ISSN: 3060-4613

MAKTABGACHA VA MAKTAB TA'LIMI VAZIRLIGI

O'zbekiston Milliy Pedagogika Universiteti



№9(3)
2026

13.00.00 Pedagogika fanlari
13.00.01 Pedagogika nazariyasi. Pedagogik ta'limotlar tarixi
13.00.02 Ta'lim va tarbiya nazariyasi va metodikasi (sohalar bo'yicha)
13.00.03 Maxsus pedagogika
13.00.04 Jismoniy tarbiya va sport mashg'ulotlari nazariyasi va metodikasi
13.00.05 Kasb-hunar ta'limi nazariyasi va metodikasi
13.00.06 Elektron ta'lim nazariyasi va metodikasi (ta'lim sohalari va bosqichlari bo'yicha)
13.00.07 Ta'limda menejment
13.00.08 Maktabgacha ta'lim va tarbiya nazariyasi va metodikasi
13.00.09 Ijtimoiy pedagogika
07.00.00 Tarix fanlari
19.00.00 Psixologiya fanlari
01.00.00 Fizika-matematika fanlari
02.00.00 Kimyo fanlari
03.00.00 Biologiya fanlari
09.00.00 Falsafa fanlari
10.00.00 Filologiya fanlari
11.00.00 Geografiya fanlari

MAKTABGACHA VA MAKTAB TA'LIMI

Pedagogika, psixologiya fanlariga ixtisoslashgan ilmiy jurnal

MAKTABGACHA VA MAKTAB TA'LIMI

Elektron nashr. 265 sahifa,
2-sentyabr, 2026-yil.

BOSH MUHARRIR:
Karimova E'zoza Gapirjanovna – O'zbekiston Respublikasi Maktabgacha va maktab ta'limi vaziri

BOSH MUHARRIR O'RINBOSARI:
Ibragimova Gulsanam Ne'matovna – Pedagogika fanlari doktori, professor

TAHRIRIYAT KENGASHI A'ZOLARI
Ibragimov X.I. – pedagogika fanlari doktori, akademik
Shoumarov G'.B. – psixologiya fanlari doktori, akademik
Qirg'izboyev A.K. – Tarix fanlari doktori, professor
Jamoldinova O.R. – pedagogika fanlari doktori, professor
Sharipov Sh.S. – pedagogika fanlari doktori, professor
Shermuhammadov B.Sh. – pedagogika fanlari doktori, professor
Ma'murov B.B. – pedagogika fanlari doktori, professor
Madraximova F.R. – pedagogika fanlari doktori, professor
Kalonov M.B. – iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Nabiyev D.X. – iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Qo'ldoshev Q. M. – iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Ikramxanova F.I. – filologiya fanlari doktori, professor
Ismagilova F.S. – psixologiya fanlari doktori, professor (Rossiya)
Stoyuxina N.Yu. – psixologiya fanlari nomzodi, dotsent (Rossiya)
Magauova A.S. – pedagogika fanlari doktori, professor (Qozog'iston)
Rejep O'zyurek – psixologiya fanlari doktori, professor (Turkiya)
Wookyu Cha – Koreya milliy ta'lim universiteti rektori (Koreya)
Polonnikov A.A. – psixologiya fanlari nomzodi, dotsent (Belarus)
Mizayeva F. O. – Pedagogika fanlari doktori, dotsent
Baybayeva M.X. – pedagogika fanlari doktori, professor
Muxsiyeva A.T. – pedagogika fanlari doktori, professor
Aliyev B. – falsafa fanlari doktori, professor
Abdullayeva N. Sh. – Pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
Doniyorov S. M. – "Yangi O'zbekiston" va "Pravda Vostoka" gazetalari tahririyati DM bosh muharriri, O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan jurnalist, filologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
G'afurov D. O. – falsafa fanlari doktori (Phd)
Shomurodov R.T. – iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent
Jalilova S.X. – psixologiya fanlari nomzodi (PhD), dotsent
Bafayev M.M. – psixologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Usmonova D.I. – Samarqand iqtisodiyot va servis institute dotsenti
Saifnazarov I. – falsafa fanlari doktori, professor
Raxmonova Z. A. – filologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Nematov Sh.E. – pedagogika fanlari nomzodi (PhD)
Tillashayxova X.A. – psixologiya fanlari nomzodi (PhD), dotsent
Yuldasheva F.I. – pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD),dotsent
Yuldasheva D.B. – filologiya fanlari bo'yicha falsafa (PhD) doktori, dotsent
Tangriyev A. T. – Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti kafedra professori
Ashurov R. R. – psixologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Panjiyev M. A. – Qashqadaryo viloyati Maktabgacha va maktab ta'limi boshqarmasi boshlig'ining birinchi o'rinbosari
Xudayberganov N. A. – Xorazm Ma'mun akademiyasi Tabiiy fanlar bo'limining katta ilmiy xodimi, biologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Vaxobov Anvar Abdusattor o'g'li – Pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ
Hamkorlarimiz: O'zbekiston Respublikasi Maktabgacha va maktab ta'limi vazirligi, O'zbekiston milliy pedagogika universiteti

