результатов исследования.** На основе научных результатов, полученных при использовании зеленых ингибиторов для защиты металлов от коррозии:

натрий-карбоксиметилцеллюлоза и зеленые ингибиторы, содержащие азот, фосфор, внедрены в практику на Мубаракском газоперерабатывающем заводе (справка Мубаракского газоперерабатывающего завода № 45/ГК-03 от 18 марта 2024 г.). Выявлено, что используемые ингибиторы действуют как ингибиторы смешанного типа. Установлено, что в растворе ингибитор взаимодействует с поверхностью металла и за счет образования труднорастворимых продуктов и защитных слоев тормозят и уменьшают процесс коррозии.

Полученные результаты использованы в научном проекте А-ФА-2021 - №18 «Разработка технологии очистки сероводорода путём электролиза сточных вод при переработке газа, сепарации метилдиэтанолamina из флегмы и газового конденсата с помощью трехфазного сепаратора» (2022-2023 гг.) (Справка №ФТК-0313/703 от 21 октября 2024 года Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан).

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были представлены и обсуждены на 17, в том числе 4 международных и 13 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 7 научных работ, из них 4 статьи в республиканских и 2 статьи в зарубежных журналах и 1 монография в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан к опубликованию основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации 106 страниц<sup>2</sup>.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность и необходимость проводимых исследований, описываются цели и задачи исследования, объекты и предметы, указывается соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники Республики, излагается научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научно-практическая значимость полученных результатов, даются рекомендации по внедрению результатов исследований в практику, приведены данные по структуре опубликованных работ и диссертации.

**Первая глава** диссертации под названием “**Защита металлов от коррозии ингибиторами**” посвящена обзору литературы, в котором описывается современная теория коррозии металлов и методы защиты. В литературе изучена зависимость эффективности многокомпонентных и зеленых ингибиторов коррозии металлов от функциональных групп. В настоящее время проводятся интенсивные исследования по разработке ингибиторов коррозии металлов в различных средах. В обзоре литературы также обосновывается актуальность, цель, задачи и объекты исследования.

**Во второй главе** диссертации, озаглавленной “**Объекты и методы исследования**”, представлены составы образцов использованных сталей 3 и 45, фоновые растворы. Представлена информация о методах синтеза и исследования зеленых ингибиторов на основе экстрактов растений и соединений натрий-карбоксиметилцеллюлозы.

**Таблица-1**

### Описание зеленых ингибиторов, использованных в диссертации

№	Ингибиторы	Полное наименование и состав ингибиторов
1	Citrullus lanatus (Зеленый ингибитор-1)	Арбуз (витамин А, С, Е, витамины группы В, флавоноиды, гетероатомные соединения, магний, калий, кальций, фосфор, азот, железо, натрий, кислород, водород и др.)
2	Cucumis melo (Зеленый ингибитор-2)	Дыня (сахароза, клетчатка, витамины, флавоноиды, фолиевая кислота, калий, натрий, кальций, магний, железо, азот, фосфор, сера и другие микроэлементы)
3	Cucurbita (Зеленый ингибитор-3)	Тыква (сахар, витамины, аскорбиновая кислота, каротин, тиамин, рибофлавин, соединения азота, пектиновые вещества, флавоноиды, масло)
4	Na-КМЦ·Н <sub>3</sub> РO <sub>4</sub>	Производное натрий-карбоксиметилцеллюлозы с фосфорной кислотой
5	Na-КМЦ ·Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	Производное натрий-карбоксиметилцеллюлозы с триполифосфатом натрия

<sup>2</sup> Автор благодарен доктору химических наук, профессору Х.И. Акбарову за научные консультации при выполнении диссертационной работы.

Приведены данные по электрохимическим и гравиметрическому методам исследования кинетики и термодинамики процесса ингибирования и термодинамике адсорбции, ИК-спектрам и их анализу, методам высокоэффективной жидкостной хроматографии. Впервые в качестве ингибиторов были получены образцы экстрактов: *citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita*.

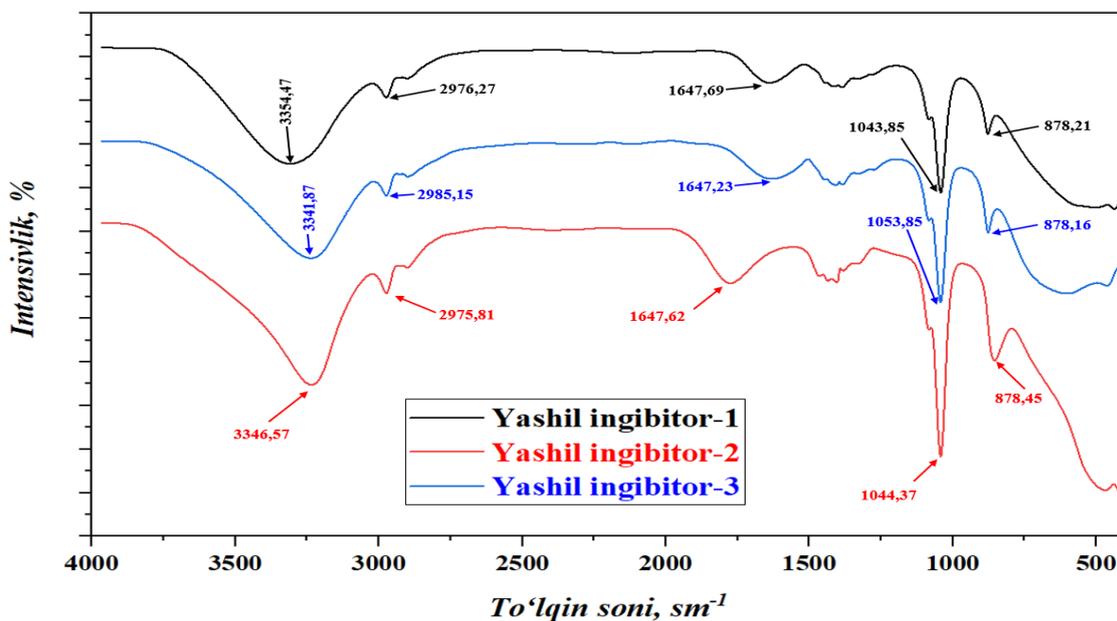
В качестве объектов исследования были взяты экстрагированные зеленые ингибиторы и на основе соединений натрий-карбоксиметилцеллюлоза, описание которых приведено в таблице 1. Исследования проводились в следующих фоновых растворах: 5%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ +3%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (фон-1)  $\text{pH}=5,3$ ; 3%  $\text{NaCl}$ +5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (фон-2),  $\text{pH}=8,9$ ; водопроводная вода (фон-3),  $\text{pH}=6,7$ . Электроды изготовлены из стали 45, %: Fe=97; C=0,42; Mn=0,50; Si=0,17; P=0,035; As=0,08; S=0,04; Cr=0,25; Ni=0,25; Cu=0,25. Некоторые исследования также проводились на образцах стали 3. %: Fe=98,36; C=0,20; Mn=0,50; Si=0,15; P=0,04; S=0,05; Cr=0,30; Ni=0,20; Cu=0,20.

