ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

NATRIY-KARBOKSIMETILSELLULOZA va AZOT, FOSFOR TUTGAN IKKI KOMPONENTLI BIRIKMALARNING KORROZIYA INGIBITORLIK XOSSALARI

Raupova Nilufar Davron qizi
Jizzax politexnika instituti Kimyo muhandisligi kafedrasi magistranti.
Sariboeva Nasiba Xakimkulovna
Jizzax politexnika instituti Kimyo muhandisligi kafedrasi magistranti.
Qurbanova Latofat Mamadiyorovna
Jizzax politexnika instituti Kimyo muhandisligi kafedrasi dotsent v.b., PhD.
E-mail: latofat.qurbanova@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada natriy-karboksimetilselluloza va azot, fosforli birikmalar asosidagi yashil korroziya ingibitorlari turli muhitlarda metall sirtiga ta'siri o'rganilgan. Ushbu ingibitorlarning elektrokimyoviy, gravimetrik usullar asosida korroziya toki, tormozlash koeffitsiyenti, korroziya tezligi, himoyalash darajasi kabi parametrlari, optimal harorat va konsentratsiyasi aniqlab ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar. Ingibitor, korroziya, korroziya toki, korroziya tezligi, tormozlanish koeffisenti, qutblanish qarshiligi, po'lat, Na-KMS, anilin fosfat.

Аннотация. В статье изучено влияние ингибиторов коррозии на основе натрий-карбоксиметилцеллюлозы и соединений азота и фосфора на поверхность металла в различных средах. На основе электрохимических, гравиметрических методов определены такие параметры этих ингибиторов, как ток коррозии, коэффициент торможения, скорость коррозии, степень защиты, оптимальная температура и концентрация.

Ключевые слова. Ингибитор, коррозия, ток коррозии, скорость коррозии, коэффициент торможения, сопротивление поляризации, сталь, Na-КМЦ, анилин фосфат.

Abstract. The article examines the effects of corrosion inhibitors based on sodium carboxymethylcellulose and nitrogen and phosphorus compounds on the metal surface in various media. Based on electrochemical, gravimetric methods, such parameters of these inhibitors as corrosion current, braking coefficient, corrosion rate, degree of protection, optimal temperature, and concentration have been determined.

Keywords. Inhibitor, corrosion, corrosion current, corrosion rate, braking coefficient, polarization resistance, steel, Na-CMC, aniline phosphate.

KIRISH.

Respublikamizda ilg'or innovatsion texnologiyalarni ishlab chiqishga hamda sanoat tarmoqlarini barqarorlashtirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Korroziya jarayonlarini o'rganish, metallarni himoya qilish usullarini ishlab

ISSN 3030-3907

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. 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.

Shu sababli ushbu tadqiqot ishidan maqsad metallarni korroziyadan samarali himoyalaydigan natriy-karboksimetilselluloza va azot, fosforli birikmalar asosida yashil ingibitorlarni yaratish. Ishning vazifasi shundan iboratki, samaradorligi yuqori bo‘lgan Na-KMS asosidagi ingibitorlarni sintez qilish. Natriy-karboksimetilselluloza va azot, fosforli birikmalar asosidagi yashil korroziya ingibitorlari turli muhitlarda metall sirtiga ta’sirini aniqlash. Bundan tashqari ishlab chiqilgan ingibitorlarning adsorbsion muvozanat konstantasi, to‘la qoplanish darajasini hisoblash va himoyalashning tahminiy mexanizmlarini aniqlash.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi natriy-karboksimetilselluloza va azot, fosfor asosidagi yashil korroziya ingibitorlar po‘lat 3 va 45 namunalari uchun samaradorligi yuqori ekanligi aniqlangan. Bunday 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.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Mahalliy xomashyo asosida samarali, ekologik toza ingibitorlarni yaratish va po‘lat korroziyasiga ishlatish mumkunligi aniqlangan. Olingan ma’lumotlar sirt qatlamlarini shakllantirib metallarni samarali himoya qilishi, yangi ilmiy yo‘nalishini shakllantirishga aniq hissa qo‘shadi deb izohlangan. Tok va korroziya tezligining qiymatlari, himoya darajasi, tormozlash koeffitsienti, muhitning pH darajasi harorati, ingibitorlarning tarikibi va konsentratsiyasi aniqlangan va maksimal himoyani ta’minlaydigan optimal sharoitlar topilgan. Tadqiqot ob’yektlari sifatida turli muhitda kalsiy va natriy pirofosfat va uniflok, natriy polifosfat va Na-KMS ning suvli eritmasi ishlatilgan [1].