EDITOR-IN-CHIEF:
Karimova E'zoza Gapirzhanovna – Minister of Perschool and School Education of the Republic of Uzbekistan

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:
Ibragimova Gulsanam Ne'matovna – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

EDITORIAL BOARD MEMBERS:
Ibragimov X.I. – Doctor of Pedagogical Sciences, Academician
Shoumarov G'. B. – Doctor of Psychological Sciences, Academician
Qirg'izboyev A. K. – Doctor of Historical Sciences, Professor
Jamoldinova O.R. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Sharipov Sh.S. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Shermuhammadov B.Sh. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Ma'murov B.B. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Madraximova F.R. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Kalonov M.B. – Doctor of Economic Sciences, Professor
Nabiyev D.X. – Doctor of Economic Sciences, Professor
Koldoshev K. M. – Doctor of Economic Sciences, Professor
Ikramxanova F.I. – Doctor of Philological Sciences, Professor
Ismagilova F.S. – Doctor of Psychological Sciences, Professor (Russia)
Stoyuxina N.Yu. – Candidate of Psychological Sciences (PhD), Associate Professor (Russia)
Magauova A.S. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Kazakhstan)
Rejep O'zyurek – Doctor of Psychological Sciences, Professor (Turkey)
Wookyu Cha – President of the National University of Education, Korea (South Korea)
Polonnikov A.A. – Candidate of Psychological Sciences (PhD), Associate Professor (Belarus)
Mizayeva F. O. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Baybayeva M.X. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Muxsiyeva A.T. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Aliyev B. – Doctor of philosophy, professor
Abdullayeva N. Sh. – Doctor of Pedagogical Sciences (DSc), Professor
Doniyorov S. M. – Editor-in-Chief of the DM Editorial Office of the newspapers "Yangi O'zbekiston" and "Pravda Vostoka", Honored Journalist of the Republic of Uzbekistan, Doctor of Philosophy (PhD) in Philology, Associate Professor
Gafurov D. O. – Doctor of Philosophy (PhD)
Shomurodov R.T. – Candidate of Economic Sciences (PhD), Associate Professor
Jalilova S.X. – Candidate of Psychological Sciences (PhD), Associate Professor
Bafayev M.M. – Doctor of Philosophy in Psychological Sciences (PhD), Associate Professor
Usmonova D.I. – Associate Professor, Samarkand Institute of Economics and Service
Saifnazarov I. – Doctor of philosophy, professor
Rakhmonova Z.A. – Doctor of Philosophy (PhD) in Philological Sciences, Associate Professor
Nematov Sh.E. – Candidate of Pedagogical Sciences (PhD)
Tillashayxova X.A. – Candidate of Psychological Sciences (PhD), Associate Professor
Yuldasheva F.I. – Doctor of Philosophy in Pedagogical Sciences (PhD), Associate Professor
Yuldasheva D.B. – Doctor of Philosophy (PhD) in Philological Sciences, Associate Professor
Tangriyev A.T. – is a professor of Tashkent State University of Economics
Ashurov R. R. – Doctor of Philosophy (PhD) in Psychology, Associate Professor
Panjiyev M. A. – First Deputy Head of the Department of Preschool and School Education of the Kashkadarya Region
Khudaiberganov N. A. – Senior Researcher of the Department of Natural Sciences of the Khorezm Mamun Academy, Doctor of Philosophy (PhD) in Biological Sciences
Vakhobov Anvar Abdusattor oglu – Doctor of Philosophy in Pedagogical Sciences, Associate Professor