**В третьей главе диссертации, озаглавленной «Состав и структура зелёных ингибиторов на основе соединений натрий-карбоксиметилцеллюлозы и экстрактов бахчевых культур», представлен анализ результатов, полученных методами ИК-спектроскопии экстракции синтезированных соединений и зеленых ингибиторов, оптико-эмиссионного спектрометрического метода, высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).**

**ИК-спектры зеленых ингибиторов на основе соединений натрий-карбоксиметилцеллюлозы.** Ранее было известно, что защитные свойства ингибиторов сильнее у некоторых металлов- $\text{NH}_2$ ,  $=\text{NH}$ ,  $\text{CN}$ ,  $\text{N}=\text{O}$ ,  $\text{C}=\text{C}$ ,  $-\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{P}-\text{O}-\text{H}$ ,  $\text{P}=\text{O}$ ,  $\text{COO}^-$ ; у соединений, содержащих функциональную группу. В ИК-спектре соединения на основе карбоксиметилцеллюлозы натрия и соли триполифосфата натрия можно увидеть валентные колебательные колебания, относящиеся к группе  $\text{OH}$ , в области  $3305,99 \text{ см}^{-1}$ ; линии, относящиеся к  $\text{P}-\text{O}-\text{H}$ , проявляются в областях  $2362,8-2115,91 \text{ см}^{-1}$ . В области  $1635,64 \text{ см}^{-1}$  образовывались асимметричные линии, принадлежащие  $\text{COO}^-$  карбоксилат-аниону; а в области  $1415,78-1327,03 \text{ см}^{-1}$  образовывались линии с симметричными колебаниями  $1203,58 \text{ см}^{-1}$  сигнал, относящийся к  $\text{P}=\text{O}$ ; в области  $1107,14 \text{ см}^{-1}$  связи  $\text{C}-\text{O}$  в области; область  $975,98-898,83 \text{ см}^{-1}$  наблюдаются деформационные колебания, относящиеся к  $\text{OH}$ ; в области  $667,37 \text{ см}^{-1}$ -асимметричные, колебания  $\text{C}-\text{H}$ ; а в область  $599,86 \text{ см}^{-1}$  колебания, относящиеся к  $\text{Na}-\text{O}$ .

Изучены ИК-спектры образцов *citrullus lanatus* (Зеленый ингибитор-1), *cucumis melo* (Зеленый ингибитор-2), *cucurbita* (Зеленый ингибитор-3) из экстрактов бахчевых культур. Образец экстракта *cucurbita* асимметричен в ИК-спектре, принадлежать к группе  $\text{NH}$  со средней интенсивностью в области  $3347,57 \text{ см}^{-1}$ ; группа  $\text{CH}_3$  с высокой интенсивностью на частоте  $2975,81 \text{ см}^{-1}$ ; колебания, относящиеся к связям  $\text{C}=\text{C}$  со средней слабой интенсивностью в диапазоне  $1647,62 \text{ см}^{-1}$ ; со средней слабой асимметричной структурой группа  $\text{NO}_2$  в области поглощения  $1453,05 \text{ см}^{-1}$ ; установлено, что на частоте

1417,57  $\text{cm}^{-1}$  группа  $\text{CN}$  имеет слабые колебания соответствующей интенсивности; на интервале 1382,32-1328,19  $\text{cm}^{-1}$  симметричная, умеренно интенсивная группа  $\text{CH}_3$ ; на участке 1274,26  $\text{cm}^{-1}$ -колебания, относящиеся к связям  $\text{P}=\text{O}$ . Молекулы углеводов проявляют гидрофобные свойства, направленные в сторону агрессивной среды, отталкивая коррозионно-активные частицы с поверхности металла, а также усиливая защиту за счет дополнительного экранирования.



**Рис. 1. ИК-спектры зеленых ингибиторов**

Действие фосфатов объясняется тем, что они образуют на поверхности тонкие фосфатные слои, защищающие металл. Зеленые ингибиторы, содержащие натрий-карбоксиметилцеллюлозу и азот, фосфор, в некоторой степени эффективны, поскольку они образуют нерастворимые комплексы. Добавление этих соединений в раствор предотвращает образование избытка соли, защищая металлы от коррозии. Предполагается, что ингибирующие свойства сильнее у некоторых соединений, содержащих функциональные группы  $\text{-NH}_2$ ,  $\text{=NH}$ ,  $\text{CN}$ ,  $\text{N=O}$ ,  $\text{-P=O}$ .

**Результаты элементного анализа, полученные оптико-эмиссионным спектрометрическим методом.** Зеленые ингибиторы из экстрактов бахчевых культур *citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita* путем оптико-эмиссионного спектрометрического метода определено макро-и микроэлементов в приборе AVIO 200 (ISP-OES). Из образцов зеленых ингибиторов *citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita* содержание металлов и неметаллов в экстрактах определяли методом элементного анализа. Анализ показал, что по сравнению с образцами *citrullus lanatus* и *cucumis melo* экстракт *cucurbita* содержит несколько больше азота и фосфора, согласуется с результатами, полученными на основе метода ИК-спектроскопии.

**Анализ данных, полученных методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).** В диссертационной работе была использована для извлечения из кожуры арбузов (*citrullus lanatus*) сорта

«чинни», дыни (*cucumis melo*) сорта «оби-новот» и тыквы (*cucurbita*) сорта «картошка ковок», выращиваемых в летний сезон в Зааминском и Ш.Рашидовском районах Джизакской области. Бахчевые культуры содержат такие вещества, как витамин А, С, Е, витамины группы В, флавоноиды, сахар (сахароза), клетчатка, керотин, тиамин, рибофлавин, соединения азота, пектиновые вещества, фолиевая кислота, магний, калий, кальций, фосфор, азот, железо, натрий, сера и другие микроэлементы. Кожуру арбуза (*citrullus lanatus*), дыни (*cucumis melo*) тыквы (*cucurbita*) сушили в прохладном месте в течение 1 месяца и измельчали до мелкого порошка. Зеленые образцы порошкообразном состоянии замачивали в 96% спирте, через 10 дней полученную спиртовую часть раствора отделяли в роторном испарителе. Оставшуюся сочную часть сушили методом лиофильной сушки. Лиофильное сушильное устройство включается за полчаса до помещения вещества и добавляется вакуум. Вещества в колбе подвешивают и сушат 5-6 часов. В то же время впервые были изучены их ингибирующие свойства. В диссертационной работе проведена работа по количественному определению флавоноидов по сравнению со стандартными образцами на методой ВЭЖХ.