Na-KMS ning $CaCO_3$ li cho‘kmasining ingibitorga ta’siri aerob va anaerob sharoitlarda termik barqaror, toksik bo‘lmagan va biologik parchalanadi va hozirda sanoatda keng qo‘llaniladi. Na-KMS-19 ning suvli muhitdagi makromolekulalari 13-18 nm gipotetik to‘g‘ri chiziqli kesmalarning o‘lchamlari, kalsiy tuzlarining nanozarrachalarining o‘lchamiga mos keladigan taxminan 25 glyukoza, selluloza monomerlari bilan cho‘zilgan rulonlarning konformatsiyasiga ega bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

Adabiyotlarda Na-KMS ning fosforli, mochevinali xosilalari olingan bo‘lib, ularni ingibirlash xususiyatlari ishqoriy muhitlarda o‘rganilgan. Na-KMS ning $CaCO_3$ li cho‘kmasi ham ayniqsa aylanma suv sistemalarida o‘rganilganligi ma’lum [2].

Metallarni korroziyadan himoyalashda aralash ingibitor sifatida $(NaPO_3)_n$-Na-KMS qo‘llanilganda elektrokimyoviy usulda ancha samaradorligi past ekanligi aniqlangan. Shunday qilib, agar 20°C da bu aralash ingibitorning himoyalash darajasi 76,80% bo‘lsa, harorat ortishi bilan samaradorligi biroz o‘zgaradi va 80°C ga erishilganda, 68,93 %gacha kamayib ketganligi xisoblash natijalaridan aniqlangan. Na-KMS qo‘shilishi bilan po‘lat sirtini qisman faollashtirib, himoyalaydi, aksincha natriy polifosfat va jelatin yoki uniflok tarkibli ingibitorlar kiritilganda kompozitsiyalarda sinergizm effekti kuzatiladi, bunda turli funksional guruhlar xisobiga samaradorlik orta boshlaydi. Agressiv muhitlarda haroratining 80°C ga ortishi bilan, ingibitorlar ta’siri boshlang‘ich vaqtga nisbatan korroziya potensialining qiymatlari o‘zgarmay qoladi, bundan korroziya tokining kamayishi hisobiga qaysi tipdagi ingibitorlar ekanligi haqida xulosa qilish mumkin [3].

Neytral muhitda Na-KMS natriy pirofosfat bilan ikki komponentli ingibitorlar sifatida foydalanilganda korroziyadan himoyalanish darajasi 96,83 %gacha etganligi aniqlangan. Pirofosfat va uniflok asosidagi ikki komponentli ingibitorlar bir xil yuqori himoyalash darajasiga ega, bu erda Z=97,64 %ga yetganligi mualliflar olib borgan ishlaridan ma’lum. Ikki komponentli ingibitorlarning eritmalarida $R\text{-}COO^-$ poliionlari mavjud bo‘lib, ular po‘lat yuzasida ham adsorbsiyalanishi mumkin. Selluloza tuzilishiga karboksimetil guruhi kiritilganda polisaxaridning fizik-kimyoviy xossalari, xususan, suvda eruvchanligi sezilarli darajada o‘zgaradi. $-CH_2COONa$ guruhining kiritilishi makromolekulaning gidrofilligini oshiradi va Na-KMS molekulasi va suv molekulalari orasidagi vodorod bog‘larining tuzilishini o‘zgartiradi [4].

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Ush ishda po‘lat 3 va 45 namunalari tanlab olindi. 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 namunalarida 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.

Tadqiqotlar quyidagi fon eritmalarda olib borildi: 5 % Na_2SO_4+3 % H_2SO_4 (Fon-1) pH=5,3; 3 % NaCl+5 % Na_2CO_3 (Fon-2), pH=8,9; vodoprovod suvi (Fon-3), pH=6,7 298, 308, 318 va 328 K haroratlarda olib borildi. Tajribalar uchun mos ravishda 10, 20, 30, 40 mg/l konsentratsiyali ingibitorlardan foydalanildi. Tadqiqot ob’yektlari sifatida Na-KMS va azot, fosfor tutgan birikmalar tanlab

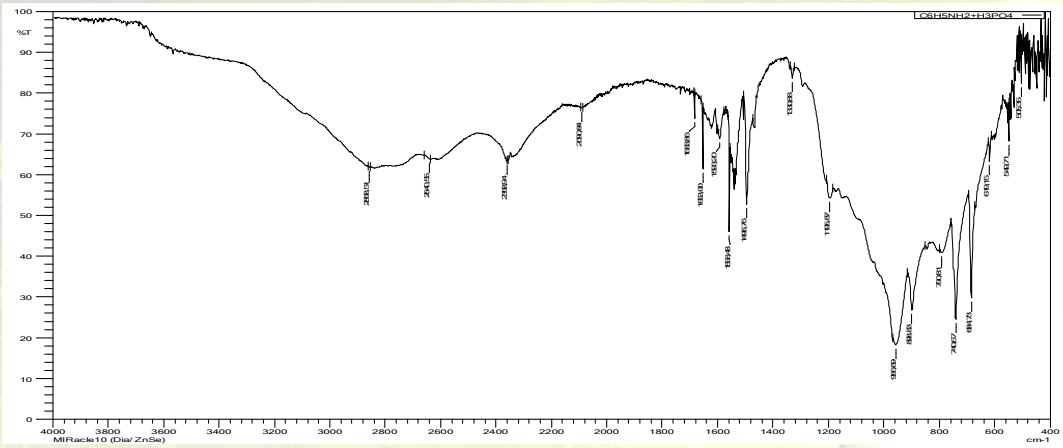
ISSN 3030-3907

olingan. Po‘lat namunalarining korroziyaga uchrashi va uni himoya qilishda kislotali, ishqoriy va suvli muhitlarda hamda ingibitorlarning ta’sir etishi elektrokimyoviy va gravimetrik usullarda korrozion tadqiqotlardan keyin massaning kamayishiga tayangan holatda olib borildi. Shuningdek, elektrokimyoviy usulda po‘lat namunalarini sirtini o‘zgarishi ingibitorlar ta’sirida qatlam hosil qilishi hamda ingibirlanish mehanizmi o‘rganildi.