"Maktabgacha va maktab ta'limi" jurnali O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining quyidagi qarorlariga asosan pedagogika va psixologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) hamda fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiyalaridagi asosiy ilmiy natijalarni chop etish uchun milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan:
Pedagogika fanlari bo'yicha: OAK Kengashi tavsiyasi (26.08.2024-y., №11-05-4381/01) asosida:
• Ekspert kengashi (29.10.2024-y., №10)
• Rayosat qarori (31.10.2024-y., №363/5)
Psixologiya fanlari bo'yicha: Toshkent davlat pedagogika universiteti murojaatiga asosan OAK tavsiyasi (24.04.2025-y., №11-05-2566/01):
• Ekspert kengashi (25.05.2025-y., №10)
• Rayosat qarori (08.05.2025-y., №370/5)

"Maktabgacha va maktab ta'limi" jurnali

26.09.2023-yildan

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan **№C-5669363** reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.

Litsenziya raqami: **№136361**

MUNDARIJA CONTENTS СОДЕРЖАНИЕ

MUNDARIJA

Boshlang'ich ta'limda o'yin texnologiyalaridan foydalanishning pedagogik ahamiyati 10
Maxmudova Fotima Shamshidinovna, Murodjonova Shahzoda Elyor qizi

Turli tayyorgarlik darajasidagi nemis tili talabalarining kommunikativ kompetensiyasini differensial mashqlar orqali takomillashtirish 15
Nafisaxon Nuriddinova Tolib qizi

Boshlang'ich sinf tabiiy fanlar ta'limida STEAM yondashuvining ilmiy-nazariy asoslari 19
Abrorxonova Kamolaxon Abrorxon qizi, G'ulomova Maryam Baxrom qizi

Oliy ta'lim muassasalarida yosh professor-o'qituvchilarning kasbiy moslashuvini mentorlik asosida boshqarish mexanizmlarini takomillashtirishning mazmuni 23
Boybekova Farog'at Iskandarovna

Developing Prospective English Teachers' Pragmatic Interactional Competence Through a Hybrid Pedagogical Discourse Model 27
Makhliyo Safarova

Boshlang'ich sinflarda topishmoqlarni o'rgatish metodikasi 33
Pirmatova Ozodaxon Saparboyevna

Raqamli ta'lim muhitida individual yondashuv orqali talabalarning kasbiy tayyorgarligini takomillashtirish ... 37
Nurova Malika Abduzairovna

Informatika fanini o'qitishda o'quvchilarning media savodxonligini summativ baholash metodikasi 41
Qodirova Dilnoza Abdusalim qizi

O'quv materiallarini tanlash va moslashtirishda kompetensiyaviy yondashuvning amaliy shakl, usul va vositalari 46
Xabibullayeva Shoira Shukurillayevna

Autodesk 3ds Max muhitida maxscript asosida pluginlar yaratish texnologiyasi va ularning samaradorligini qiyosiy tahlil qilish 50
Nizomov Sunnattilla Egamberdi o'g'li

Bo'lajak o'qituvchilarning kreativ tafakkurini rivojlantirish usullari va texnologiyalari 56
Turdimuratov Baxtiyor Kurbonovich

Taekvondochilarda musobaqaoldi yuklamalarni me'yorlash 61
Nasilloyev Akobir Murodjon o'g'li

Globallashuv sharoitida turkiy davlatlar yoshlarida yot g'oyalarga qarshi mafkuraviy immunitetni shakllantirishning pedagogik mexanizmlari 66
Nazarova Dilfuza Xolmirzo qizi

Dual ta'limda bo'lajak boshlang'ich sinf o'qituvchilarini tayyorlashda fan dasturlari va pedagogik amaliyot mazmunini sinxronlashtirishning didaktik mexanizmi 71
Umurov Zarif Latifboyevich