Некоторые из флавоноидов обладают максимальной светопоглощающей способностью на разных длинах волн, что позволяет системе элюентов проводить работу по отделению друг от друга на основе простого метода. Проведенные исследования показали, что экстракты коры *citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbitas* можно применять не только в водной среде, но и в суровых условиях. Эффективность защитных свойств соединений позволяет предположить, что ингибиторы действуют на поверхность металла по хемосорбционному механизму и могут образовывать прочные защитные слои.

**Таблица-2**

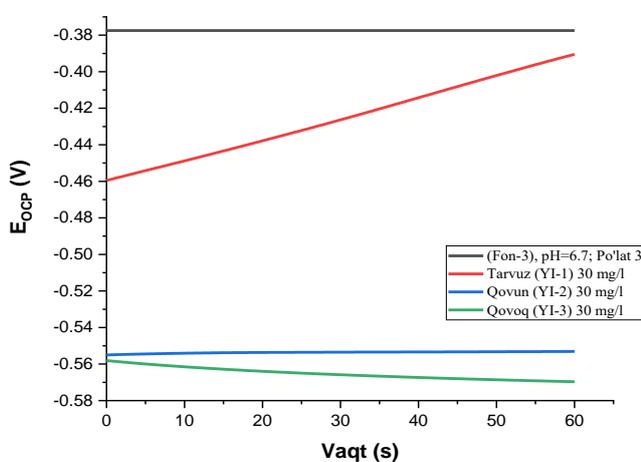
**Содержание флавоноидов в экстрактах *citrullus lanatus*,  
*cucumis melo*, *cucurbita***

№	Образцы	Количество флавоноидов мг/100г						
		Рубинин	Рутин	Апигенин	Изораменетин	Галловая кислота	Гиперазид	Кверсетин
1	<i>Citrullus lanatus</i>	-	190,741	34,564	-	65,369	25,998	-
2	<i>Cucumis melo</i>	-	131,114	41,974	-	75,124	-	-
3	<i>Cucurbita</i>	-	190,702	30,864	-	176,712	37,141	-

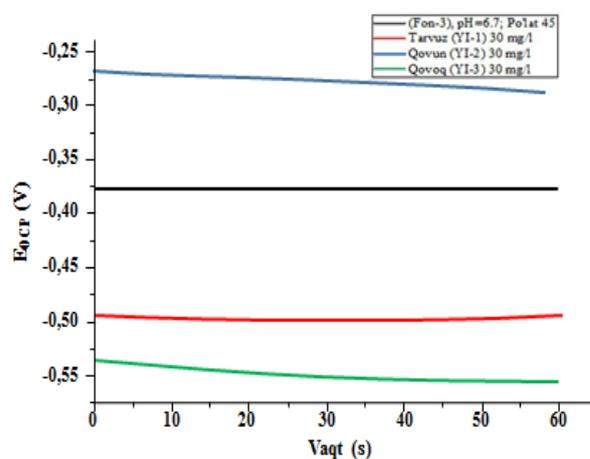
Флавоноиды способны образовывать малорастворимые соединения с ионами металлов за счет содержащихся в них карбонильных и гидроксильных групп. Самый высокий количества флавоноидов, видно, что является *cucurbita* (Зеленый ингибитор-3). В частности, содержание рутина в тыкве составляет 190, 702 мг/%, галловой кислоты-176,712 мг/%, а содержание рутина в *citrullus lanatus*-190,741 мг/%. Таким образом, экстракты зеленых ингибиторов богаты флавоноидами и витаминами, которые, адсорбируясь на поверхности металла,

предотвращают коррозию. Основываясь, на полученных результатах, можно все зеленые ингибиторы содержат большое количество витамина В6, а присутствие азотной, фосфорной и гидроксильной групп в пиридоксальфосфате дополнительно улучшает ингибирующие свойства в процессе коррозии.

**Четвертая глава диссертации называется «Исследование эффективности ингибиторов электрохимическими и гравиметрическими методами».** В ней представлены результаты полученные методом измерения потенциала разомкнутой цепи. В этом работе приведены образцы стали 3 и 45 под действием ингибиторов в различных средах, из которых видно что кривые, полученные от каждого ингибитора при измерениях (ОСР), объясняют, как потенциалы возвращаются в стабильное состояние. После погружения образца металла в ингибитор последним приведено стационарный (ОСР), для образца является  $E_{\text{corr}}$  и было обнаружено начальная и конечная потенциал коррозии.



**Рис. 2. Измерения потенциала разомкнутой цепи (ОСР) электрода образца стали 3 при введении различных ингибиторов**



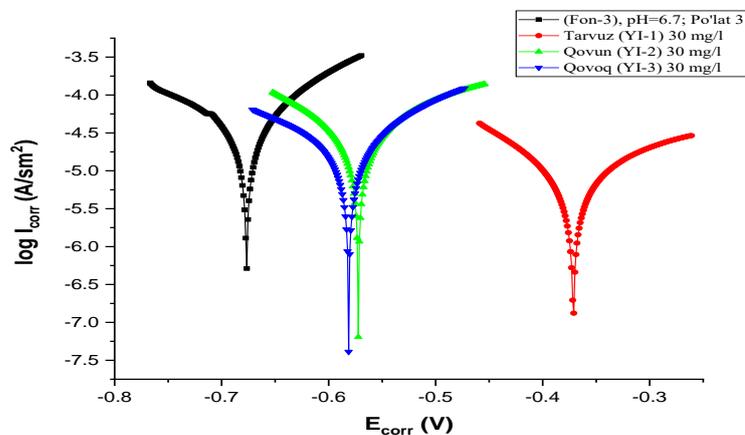
**Рис. 3. Измерения потенциала разомкнутой цепи (ОСР) электрода образца стали 45 при введении различных ингибиторов**

Представленные результаты показали значительное увеличение эффективности (ОСР) для всех трех ингибиторов. Примерно через 40 и 50 секунд потенциалы достигли стабильных максимумов, что представляет собой квазистационарное состояние, которое остается неизменным. Стабилизация потенциала холостого хода свидетельствует об эффективной адсорбции ингибиторов на поверхности углеродистой стали.

**«Анализ результатов, полученных методом поляризационных кривых»** известно, что метод поляризационных кривых является одним из экспресс-методов определения эффективности ингибиторов. Анализ кривых поляризации может быть использован для описания электрохимической коррозии металлов в различных средах. В результате ингибирования поверхности стального электрода ингибитором происходит изменение потенциалов на электродах с определенной разностью и одновременно изменение величины коррозионного тока. Изучалась эффективность ингибиторов методом кривых поляризационных кривых образцов citrullus

lanatus (Зеленый ингибитор-1), cucumis melo (Зеленый ингибитор-2), cucurbita (Зеленый ингибитор-3).

При изменении тока коррозии определяется степень полного покрытия  $\theta$ , и константа адсорбционного равновесия. Было обнаружено, что уровень полного покрытия увеличился до 0,82-0,95 что показывает эффективность ингибиторов.