Ingibitorlarni himoyalash xususiyati ayrim metallarda -NH_2, =NH, CN, N=O, C=C, –C=O, OH, P–O-H, P=O, COO^-; funktsional guruh tutgan birikmalarda kuchliroq. Shu sababli, ushbu turdagi korroziya ingibitorlarining samaradorligi adsorbtsion markazlarning va mahsulotlarining ajralishi bilan bog‘liqligini IQ-spektrlari natijalaridan ko‘rishimiz mumkin. Ingibitorlarning farqli tomoni, past muqobil konsentratsiya, turli muhit va sharoitlarda yuqori haroratlarda o‘z samaradorligini saqlab qolishi va xavfsizligini aytib o‘tish o‘rinli. Organik birikmalar asosidagi ingibitorlarni himoyalash ta’siri juda xilma-xil va har biri o‘ziga xos mexanizmga ega [5].

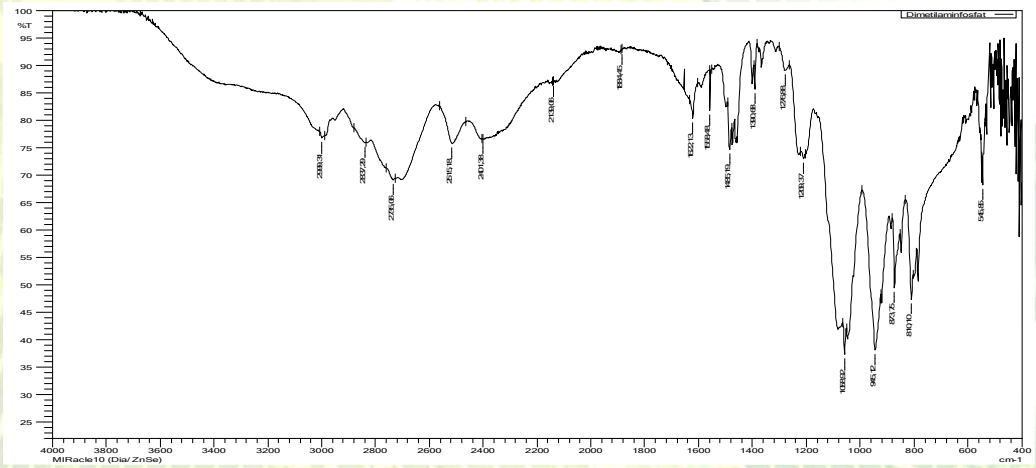
1-rasmda anilin fosfat tuzini IQ-spektrida 2640,55-2358,94-2090,84 sm^{-1} sohada to‘rtlamchi azot atomining borligidan dalolat beradi; 1653 sm^{-1} oraliqda intensivligi kam bo‘lgan yutilish chiziqlari namoyon bo‘ldi. Benzol halqasidagi C=C bog‘larning xalqa tekisligi bo‘ylab tebranishdan yuzaga kelgan sohalar 1593,20 sm^{-1} da; shu bilan birga 1558,48-1496,76 sm^{-1} oraliqlarda simmetrik C=C bog‘lar; 898,83-740,67-684,73 sm^{-1} sohalarda benzol halqasining tekisligidan boshqa tekislik bo‘ylab yuz beradigan tebranishlar aniqlandi. 619,15 sm^{-1} sohada C=C deformatsion tebranishlar; C-N bog‘lanishlar 1277 sm^{-1} da valent tebranish; amino guruhning deformatsion tebranishi 1683 sm^{-1} sohada; 1195,87 sm^{-1} –P=O valent tebranish; 2858,51sm^{-1} sohada O=P-O-H ning valent tebranishi ya’ni intensivligi past bo‘lgan deformatsion tebranishga tegishli chiziqlar mavjudligi aniqlandi. Po‘lat elektrodi sirtida adsorbtsion qavatlar hosil qilib, ya’ni bir muncha yuqori samaradorli ingibitorlar ekanligi aniqlangan. Metall bilan adsorbtsion ta’sirlashuv natijasida, uning himoyalash xossalari yuqori haroratlarda yanada kuchliroq namoyon bo‘ladi va bunda xemosorbtsion mexanizmda ta’sir qilib bir muncha mustahkam qavatlar hosil qiladi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Anilin fosfat tuzini IQ-spektri.