Система подготовки учащейся молодёжи в Узбекистане к военной службе и современные организационно-правовые основы 76
Садыков Рустам Музафарович

Эпоха искуственного интеллекта и цифровизации как фактор трансформации высшего образования 81
Сабирова Шахноза Шавкатовна, Саидова Шоира Шагиясовна

O'quvchilarning lirik asarni anglash va talqin qilish ko'nikmalarini rivojlantirishning innovatsion metodlari ... 85
Kadirova Mashhura Nasirovna

Talaba xotin-qizlarda milliy harakatli o'yinlar orqali harakat faoliyatini tushunish va bajarish ko'nikmalarini nazorat qilish hamda ularning sog'lom turmush tarzini shakllantirishdagi ahamiyati (eshitish analizatori cheklangan talaba qizlar misolida) 90
Turg'unova Dilnura Mamanazar qizi

MUNDARIJA СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

Sport zallarida ultrabinafsha nurlanishdan foydalanish texnologiyasini sport fiziologiyasi va psixofiziologik mezonlar asosida baholash 96
Nazarov Sobir Usmonovich

O'smirlarda axborot olish madaniyatini rivojlantirishning pedagogik asoslari 103
Abdulxamidova Moxigul Bobirjon qizi

Boshlang'ich sinf o'quvchilarini matnli masalalarni yechishga o'rgatishda yangi avlod darsliklaridan foydalanishning didaktik imkoniyatlari 107
Zebo Qodirbekova

5–6 yoshdagi bolalarda refleksiv faoliyat elementlarini shakllantirish usullari 111
Karshiyeva Shahnoza Turakulovna

O'quvchilar fuqarolik mas'uliyatini rivojlantirishning pedagogik imkoniyatlari 115
Tukhtabayeva Durdona Tulkunovna

Xulq-atvor madaniyatini shakllantirishda art-terapiya va musiqaterapiyaning pedagogik imkoniyatlari (katta guruh tarbiyalanuvchilari misolida) 120
Umaraliyeva Xadichaxon Xusanjon qizi

Badiiy kulolchilik ta'limida "puzirok" sirlash texnologiyasining badiiy-estetik va metodik imkoniyatlari 126
Madumarova Zuhraxon Rashidjon qizi

Autentik materiallar yordamida xorijiy til yo'nalishi talabalarining ingliz tilidan tinglab tushunish kompetentligini rivojlantirish omillari 131
Bobonazarova Fazilat Pardaboyevna

Jadid maktablaridagi pedagogik g'oyalari asosida ta'lim jarayonini tashkil etishning ilmiy-metadologik asoslari 135
Fozilov Rustambek Shokirjonovich

Boshlang'ich sinf o'quvchilarida raqamli immunitetni shakllantirishning nazariy-metodik asoslari 139
Ikromova Mahbuba Vali qizi

PISA xalqaro tadqiqoti natijalarining inson kapitali va iqtisodiy rivojlanishni prognozlash metodikasiga ta'siri 143
Laziz Xo'jaqulov

Oliy ta'lim muassasasi imidjini shakllantiruvchi ijtimoiy-psixologik omillar: tizimli tahlil va empirik yondashuv 152
Mirashirova Nargiza Anvarovna

Magistrlarni kasbiy faoliyatga yo'naltirish va tayyorlashning pedagogik imkoniyatlari 156
Nazarov Bahodir Mo'minovich

Pedagogik diskurs ssenariylarini loyihalash texnologiyasi 159
Ochilova Nilufar Ulmasovna

Jismoniy tarbiya mashg'ulotlarida sog'lomlashtiruvchi texnologiyalardan foydalanish orqali o'quvchilarning jismoniy holatini optimallashtirish 163
Saidmurodov Hojiakbar Salim o'g'li

Predictive Ai For Personalized Second Language Learning: Developing a Digital Model to Predict Learner Difficulties And Optimize Language Instruction 170
Shoxiniso Yusupova

Real pedagogik vaziyatlar asosida bo'lajak o'qituvchilarni kasbiy faoliyatga tayyorlash 176
Sunnatov Zafar Ubaydullayevich

Talabalarda aksiologik yondashuvlar asosida axloqiy munosabatni rivojlantirishning pedagogik asoslari 181
To'rayeva Barno O'ktamovna