**Рис. 4. Результаты, полученные методом поляризационных кривых в образце стали 3 при введении различных ингибиторов на (Фон-3).**

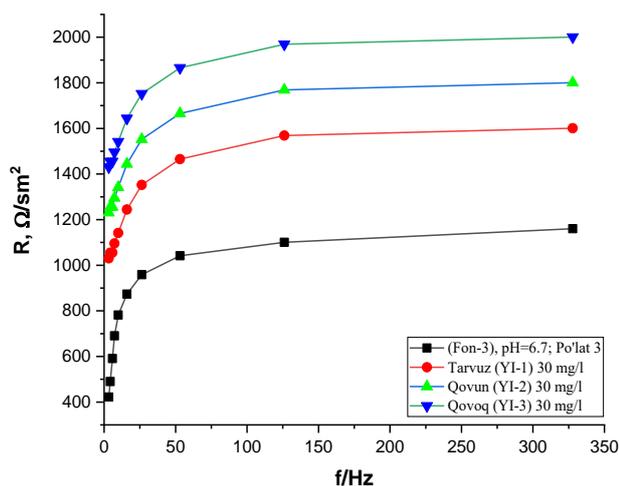
Результаты, определенные методом поляризационных кривых при 5% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+3% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Фон-1) pH=5,3 и температуре зеленых ингибиторов 25°C, приведены в таблице 3.

**Таблица-3**

**Определение эффективности ингибиторов методом поляризационных кривых в растворе (Фон-1) при температуре 25°C**

Ингибиторы	C, (мг/л)	$i$ , (мА/см <sup>2</sup> )	$\gamma$	$\theta$
(Фон-1)	30	0,68	—	—
Cucurbita		0,034	20,00	0,95
Cucumis melo		0,040	17,00	0,94
Citrullus lanatus		0,054	12,59	0,92
(Na-KMS+DEAF)		0,061	11,15	0,91
(Na-KMS+AF)		0,074	9,18	0,89
NaKMS·Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>		0,102	6,66	0,85
Na-KMS·H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>		0,122	5,57	0,82

**«Анализ результатов, полученных методом поляризационного сопротивления»** Поляризационная сопротивление была проведена на образцах стали 3 и 45. Изучено изменение электрохимических кинетических параметров процессов коррозии и ингибирования при использовании ингибиторов citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita. Из рис.6 и 7 видно, что в образце стали 3 сопротивление в фоновом растворе равно 410, а в образце стали 45 сопротивление в фоновом растворе равно 800. Сопротивление поляризации резко увеличивается при введении ингибитора в систему.

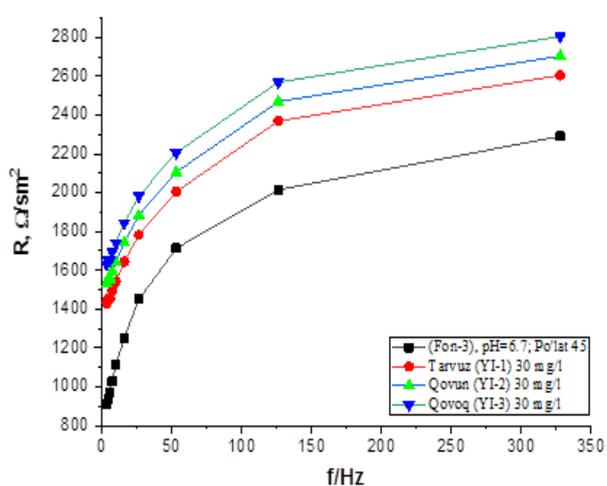


**Рис. 5. Кривые поляризационного сопротивления стального электрода стали 3 фоновом растворе (Фон-3); в присутствии 30 мг/л растворов зеленых ингибиторов**

Причем лучшим ингибитором является ингибитор, выделенный из образцов *Cucurbita*.

«Результаты, полученные гравиметрическим методом». Проведение опытов в разных температурных диапазонах и в разных концентрациях при гравиметрическом определении эффективности ингибиторов дает много информации о механизме ингибирования.

Для определения оптимальной концентрации объектов исследования в фоновых растворах проводились исследования в различных концентрациях ингибиторов. По результатам исследования, проведенного в концентрациях 10, 20, 30, 40 мг/л, было замечено, что при повышении концентрации степень защиты и степень покрытия поверхности сначала значительно повышаются, а затем практически не изменяются (табл.4). По результатам исследования зависимости степени защиты, проведенного в рабочем растворе (Фон-3) от концентрации, объекты показали более высокой степень защиты, чем в рабочих растворах (Фон-1) и (Фон-2). *Cucurbita* продемонстрировала высокую эффективность (95,54%).



**Рис. 6. Кривые поляризационного сопротивления стального электрода стали 45 фоновом растворе (Фон-3); в присутствии 30 мг/л растворов зеленых ингибиторов**

**Таблица-4**

**Зависимости степени защиты ингибиторами от их концентрации в растворе (Фон-3) при температуре 298 К**

С, мг/л	Эффективность ингибиторов, %				
	Na-KMS·H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Na-KMS·Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	<i>Citrullus lanatus</i>	<i>Cucumis melo</i>	<i>Cucurbita</i>
10	69,95	73,08	77,78	81,55	83,71
20	83,45	86,01	88,12	89,25	93,23
30	87,42	88,12	93,01	94,82	95,54
40	87,69	88,29	93,17	94,95	95,67

В таблице 4 представлена зависимость уровня защиты ингибиторов от концентрации раствора (Фон-3). Гравиметрическим методом определена продолжительность действия ингибиторов от 15 до 30 дней.

**Таблица-5**

**Значения коэффициента торможения ( $\gamma$ ), степени защиты (Z), определяемые гравиметрически в течение 15 и 30 дней в различных рабочих растворах ингибиторов при T =298 K**

Ингибиторы	K, гр/(см <sup>2</sup> ·ч)	$\gamma$	Z, %	K, гр/(см <sup>2</sup> ·ч)	$\gamma$	Z, (%)
	результат 15 дней			результат 30 дней		
Фон-3 (pH=6,7)	2,97	-	-	2,73	-	-
Na-KMS·H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0,472	6,29	84,09	0,343	7,96	87,42
Na-KMS·Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	0,427	6,96	85,62	0,352	7,75	88,12
Citrullus lanatus	0,227	13,08	92,35	0,191	14,29	93,01
Cucumis melo	0,190	15,63	93,58	0,141	19,36	94,82
Cucurbita	0,167	17,78	94,36	0,122	22,38	95,54

По результатам исследования, проведенного в растворе (Фон-3) в концентрации 30 мг/л, объекты исследования показали степень защиты от 84,09 до 94,36% в течение 15 дней и от 87,42 до 95,54% в течение 30 дней.