Olingan IQ-spektrlar shuni ko‘rsatadiki, birikmaning strukturasidagi alkil radikali, strukturaning kattaligi uning ingibirlovchi hossasini samaradorligiga ta’sir ko‘rsatadi, ya’ni muhitda himoya qatlamlarni mustaxkamligini ta’minlaydi. Organik tarkibli birikmalar adsorbtsiyasida temir ionlari bilan kam eruvchan qatlamlar hosil qilishi aniqlangan. Qatlamning o‘sishi va buning natijasida uning g‘ovakliligi, qalinligi ham kamayadi, buning hisobiga himoyalovchi hossalari ortib boradi [6].



2-rasm. Dietilamin fosfat tuzining IQ-spektri.

2-rasmda dietilaminfosfat tuzining IQ-spektrida 2999,31-2837,29 sm^{-1} sohalarda assimmetrik, 2735,06 sm^{-1} sohada esa simmetrik C-H bog‘iga tegishli intensivligi past tebranishlar; 2515,18-2401,38-2139,06 sm^{-1} sohalarda to‘rtlamchi azot atomining borligidan dalolat beruvchi chastotalar; 1558,48-1622,13 sm^{-1} sohalarda (N^{+}) ga tegishli deformatsion tebranishlar; 1276,88 sm^{-1} sohada –P=O ga tegishli bo‘lgan valent tebranishlar; 1485 sm^{-1} sohada C-H ga tegishli bo‘lgan deformatsion assimmetrik tebranishlarni, 1390,68 sm^{-1} esa C-H ga tegishli bo‘lgan defarmatsion o‘zgaruvchan simmetrik tebranishlarni ko‘rish mumkin. 1209,38 sm^{-1} sohada C-N-C bog‘ga tegishli bo‘lgan sohada simmetrik, 1058,92 sm^{-1} sohada esa C-N-C bog‘ga tegishli bo‘lgan assimmetrik signallar ko‘rindi; 873,75 sm^{-1} sohada

ISSN 3030-3907

P-O-P bog‘ga; 810,10 sm^{-1} sohada (P-H) mavjudligi hamda 545,85 sm^{-1} chastotada (NNN) borligi aniqlandi.

O‘tkazilgan tadqiqotlardan olingan ma’lumotlarga ko‘ra shu narsa aniqlandiki, kuchsiz ishqoriy va kislotali muhitlarda faqatgina agressiv anionlarning kontsentratsiyasi baland bo‘lmasdan, balki metall sirtida himoyalovchi qatlamlarning hosil bo‘lishini va korrozion agressivlikning pasayishini ta’minlab beruvchi ionlarining mavjudligi aniqlangan.

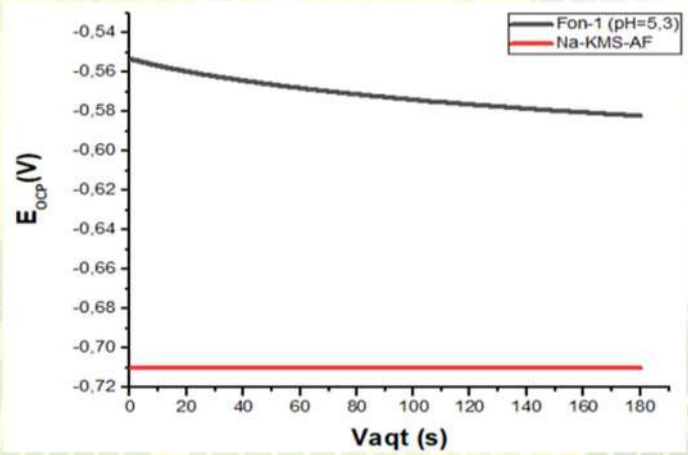
Ingibitorlar tuzilishi va muhit tarkibiga bog‘liq holda kationlar, anionlar va neytral molekulalar ko‘rinishida bo‘lishi mumkin, metall sirti bilan elektrostatik yoki kimyoviy ta’sirlashib fizikaviy adsorbsiya yoki xemosorbsiya natijasida qatlamlar mustahkamlanadi, bu esa korroziya jarayonining susayishiga olib keladi. Odatda ushbu xususiyatlar molekulalarda ingibitorning metall bilan o‘zaro faol adsorbtsion markazini ta’minlovchi atomlar yoki funktsional guruhlarning mavjudligi sababli etarli darajada samaradorli natijalarga olib kelishi aniqlangan. Donor-aktseptor va vodorod bog‘lanishlar tufayli metallda adsorbsiyalanadigan, tarkibida azot, fosfor, kislorod va karboksil guruhlar bo‘lishi mumkin. Bundan kutish mumkinki, elektronodonor molekulalarning kichik ionlanish potentsiali, qarama-qarshi zaryadlari, azot atomining markazi va bir muncha musbat zaryadli vodorod atomining protonlangan holati metall sirti bilan, koordinatsion yoki vodorod bog‘lari hisobiga eng yaxshi ingibitor hisoblanadi [7]. Infraqizil sohada moddaning nur yutishi orqali molekulalardagi atomlarning tebranishlari sodir bo‘ladi. Tebranishlar vaqtida atomlar orasidagi masofalar o‘zgarganda va deformatsion vaqtida bog‘lar orasidagi burchaklar o‘zgarib boradi. Olingan spektrdagi yutilish chiziqlari bir biriga solishtirib moddaning tuzilishi haqida yoki reaksiya borganligi haqida fikr yuritish mumkin [8]. Kimyoviy reaksiya natijasida yangi yutilish maksimumlarining hosil bo‘lishi, ma’lum bir yutilish chiziqlarining yo‘qolishi yoki boshqa sohaga siljishi kuzatilishi mumkin. IQ-spektrlarni tahlil qilishda ma’lumotlardan foydalanish ham maqsadga muvofiq. 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.