Human–AI Collaborative Language Learning: Developing a Framework for Effective Interaction Between Language Learners, Teachers, and Generative AI 186
Tolibova Raykhonabonu

Funksional, tabiiy-ilmiy va biologik savodxonlik imkoniyatlarining konseptual o'zaro bog'liqligi 191
Umaraliyeva Mamura Tashxodjayevna

Talabalarda emotsional intellektni rivojlantirishning psixologik kontseptsiyasi 199
Xamrayeva Aziza Farhadovna

MUNDARIJA СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

Содержание и условия развития физической компетентности у студентов 202
Джабборова Севара Асрокул кизи

Современная дидактика высшего образования в условиях инновационной трансформации 207
Сабирова Шахноза Шавкатовна

Sun'iy intellekt asosida ta'lim mazmuni, metodlari va ta'lim resurslarini individuallashtirish 212
Mamadaliyeva Mumtozbegim Otabek qizi

Ta'lim jarayonida sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishning pedagogik imkoniyatlari va metodik asoslari 217
Dilfuza A. Jo'rayeva

A Multilayer Model for Assessing English Speaking Competence Among Students in Grades 7–9 222
Mo'minxo'jayev Abrorxo'ja Muksumxodjayevich

Oilaviy munosabatlarning buzilishining psixologik xarakteristikasi 229
Butayeva Nodira Xudayarovna

O'quvchilarning mantiqiy fikrlashini rivojlantirishda pedagoglarning fasilitativ faoliyatini takomillashtirishning pedagogik mexanizmlari 233
Asadova Maxliyo Shuxratovna

Sport sohasi mutaxassislarini tayyorlashda raqamli texnologiyalarning nazariy asoslarini o'qitish masalalari 237
Nuriddinov Asliddin Husniddin o'g'li

Raqamli jamiyat sharoitida mediatsiya institutini rivojlantirish istiqbollari 242
Abdullayev Bahodir Ahmedovich

Maktabgacha ta'lim tashkilotlari rahbar va mutaxassislarining kasbiy kompetensiyalarini uzluksiz rivojlantirish tizimini takomillashtirish 247
Yuldasheva Feruza Rustamjon qizi

Moddalarni metall korroziyasi ingibitorlari sifatida o'rganish 251
Yusupova Mahliyo Azamatovna

Микробуллинг в подростковой среде как фактор формирования психологической травматизации 257
Холдарова Индира Абдукаримовна

Maktabgacha yoshdagi bolalarda chet tili vositasida tolerantlikni shakllantirishning pedagogik imkoniyatlari 262
Adilbayeva Gulsaya Erkin qizi

MODDALARNI METALL KORROZIYASI INGIBITORLARI SIFATIDA O'RGANISH

Yusupova Mahliyo Azamatovna
Navoiy davlat universiteti magistranti

Annotatsiya: Maqolada metallarning atrof-muhit ta'sirida yemirilishi - korroziya jarayonini sekinlashtiruvchi kimyoviy birikmalar, ya'ni korroziya ingibitorlari muammosi ilmiy-nazariy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqotning maqsadi turli tabiatga ega organik moddalarning metall-eritma chegara sirtida himoya plyonkasi hosil qilish mexanizmlarini, ularning ingibirlash samaradorligiga ta'sir etuvchi asosiy omillarni hamda bu jarayonlarni o'rganishda qo'llaniladigan zamonaviy tadqiqot usullarini tizimli ravishda yoritishdan iborat. Ishda og'irlik yo'qotish (gravimetrik), elektrokimyoviy (potensiodinamik polyarizatsiya va elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi) hamda yuza tuzilishini tahlil qiluvchi (SEM, FTIR, XPS) usullar orqali olingan ma'lumotlar umumlashtirilgan. Langmyur, Freyndlix va Temkin adsorbsiya izotermalari asosida ingibitor molekulalarining metall yuzasiga fizik va kimyoviy adsorbsiyalanish qonuniyatlari ko'rib chiqilgan. Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, tarkibida azot, kislorod, oltingugurt va fosfor kabi geteroatomlarga hamda π-elektron tizimlariga ega organik birikmalar yuqori ingibirlash samaradorligini ta'minlaydi. Olingan xulosalar sanoat korxonalarida metall konstruksiya va uskunalarni korroziyadan ekologik xavfsiz usullarda himoya qilish texnologiyalarini ishlab chiqishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: korroziya, ingibitor, adsorbsiya, po'lat, elektrokimyoviy usul, himoya plyonkasi, Langmyur izotermasi, "yashil" ingibitorlar.