**Таблица-6**

**Антикоррозионная эффективность ингибитора Cucurbita в растворе (Фон-3) при различных температурах и концентрациях**

Ингибиторы	T, K	C <sub>инг</sub> , мг/л	K, мг/см <sup>2</sup> ·ч	$\gamma$	Z, %	$\theta_{\text{Грав}}$
Cucurbita	298	-	2,730	-	-	-
		10	0,515	5,305	81,15	0,8115
		20	0,326	8,3682	88,05	0,8805
		30	0,122	22,38	95,54	0,9554
		40	0,115	23,74	95,78	0,9578
	308	-	3,010	-	-	-
		10	0,687	4,384	77,19	0,7719
		20	0,456	6,6007	84,85	0,8485
		30	0,227	13,245	92,45	0,9245
		40	0,213	14,124	92,92	0,9292
	318	-	3,310	-	-	-
		10	0,872	3,7959	73,66	0,7366
		20	0,757	3,7959	77,14	0,7714
		30	0,460	3,7959	81,78	0,8178
		40	0,411	3,7959	87,57	0,8757
	328	-	3,590	-	-	-
		10	1,238	2,9002	65,52	0,6552
		20	1,015	3,5373	71,73	0,7173
		30	0,785	4,5746	78,14	0,7814
		40	0,725	4,9529	79,81	0,7981

Изучая кинетические и термодинамические показатели зеленых ингибиторов, в работе установлена скорость коррозии и степень поверхности металла в разных концентрациях и при разных температурах. При использовании cucurbita скорость коррозии снижалась по сравнению со средой без ингибитора. С повышением температуры снижается скорость коррозии и уровень защиты ингибированной системы. При температуре 298К степень защиты при концентрациях 10-40 мг/л составляла 81,15-95,78%, а при температуре 308К значение составило 77,19-92,92% а также при изменениях  $Z=73,66-87,57\%$  в температуре 318 К, в интервалах 328 К изменяется от 65,52 до 79,81%. При физической адсорбции электростатические взаимодействия между молекулами ингибитора и поверхностью стали уменьшаются с ростом температуры, которая составляет  $Z^{\circ}$  и  $\theta_{Grav}$ . приводит к уменьшению значений. В общем, Grav. уменьшение указывает на то, что десорбция превышает адсорбцию. При повышении температуры уровень защиты стабилен без резкого снижения (95,78-79,81%) в результате химической адсорбции.

**«Анализ результатов кинетических исследований».** В работе изучались кинетические параметры Cucurbita, показавшего высокую эффективность среди зеленых ингибиторов. Энергии активации стальной поверхности без ингибиторных и ингибиторных средах по уравнению Аррениуса рассчитывали по зависимости  $\lg K$  от  $1000/T$ , полученную на основе экспериментальных данных определения скоростей коррозии при различных температурах и концентрациях ингибиторов (табл.6). Для расчета значений энтальпии и энтропии активации использовались кривые зависимости  $\lg W/T$  от  $1000/T$  (табл.7).

**Таблица 7**

**Термодинамические функции процесса активации при использовании в растворе (Фон-3) ингибитора cucurbita**

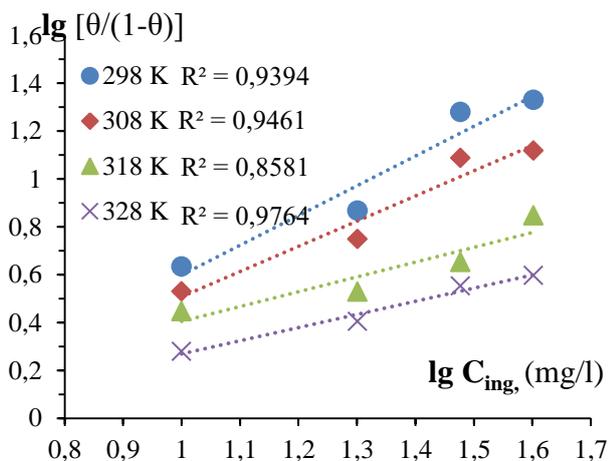
Параметры	-	10	20	30	40
$E_a$ (kJ/g)	7,69	24,05	32,82	49,95	50,39
$\Delta H_a$ (kJ/g)	5,05	21,41	30,18	47,31	47,75
$\Delta S_a$ J/(g·K)	0,20	-0,18	-0,16	-0,11	-0,11

**«Изотермы адсорбции ингибиторов и термодинамика адсорбции».** Для получения полной информации о механизме адсорбции на стальной поверхности зеленых ингибиторов citrullus lanatus, cucumis melo, cucurbita, которые показали свою высокую эффективность, были получены изотермы Фрумкина, Темкина и Ленгмюра при различных температурах и концентрациях.

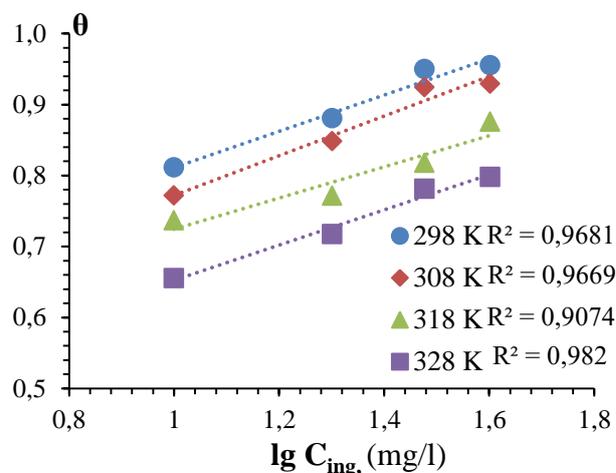
Чтобы получить изотерму Фрумкина, построили график зависимости  $\lg [\theta/(1-\theta)]$  от  $\lg C_{ing}$  (рис.7). Значения коэффициента корреляции для каждой температуры (0,9394; 0,94,61; 0,8581; 0,9764 для зеленый ингибитор-3).

Построенный график зависимости значения  $\theta$  от  $\lg C_{инг}$ . для изотермы Темкина (рис.8). Для каждой температуры были получены значения коэффициента корреляции (0,9681; 0,9669; 0,9074; 0,982 для зеленый ингибитор-3.). Таким образом, что значения коэффициентов корреляции по

изотермам Фрумкина и Тьюмкина не близки друг к другу, показал, что адсорбция ингибитора на поверхности металла не идет в соответствии с этими теориями.