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Ochiq elektron potensial o‘zgarishi usulida po‘lat 3 va 45 namunalari tanlab olindi. Metall namunasi uchun (Fon-1) eritma (pH=5,3) 5%Na_2SO_4+3%H_2SO_4 va suvli muhitda (Fon-3), pH=6,7 li 30 mg/l miqdorda ingibitorlar ta’siri natijasida ochiq zanjir potensiallarni o‘zgarish

ISSN 3030-3907

natijalari keltirilgan. Umuman olganda, potensial o‘zgarishini ko‘rsatib beradigan egri chiziqlar ingibitor ishtirokida bir muncha manfiy yoki musbat tomonga qarab siljishi mumkin. Bu adsorbsiyaning yo‘nalishi va ingibitor molekulasining tuzilishi bilan bog‘liq. Potensiallarning bunday o‘zgarishi natijasida ingibitorlarni qanday mexanizmda ta’sir qilishi mumkinligi haqida ma’lumot olish mumkin.

O‘rganilayotgan ingibitorni anion, kation yoki aralash tipda ekanligini aniqlab beradi. Metall yuzasiga adsorbsiyalangan ingibitorlar tarkibida fosfat va amino guruhlar kabi birikmalar mavjudligi aniqlangan. Shu bilan birga, anilin fosfat va dietilamin fosfatning Na-KMS bilan qo‘llanilganda, ulardan olingan egrilardan potensiallarni manfiy qiymatga qarab siljiganligini ko‘rish mumkin, bu esa fon eritmada metall yuzasida erimaydigan himoya qiluvchi yupqa qatlamlarni hosil qilishi kuzatilgan(3 va 4-rasm). Natijalardan shuni bilish mumkinki, faqat OCP o‘zgarishlarida har bir ingibitordan olingan egri chiziqlar, ya’ni potensiallarni barqaror holatga kelishini izohlaydi. Ushbu ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, barcha namunalar uchun potentsial o‘zgarishlari vaqtga nisbatan kuzatilgan, ammo ba’zi ingibitorlar kiritilganda potentsiallar fon eritmaga qaraganda tezroq barqarorlashadi.

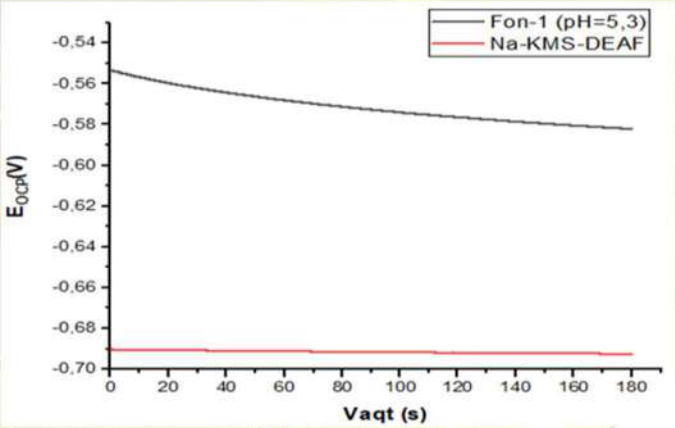


3-rasm. Ochiq elektron potensial o‘zgarishi fon eritmasi pH=5,3 (5%Na_2SO_4+3%H_2SO_4) li muhitda 30 mg/l miqdorda turli ingibitorlarni kiritilgandagi natijalari Fon-1 (1); Na-KMS+AF (2).

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. Ushbu uzoq muddatli OCP sinovlari natijasida aniqlangan o‘rtacha po‘lat korroziya tezligi darajasi odatda juda kam bo‘lishi mumkin. Korroziya tezligining o‘zgarishi metall sirtida qatlamlar hosil bo‘lishini izohlaydi. Ingibitorlar

ISSN 3030-3907

kiritilganda oxirgi barqaror OCP qiymatlari ularning tegishli himoya potentsiallaridan ($E_{corr.}$)ni o‘zgarishidan darak beradi [9].



4-rasm. Ochiq elektron potensial o‘zgarishi fon eritmasi pH=5,3 (5%Na_2SO_4+3%H_2SO_4) li muhitda 30 mg/l miqdorda turli ingibitorlarni kiritilgandagi natijalari Fon-1 (1); Na-KMS+DEAF (2).