**Рис. 7. Изотермы Фрумкина для адсорбции ингибитора cuscubita на поверхности металла в фоновом растворе (Фон-3)**

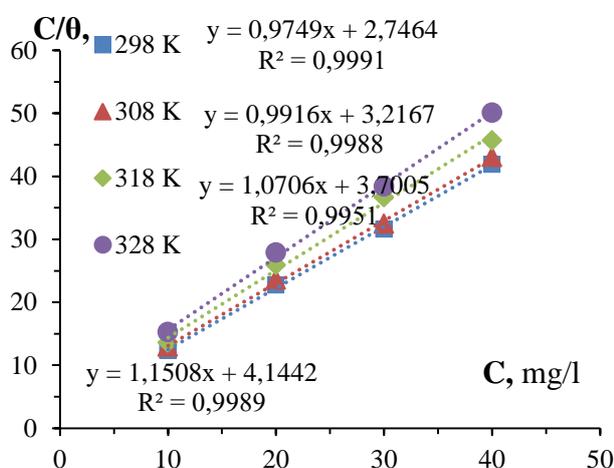


**Рис. 8. Изотермы Темкина для адсорбции ингибитора cuscubita на поверхности металла в фоновом растворе (Фон-3)**

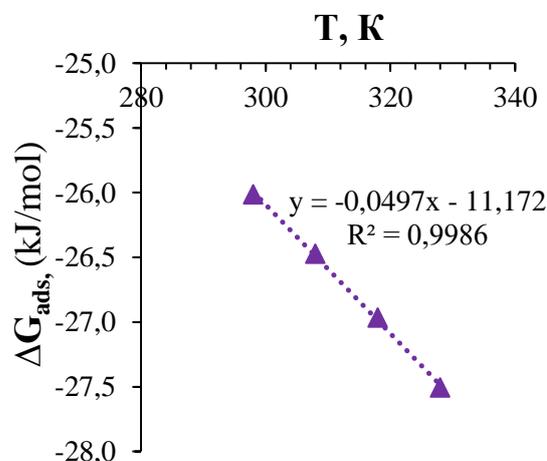
Из зависимости  $C/\theta$  от  $C_{инг.}$  получена изотерма Ленгмюра (рис.9). Близость значения коэффициента корреляции к единице экспериментальных результатов линейного представления изотермы Ленгмюра показала, что процесс подчиняется теории мономолекулярной адсорбции.

Используя значение  $K_{адс.}$ , определяемое зависимостью  $C_{инг.}$  и  $C_{инг.}/\theta$  по изотерме, стандартная энергия Гиббса адсорбции значение  $\Delta G_{адс.}$  определена в диапазоне температур 293-323К (рис.10).

Эксперимент показал, что при повышении температуры значение энергии Гиббса уменьшается, что указывает на то, что процесс идет самопроизвольно. Беспорядок увеличивается из-за скорости, с которой поверхность стали взаимодействует с молекулами ингибитора с образованием комплекса, по сравнению со скоростью, с которой она взаимодействует с водой.



**Рис. 9. Изотермы Ленгмюра для адсорбции ингибитора cuscubita на поверхности металла в растворе Фон-3**



**Рис. 10. Температурная зависимость  $\Delta G_{адс.}^{\circ}$  в ингибиторе cuscubita**

Поэтому энтропия адсорбции имеет положительное значение (Табл.8). Отрицательное значение энтальпии указывает на то, что при адсорбции происходит экзотермический процесс.

**Таблица-8**

**(Фон-1) термодинамические функции процесса адсорбции  
cucurbita в растворе**

	T, К	$K_{ads}$	$R^2$	$\Delta G_{ads}$ , kJ/g	$\Delta H_{ads}$ , kJ/g	$\Delta S_{ads}$ , J/(g*K)
<b>Cucurbita</b>	298	36,4964	0,9986	-26,01	-11,172	49,7
	308	31,0559		-26,47		
	318	27,0270		-26,97		
	328	24,155		-27,51		

В диссертации проведено сравнение эффективности синтезированных ингибиторов коррозии с другими видами соединениями изученными отечественными и зарубежными учеными а также импортируемыми из зарубежных стран. В том числе сравнивали ранее изученными на нашей кафедре ингибиторами на основе госсипола (А.Ж. Холиков), ВДМГМ (Н.Б. Эшмаматова), KU[n]+GPL (Э.Т. Бердимуродов), ПАМФК–ГИПАН (К.Х. Рашидова), НФМФК+Унифлок (Л.А. Азимов), DMATKF (Ю.Н. Раджабов),  $\beta$ -SDoFDA (И.А. Элибоев) и импортируемыми ингибиторами NALKO, KB-2353.

Синтезированные соединения и экстракты полискультур являются ингибиторами зеленой коррозии, апробированы в отделе технического контроля и электрохимической лаборатории ООО «Мубаракский ГПЗ» в качестве ингибитора против компонентов, образующих слой (шубку) в составе сточных вод в системах оборотного водоснабжения, проведены системы охлаждения и отопления. Приведены степень защиты полученных ингибиторов и результаты сравнения. Уровень защиты зеленых ингибиторов показал самые высокие результаты.

Результаты испытаний показали, что максимальный уровень защиты сталей образцов 3 и 45 в результате взаимного синергизма при использовании соединений на основе Na-КМЦ и экстрактов зеленых овощей (до 95,54%), при этом он показал эффективную защиту от коррозии и хорошую адсорбцию на поверхности металла при оптимальной концентрации 30 мг/л. Исследования проводились в соответствии с методиками и стандартами промышленных экспериментальных испытаний, с использованием метода гравиметрического анализа. На Мубаракском газоперерабатывающем заводе впервые в качестве ингибитора были введены образцы экстракта, выделенного из полисахаров, и отмечено, что он снижает коррозионную активность в фоновом растворе и защищает металл от коррозии на 93,26-94,05 %. и было показано, что его можно использовать в качестве ингибитора коррозии.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлены зеленые ингибиторы коррозии (*citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita*) с высокой эффективностью. Электрохимическими, гравиметрическими методами были определены такие параметры, как ток коррозии, коэффициент торможения, скорость коррозии, степень защиты, а также оптимальная температура 298К и концентрация ингибиторов 30 мг/л.

2. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии установлено, что функциональные группы флавоноидов и витаминов, содержащиеся в экстрактах *citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita* способны предотвращать коррозию, адсорбируясь на поверхности металла.

3. Рассчитаны степень защиты, константа адсорбционного равновесия и степень полного покрытия разработанных ингибиторов, а также предложены предполагаемые механизмы реакций образования мало растворимых соединений с ионами железа и образования защитного слоя.

4. При использовании *citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita* зеленых ингибиторов за счет наличия в них различных функциональных групп наблюдался эффект внутреннего молекулярного синергизма, а также было показано, что такие ингибиторы образуют плотные слои на поверхности металла, что приводит к увеличению ингибирующего эффекта до 95,54 %.

5. Установлено, что эффективность зелёных ингибиторов возрастает с повышением температуры в агрессивной среде, а затем не меняется при достижении определённой температуры, это доказывает, что ингибиторы действуют по хемосорбционному механизму и повышают прочность образовавшихся слоев.

6. Установлено, что зеленые ингибиторы на основе натрий-карбоксиметилцеллюлозы и соединений азота, фосфора образуют на поверхности стали защитные слои в различных средах, а также замедляют анодные и катодные процессы, действуя на них как ингибиторы смешанного типа.

7. Образцы экстрактов, извлеченные из бахчевых культур (*citrullus lanatus*, *cucumis melo*, *cucurbita*), впервые были внедрены в качестве ингибиторов на Мубаракском заводе по переработке газа и установлено, что они защищают металл от коррозионного разрушения на 93,26–94,05% и рекомендованы к использованию в качестве ингибиторов, уменьшающих коррозию.

**SCIENTIFIC COUNCIL No. DSc. 03/30.12.2019.K.01.03 FOR THE AWARD  
OF ACADEMIC DEGREES AT NATIONAL UNIVERSITY OF  
UZBEKISTAN**

---

**NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

**KURBANOVA LATOFAT MAMADIYOROVNA**

**THE EFFECTIVENESS OF GREEN INHIBITORS BASED ON SODIUM  
CARBOXYMETHYLCELLULOSE AND NITROGEN, PHOSPHORUS  
CONTAINING COMPOUNDS**

**02.00.04-Physical chemistry (chemical sciences)**

**DOCTOR OF PHILOSOPHY IN CHEMISTRY (PhD)  
ABSTRACT OF THE DISSERTATION**

**Tashkent-2025**

**The theme of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation in chemical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2023.4PhD/K690.**

The dissertation was carried out at National University of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation was posted in three (Uzbek, Russian, English (resume)) languages on the website of the Scientific Council at [www.ispm.uz](http://www.ispm.uz) and on the website of "ZiyoNet" Information and Educational Portal at [www.ziyo.net](http://www.ziyo.net).

<b>Scientific supervisor:</b>	<b>Eshmamatova Nodira Baxromovna</b> Doctor of Chemical Sciences, Docent
<b>Official opponents:</b>	<b>Kholikov Abduvali Zhonizokovich</b> Doctor of Chemical Sciences, Professor <b>Rashidova Kamila Khamidovna</b> PhD., Docent
<b>Leading organization:</b>	<b>Institute of General and Inorganic Chemistry</b>

The dissertation will be defended on "15" february 2025 at 14<sup>00</sup> hours at the meeting of the Scientific Council No. DSc. 03/30.12.2019.K.01.03 at the at the National University of Uzbekistan (Address: 100174, Tashkent, University street, 4th house). Tel.: (99871) 227-12-24, fax: (99824) 246-02-24, e-mail: [ilmiy\\_kengash@nuu.uz](mailto:ilmiy_kengash@nuu.uz).

The dissertation can be viewed at the Information Resource Center of the National University of Uzbekistan (registered with the number 7). Address: (100174, Tashkent, University street, 4th building, phone: (+99871) 246-67-71.

The abstract of the dissertation was sent out "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2025  
(distribution protocol № \_\_\_\_ dated "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2025)

**Z. Smanova,**  
Chairwoman of the Scientific Council for Award of  
Academic Degrees, doctor of chemical sciences,  
professor

**N. Qutlimorotova,**  
Scientific Secretary of the Scientific Council for  
the Award of Academic Degrees, doctor of chemical  
sciences, professor

**Kh.Akbarov,**  
Chairman of the Scientific Seminar of the  
Scientific Council for Award of Academic Degrees,  
doctor of chemical sciences, professor

## **INTRODUCTION**

### **(Abstract of Doctor of Philosophy (PhD) thesis)**

**The aim of the research work** is the creation of effective green metal corrosion inhibitors based on sodium carboxymethylcellulose compounds and melon and melon extracts.

**The objects of research work** are samples of extracts of *Citrullus lanatus* (watermelon), *Cucumis melo* (melon), *Cucurbita* (pumpkin), as well as compounds based on Na-KMS.

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

for the first time samples of extracts of *Citrullus lanatus*, *Cucumis melo*, *Cucurbita* were isolated and inhibitors based on sodium carboxymethylcellulose were synthesized. Green inhibitors were found to be highly effective for steel samples 3 and 45;

using the methods of polarization resistance, polarization curves, open-circuit potential, electrochemical sound, the stationary potential, corrosion current, degree of protection of green inhibitors equal to 95.54%, and their dependence on temperature and their concentration were determined;

the high-performance liquid chromatography method showed that extracts of *Citrullus lanatus*, *Cucumis melo*, *Cucurbita* are rich by flavonoids and vitamins; the degrees of their complete coverage, equilibrium constants and thermodynamic functions of the inhibition process were determined;

green inhibitors *Citrullus lanatus*, *Cucumis melo*, *Cucurbita* owing to the presence of various functional groups exhibit the effect of internal molecular synergism. It has been shown that such inhibitors form dense layers on the metal surface, which leads to an increasing of the inhibitory effect.

**Implementation of the research results.** Based on scientific results obtained using green inhibitors to protect metals from corrosion:

sodium carboxymethylcellulose and green inhibitors containing nitrogen, phosphorus have been put into practice at the Mubarak Gas Processing Plant (Mubarak Gas Processing Plant Directory No. 45/GK-03 dated March 18, 2024). It was revealed that used the inhibitors act as mixed type inhibitors. It has been established that in solution the inhibitor interacts with the metal surface and owing to the formation of poorly soluble products and protective layers, inhibits and reduces the corrosion process.

The results obtained were used in the scientific project A-FA-2021 - No. 18 "Development of technology for hydrogen sulfide purification by electrolysis of wastewater during gas processing, separation of methyldiethanolamine from reflux and gas condensate using a three-phase separator" (2022-2023) (Reference No. FTK - 0313/703 dated October 21, 2024 of the Ministry of Higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan).

**The structure and volume of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, 4 chapters, conclusion, list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 106 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim (I часть; I part)**

1. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Азимов Л.А., Курбанова Л.М., Алиева З.В., Каримова М.Б., Валиева Ш.М. Исследование эффективности ингибиторов на основе азот, фосфор содержащих соединений в кислой среде // КарДУ хабарномаси. Илмий-назарий, услубий журнал. -2022. (5/1)55. –В.62-67. (02.00.00. №19).
2. Курбанова Л.М., Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Холикова З.З. Двухкомпонентные ингибиторы на основе органических аминов и хромсодержащих соединений // КарДУ хабарномаси. Илмий-назарий, услубий журнал. -2023. (3/1)59. –В.57-63. (02.00.00. №19).
3. Эшмаматова Н.Б., Курбанова Л.М., Акбаров Х.И., Азимов Л.А. Органик аминлар ва хром бирикмалари асосидаги ингибиторларнинг физик-кимёвий хусусиятлари // Монография. «Impress media» МЧЖ. –Тошкент. -2022. -128 с.
4. Курбанова Л.М., Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Бердимуродов Э.Т. Физико-химические свойства ингибиторов на основе натрий-карбоксиметилцеллюлозы и фосфорных соединений // Узбекский химический журнал -2023. -№ 5 –В.3-9. (02.00.00. № 6).
5. Qurbanova L.M., Akbarov H.I., Eshmamatova N.B. Natriy-karboksimetilselluloza va fosforli birikmalar asosidagi ingibitorlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari // NamDU ilmiy axborotnomasi. -2024.-10-son. – В.126-130. (02.00.00. №18).
6. Eshmamatova N.B., Qurbanova L.M., Khamidov A.M. Inhibition of metall corrosion based on nitrogen and phosphorus containing organic and oligomeric salts // International Journal of Materials and Chemistry -2024. 14(5). –P. 86-96. (02.00.00. № 13).
7. Qurbanova L.M., Eshmamatova N.B. Electrochemical and gravimetric investigation inhibitors on the base organic compounds // Excellencia: international multi-disciplinary journal of education. Vol. 02, Is. 06. -2024. – P. 580-588.