Ishida birinchi marta Na-KMS va fosforli organik birikmalarni fon eritmaga kiritilishi nafaqat aktiv markazda, balki korroziya to‘ki o‘zgarishi natijasida metall ionlanishining pasayishiga olib kelishini ko‘rsatadi. Korroziya to‘ki o‘zgarishi ya’ni pasayishi, fazaviy sirt qatlamlarining shakllanishi bilan bog‘liq qo‘shimcha diffuziya cheklovlarining paydo bo‘lishini aniq ko‘rsatib turibdi, bu esa o‘z navbatida metallarni korroziyadan ingibitor bilan himoya qilishning mavjud adsorbsion nazariyalarining to‘g‘riligi va qo‘llanilishini izohlab beradi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, 30 mg/l miqdorda po‘lat 45 namunasi o‘rganilganda potensial qiymatlarini o‘zgarishi (Fon-1) pH=5,3 eritmasida yanada manfiyroq tomonga qarab siljishi ko‘rsatilgan. Eng ko‘p samarali ingibitorlar anilin fosfat va dietilamin fosfatning Na-KMS bilan birgalikda qo‘llangan ingibitorlari hisoblanadi. Na-KMS+AF ingibitori eng yaxshi ingibitor hisoblanadi chunki bu natijalar potensiallar o‘zgarishi bilan isbotlangan. Vaqt o‘tishi bilan har xil fon eritmalarda bir vaqtning o‘zida turli funksional guruhlarning bo‘lishi – PO_4^{-3} -COOH va NH_2 sinergizm hodisasi bilan izohlanadi, bu esa o‘zaro kuchaytirish effekti bilan tushuntiriladi.

Qutblanish egrilari usuli ingibitorlarning samaradorligini aniqlashning ekspress usullaridan biri hisoblanadi, elektrokimyoviy usullar qatoriga kiradi. Metallarning turli muhitlarda elektrokimyoviy korroziyasini tasvirlab berishda qutblanish egrilarining analizidan foydalanish mumkin.

ISSN 3030-3907

5-rasm. Qutblanish egrilari usuli yordamida olingan natijalar fon eritmasi pH=5,3 (5%Na_2SO_4+3%H_2SO_4) li muhitda 30 mg/l miqdorda turli ingibitorlar kiritilganda Fon-1 (1); (Na-KMS+AF) (2).

Po‘lat elektrodning yuzasi ingibitor bilan ingibirlanishi natijasida elektrodlarda ma’lum farqga ega potensiallarning o‘zgarishi va shu bilan birga, korrozion tokning miqdori o‘zgarishi kuzatiladi. Ushbu korroziya toki deb ataluvchi tok korroziyalanuvchi metall miqdoriga ekvivalent bo‘ladi. Korroziya jarayonida katod va anod qismlarining potensiallari doimiy emas, bunda qutblanish ro‘y beradi, uning natijasida katod va anod jarayonlarida potensiallar yaqinlashishi, o‘zgarishi va korrozion tokning kamayishi sodir bo‘ladi [10]. 5-rasmda Na-KMS+AF ning kuchsiz kislotali muhitdagi qutblanish egrilari keltirilgan.

30 mg/l konsentratsiyalarda olib borilgan elektrokimyoviy o‘lchashlar natijasiga ko‘ra ingibitorlar yaxshi samaradorlik namoyon etganligi kuzatildi.

1-jadval

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

Ingibitor	C, (mg/l)	i, (mA/sm^2)	γ	θ
(Fon-1)	30	0,68	–	–
(Na-KMS+DEAF)		0,040	17,00	0,94
(Na-KMS+AF)		0,054	12,59	0,92

To‘la qoplanish darajasi aniqlanganda eng yaxshi ingibitor sifatida yashil ingibitorlar ekanligi aniqlandi. To‘la qoplanish darajasi θ ning qiymati 0,92-0,94 ga qadar ortganligini ko‘rish mumkin. To‘la qoplanish darajasi θ ning qiymati 1,0 ga yaqinlashsa demak kiritilgan ingibitorlar samaradorligi yuqori ekanligini tasdiqlaydi.

Qutiblanish egrilarini avtomatik ravishda potensiostatlar tomonidan berilgan elektrod potentsiali yoki dasturlashtirilgan o‘zgarishlar orqali vaqt o‘tishi bilan

ISSN 3030-3907

ularning o‘zgarishini elektrodning ma'lum qiymatini saqlab turib, bosqichma-bosqich turli xil tezlikda kuzatish mumkin [11].

Ishda konsentratsiyaning ingibirlash samaradorligiga ta’siri o‘rganildi. Ingibitorlarning samaradorligini gravimetrik usulda aniqlashda tajribalarni turli harorat oralig‘i va turli konsentratsiyalarda olib borish ingibirlash mexanizmi haqida ko‘plab ma’lumotlarni beradi. Tadqiqot ob’yektlarining fon eritmalardagi 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.