**II bo'lim (II часть; II part)**

1. Eshmamatova N.B., Qurbanova L.M., Khamidov A.M. Mechanism of protection metals from corrosion by nitrogen and phosphorus containing inhibitors in various mediums // International Conference on Electro-physics and Information Technology Applications. Scopus conf. -2024. –P.150-169.
2. Курбанова Л.М., Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Защита металлов от коррозии азот и фосфорсодержащими ингибиторами // Карачаево-Черкесский Государственный университет имени У.Д.Алиева. Тенденции и перспективы развития естественно-научных исследований в современных условиях. Материалы II Международной научно-практической конференции,

посвященной 30-летию юбилею естественно-географического факультета. – Карачаевск. -2023. –С 21-25.

3. Qurbanova L.M., Eshmamatova N.B., Akbarov Kh.I. Physico-chemical properties inhibitors of corrosion on the base of nitrogen, phosphorous-containing compounds // Uzbekistan-Japan International Conference «Energy- Earth-Environment Engineering», -2023. Uzbek-Japan Innovation Center of Youth. – Tashkent. - 82 p.

4. Курбанова Л.М., Алиева З.В., Азимов Л.А., Акбаров Х.И., Эшмаматова Н.Б. Ингибиторы коррозии металлов на основе натрий-карбоксиметилцеллюлозы и фосфорсодержащих органических соединений // Ishlab chiqarishning texnik, muhandislik va texnologik muammolarining innovatsion yechimlari. xalqaro ilmiy-texnik anjumani. JizPI. -2022. –В. 161-163.

5. Каримова М.Б., Курбанова Л.М., Азимов Л.А., Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Ингибиторы коррозии стали на основе органических и хромсодержащих соединений // Кимёнинг ривожиди фундаментал, амалий тадқиқотлар ва уларнинг истиқболлари мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани. Тошкент. -2022. –В. 292-293.

6. Valieva Sh.M., Qurbanova L.M., Akbarov Kh.I., Azimov L.A., Eshmamatova N.B. Investigation of inhibition mechanism of corrosion of steal and affectivity of elaborated inhibitors by gravimetical methods in model systems // Andijon mashinasozlik instituti va Shrinagar milliy texnologiya instituti. “Yangi materiallar texnologiyasi: mashinasozlikda qo‘llaniladigan polimer kompozit materiallarning rivojlanish istiqbollari” mavzusida Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. AnDU. -2022. –В. 69-73.

7. Qurbanova L.M., Eshmamatova N.B., Akbarov H.I. Natriy-karboksimetilselluloza asosidagi ingibitorlar samaradorligi // Фундаментальные и практические аспекты функциональных полимеров. Международной научно-практической конференции. –Ташкент. -2023. –С 957-961.

8. Qurbanova L.M., Eshmamatova N.B., Akbarov H.I. Natriy-karboksimetilselluloza va fosfor tutgan birikmalar asosidagi ingibitorlar yordamida metallarni korroziyadan himoyalash // Oziq-ovqat va kimyo sanoatida innovatsion texnologiyalarni joriy qilish mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. –Namangan.-2023. –С. 287-290.

9. Qurbanova L.M., Akbarov H.I., Eshmamatova N.B. Natriy-karboksimetilselluloza va fosforli birikmalar asosidagi ingibitorlarning xususiyatlari // Fan va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida kimyo-texnologiya, kimyo va oziq-ovqat sohasidagi muammolarning innovatsion yechimlari. Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. –Namangan. -2023. –В. 46-48.

10. Qurbanova L.M., Akbarov H.I., Eshmamatova N.B., Xudoyberdiyeva U.A. Natriy-karboksimetilsellyuloza va azot, fosfor birikmalar asosidagi yashil ingibitorlarning xususiyatlari // Zarafshon voxasini kompleks innovatsion rivojlantirish: yutuqlar, muammolar va istiqbollar. V-Xalqaro anjumani. –Navoiy. -2024. –В. 199-201.

11. Qurbanova L.M., Akbarov H.I., Eshmamatova N.B. Azot va fosfor tutgan korroziya ingibitorlarning samaradorligi // Ilm-fan muammolari magistrantlar

- talqinida Respublika ilmiy-amaliy konferensiya. Qo‘qon davlat pedagogika instituti. -2024. –B. 258-262.
12. Qurbanova L.M., Xudoyberdiyeva U.A., Eshmamatova N.B., Akbarov H.I. Natriy-karboksimetilsellyuloza va fosfor tutgan birikmalar asosidagi samaradorli korroziya ingibitorlari // O‘zbekistonda uchinchi renessans va innovasion jarayonlar. Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. Andijon Davlat universiteti. -2024. –B. 143-145.
13. Qurbanova L.M., Akbarov H.I., Eshmamatova N.B. Natriy-karboksimetilsellyuloza va fosfor tutgan birikmalar asosidagi korroziya ingibitorlari // Kimyo ta’limi fan va ishlab chiqarish integratsiyalari Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Qo‘qon davlat pedagogika instituti. -2024. –B. 151-154.
14. Qurbanova L.M., Eshmamatova N.B. Azot, fosfor tutgan korroziya ingibitorlarining himoyalanih darajalari // Ilm-fan muammolari tadqiqotchilar talqinida III-Xalqaro ilmiy konferensiya. Xo‘jand davlat universiteti. “Interpretation and researches” xalqaro ilmiy jurnali. –Tojikiston. -2024. –B. 322-325.
15. Qurbanova L.M., Akbarov Kh.I., Eshmamatova N.B. Mechanism of protection metals from corrosion by amino containing inhibitors in various mediums // Tibbiyot soxasidagi tibbiy kimyo, biokimyo va biofizikada istiqbolli tadqiqotlar mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Buxoro davlat tibbiyot instituti. -2024. –P. 109-116.
16. Qurbanova L.M., Eshmamatova N.B. Organik birikmalarning korroziya ingibitorlik xususiyatlari // Sifatli ta’lim-taraqqiyot poydevori mavzusidagi II-Respublika ilmiy-amaliy anjumanlar to‘plami. -2024. –B. 129-131.
17. Qurbanova L.M., Akbarov H.I., Eshmamatova N.B. Korroziya ingibitorlarining elektrokimyoviy xususiyatlari // Kimyoning dolzarb muammolari Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. -2024 y. –B.148-149.