2-jadval

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

C, mg/l	Ingibitorlar samaradorligi, %		
	Na-KMS	Na-KMS+AF	Na-KMS+DEAF
10	69,95	77,78	81,55
20	83,45	88,12	89,25
30	87,42	92,01	94,02
40	87,69	92,37	94,35

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, konsentratsiya ortishi bilan himoyalash darajasi va sirtni qoplanish darajasi avvalo sezilarli darajada ortishi keyinchalik deyarli o‘zgarmay qolganligi kuzatildi (Jadval-2). Shu sabali ham tadqiqot ishlarida ingibitorlar 30 mg/l konsentratsiyada olingan. (Fon-3) ishchi eritmada olib borilgan himoyalash darajasini konsentratsiyaga bog‘liqligini o‘rganish natijalariga ko‘ra ob’yektlar (Fon-1) va (Fon-2) ishchi eritmalariga qaraganda yuqoriroq himoyalash darajasini ko‘rsatdi.

Gravimetrik usuldan foydalanib 15 kundan 30 kun davomida ingibitorlarning ta’sir qilish davomiyligi aniqlandi. Tadqiqotdan olingan natijalar turli fon eritmalarda olib borilgan bo‘lib, 3-jadvalda keltirilgan va korroziya tezligi, tormozlanish koeffisienti (γ), himoyalash darajasi (Z) aniqlandi. Ingibitorning tarkibini tanlash orqali metall korroziyasini chaqiruvchi muhitning passivlanishi hamda metall sirtining yuqori adsorbsion faolligining pasayishiga yoki to‘xtashiga erishiladi. Ushbu ta’sirni po‘latda yupqa himoyalovchi qatlamning xosil bo‘lishi bilan tushuntirish mumkin, buning natijasida esa po‘lat sirtini bloklaydi va korroziyadan buzilishlarning tezligini kamaytiradi. Shuni ta’kidlab o‘tishimiz joizki, korroziya tezligining qiymatini o‘zgarishi, tajriba mobaynida metall yuzasida faol sirtda funksional guruhlarni oshganligi to‘g‘risida ma’lumot beradi.

ISSN 3030-3907

Ayrim agressiv holatlarda va hattoki passiv holatlarda ham korroziyaning yetarlicha yuqori tezlik bilan borishi kuzatilgan, yashil ingibitorlarni sistemaga kiritilishi bilan aksincha sekinlashishi aniqlangan [12,13]. Kuchsiz kislotali va ishqoriy muhitlarda olib borilgan tajribalar orqali shu narsa aniqlandiki, sintez qilingan birikmalar orasida po‘lat 3 va 45 namunalarini samarali himoyalaydigan korroziya ingibitorlari mavjud, bunday ingibitorlar qatoriga Na-KMS+DEAF, Na-KMS+AF kabi ingibitorlarni kiritish mumkin. Birikmalarning ingibitorlik xossalarida muhitning doimiy ta’siri, ularning adsorbsion hossalari bilan tushuntirib beriladi va u azot, fosfor atomlardagi elektron zichligiga bog‘liqligi aniqlangan.

3-jadval

T=298 K da ingibitorlarning turli ishchi eritmalarda 15 va 30 kun davomida gravimetrik usulda aniqlangan tormozlash koeffitsiyenti (γ), himoyalash darajasi (Z) qiymatlari

Ingibitor	*K*, gr/(sm^2·soat)	γ	Z, %	*K*, gr/(sm^2·soat)	γ	Z, (%)
Fon-3	**15 kunlik natija**			**30 kunlik natija**		
	3,84	-	-	3,57	-	-
$(C_2H_5)_2NH·H_3PO_4$	0,590	6,50	84,62	0,491	7,27	86,24
$C_6H_5NH_2·H_3PO_4$	0,567	6,84	85,23	0,456	7,83	87,21
Na-KMS+AF	0,345	11,13	91,01	0,273	13,07	92,35
Na-KMS+DEAF	0,259	14,83	93,25	0,190	18,79	94,66

Ingibitorlar qo‘llanilishi konsentrasiyaga samarali bog‘liq bo‘lib, eritmada po‘latning yuza sohasida yuqori darajadagi qoplanish tushunarli tarzda adsorbsiya natijasida mono qavatlarni xosil bo‘lishi bilan ko‘rsatilgan [14]. Fon-3 eritmada olib borilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra 30 mg/l konsentratsiyada tadqiqot ob’yektlari 15 kun davomida 84,62 %dan 93,25 %gacha, 30 kun davomida 86,24 %dan 94,66 %gacha himoyalash darajasini ko‘rsatdi. Fon-1 va Fon-2 eritmalarda ham Fon-3 eritma kabi qonuniyat kuzatildi (3-jadval).

Ushbu ishda konsentratsiya ortishi bilan ingibitorning himoyalash darajasi (Z%) va sirtni qoplash darajasi ($\theta_{Grav.}$)ning ortishi kuzatildi. Buni sababi shundaki, ko‘p miqdordagi ingibitor molekulalari ko‘proq korroziya markazlarini yopadi va korroziyani kamaytiradi. Natijada korroziya tezligi (K) kamayadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Na-KMS asosidagi birikmalardan foydalanilganda o‘zaro sinergizm ta’sir natijasida po‘lat 3 va 45 namunalarining maksimal himoyalash darajasi (94,66 %gacha) erishildi, shu bilan birga, optimal konsentratsiyasi 30 mg/l bo‘lganda korroziyadan samarali himoyalashini va metall

ISSN 3030-3907

yuzasiga yaxshi adsorbsiyalanishini ko‘rsatdi. Azot va fosfor tutgan yashil ingibitorlar metallar korroziyasini susaytirishi va yuqori samaradorlikka egaligi, ingibitor ta’sirining davomiyligi hisobiga ximoyalanish yanada ortishi kuzatildi. Bundan ingibitor sifatida qo‘llanilgan birikmalar metall sirtlari hamda korroziyaga uchratuvchi muhitlarning faol zarrachalari bilan ta’sirlanishida yuqori himoyalash darajasiga ega ekanligini tushuntirish mumkin. Olingan natijalar ingibitorning metall sirtida himoya qatlami hosil qilishini ko‘rsatib berdi. Bu himoya qatlam metall yuzasini korroziyadan samarali himoyalaydi. Samaradorligi yuqori bo‘lgan yashil 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. Ishlab chiqilgan ingibitorlarning himoyalash darajasi, adsorbsion muvozanat konstantasi va to‘la qoplanish darajasi hisoblandi. Natriy-karboksimetilselluloza va azot, fosforli birikmalar asosidagi yashil korroziya ingibitorlari po‘lat sirtida turli muhitda boshlang‘ich moddaning tarkibi va strukturasidan butkul farq qiladigan himoya qavatlar hosil qilishi hamda ular aralash mexanizmli ingibitorlar sifatida ta’sir qilib, anod va katod jarayonlarini sekinlashtirishi aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Холиков А.Ж. Защита углеродистой стали различных ингибиторов в имитате пластовой воды // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. -2013. – №.11-1. – С. 52-53.
2. Широков В.А. Исследование и разработка модификаций полисахаридных реагентов для повышения качества промывочных жидкостей при строительстве нефтяных и газовых скважин: автореф. дис. канд. техн. наук: 25.00.15 // Краснодар, 2010. – С.25.
3. Холиков А.Ж., Акбаров Х.И. Новые аминосодержащие ингибиторы коррозии стали для пластовых вод // Коррозия: материалы, защита. -2014. -№10. – С. 30-34.
4. Сидиков Т.З., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С. Электрохимические и защитные свойства некоторых водорастворимых полиэлектролитов //“Юқори молекулали бирикмалар кимёси ва изикаси”. Ёш олимлар илмий анжумани. Тез. тўплами. Ташкент, 2002. – Б. 59-60.
5. 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 konf. -2024. – P.150-169.

ISSN 3030-3907

6. Akbarov Kh.I., Eshmamatova N.B., Fayzullaev N.I., Kalyadin V.G., Azimov L.A. // Synthesis and Physico-Chemical Properties of Oligomeric Inhibitors of Corrosion on the Base of Nitrogen, Phosphorous-Containing Compounds / International Journal of Advanced Science and Technology. -2020. -V.29. -№.5.– P. 6489-6506.
7. Kaur J., Daksh N., Saxena A. Corrosion Inhibition Applications of Natural and Eco-Friendly Corrosion Inhibitors on Steel in the Acidic Environment: An Overview //Arabian Journal for Science and Engineering. Arabian, 2021. – P. 1-18.
8. M. Elayyachy, A. El Idrissi, B.Hammouti, Новые тиосоединения в качестве ингибитора коррозии стали в 1M HCl, Corros. Sci.48. -2006.– P. 2470–2479.
9. Gomes M.P., Costa I., Pebere N., Rossi J.L., Tribollet B., Vivier V. On the corrosion mechanism of Mg investigated by electrochemical impedance spectroscopy // Electrochimica Acta. -2019. 306. – P. 61-70.
10. Lei L., Shi J., Wang X., Liu D., Xu H. Microstructure and electrochemical behavior of cerium conversion coating modified with silane agent on magnesium substrates // Applied Surface Science. -2016. 376. – P. 161-171.
11. Musdalslien U.I., Standal N.A., Johansen J.G., Oehme M. Pilot plant tests with a wet electrostatic precipitator for reducing PCDD/PCDF in corrosive off-gas from magnesium production // Chemosphere. 1991. 23.(8-10).– P. 1097-1108.
12. Bao, Y., et al. Salt-responsive ZnO microcapsules loaded with nitrogen-doped carbon dots for enhancement of corrosion durability // Journal of Materials Science. -2021. -№.56(8). –P. 5143-5160.
13. Qurbanova L.M, Valiyeva Sh.M, Eshmamatova N.B, Akbarov H.I Natriy-karboksimetilselluloza asosidagi ingibitorlar samaradorligi // Funksional polimerlarning fundamental va amaliy jihatlari. Toshkent, 2023. Xalqaro ilmiy-amaliy konf. – B. 957-961.
14. 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. – P. 82.

ISSN 3030-3907