Abstract: The article provides a scientific-theoretical analysis of chemical compounds that slow down the corrosion of metals, i.e., corrosion inhibitors. The aim of the study is to systematically review the mechanisms of protective-film formation by organic substances at the metal-solution interface, the main factors affecting inhibition efficiency, and the modern research methods used to study these processes. Data obtained through gravimetric, electrochemical (potentiodynamic polarization and electrochemical impedance spectroscopy), and surface-analytical (SEM, FTIR, XPS) methods are summarized. The regularities of physical and chemical adsorption of inhibitor molecules on metal surfaces are examined on the basis of the Langmuir, Freundlich, and Temkin adsorption isotherms.

Key words: corrosion, inhibitor, adsorption, steel, electrochemical method, protective film, Langmuir isotherm, green inhibitors.

Аннотация: В статье представлен научно-теоретический анализ химических соединений, замедляющих разрушение металлов под действием окружающей среды, то есть ингибиторов коррозии. Обобщены данные, полученные гравиметрическим, электрохимическим (потенциодинамическая поляризация, импедансная спектроскопия) и поверхностно-аналитическими (СЭМ, ИК-Фурье, РФЭС) методами. Рассмотрены закономерности физической и химической адсорбции молекул ингибиторов на поверхности металла на основе изотерм Ленгмюра, Фрейндлиха и Темкина.

Ключевые слова: коррозия, ингибитор, адсорбция, сталь, электрохимический метод, защитная пленка, изотерма Лэнгмюра, зеленые ингибиторы.

KIRISH

Metallar va ularning qotishmalari sanoat ishlab chiqarishining, transport, energetika, qurilish va neft-gaz sohalarining asosiy konstruksion materiallari hisoblanadi. Ammo ko'pchilik metallar termodinamik jihatdan beqaror holatda bo'lib, atrof-muhit bilan o'zaro ta'sirlashganda o'zlarining dastlabki, ya'ni tabiiy holatiga - oksidlar, gidroksidlar yoki tuzlarga qaytishga intiladi. Bu jarayon korroziya deb ataladi va u metallning elektrokimyoviy yoki kimyoviy yemirilishi natijasida yuzaga keladi. Xalqaro tashkilotlar tomonidan o'tkazilgan iqtisodiy tahlillarga ko'ra, korroziya natijasida yetkaziladigan yillik zarar rivojlangan davlatlarning yalpi ichki mahsulotining bir necha foizini tashkil etadi, bu esa muammoning nafaqat texnik, balki keng miqyosdagi iqtisodiy ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi.

Elektrokimyoviy nuqtai nazardan korroziya jarayoni ikkita bir-biriga bog'liq bosqichdan iborat: metall yuzasining anodli qismida metall atomlarining ionlanishi ($Me \rightarrow Me^{n+} + n^{e-}$) va katodli qismida erigan kislorodning yoki vodorod ionlarining qaytarilishi. Ushbu ikki jarayonning muvozanati korroziya tezligini belgilaydi. Korroziyaga qarshi kurashishning bir necha usullari mavjud: metall yuzasini himoya qoplamalari bilan qoplash, katodli va anodli elektrokimyoviy himoya, legirlash orqali qotishma tarkibini o'zgartirish hamda muhitga maxsus kimyoviy moddalar - ingibitorlar qo'shish. So'nggi usul o'zining amaliy soddaligi, iqtisodiy samaradorligi va sanoat sharoitlarida qo'llash qulayligi tufayli alohida ahamiyat kasb etadi.

Korroziya ingibitorlari - bu kichik miqdorda muhitga kiritilganda metallning yemirilish tezligini sezilarli darajada kamaytiruvchi kimyoviy birikmalardir. Ular ta'sir mexanizmiga ko'ra anodli, katodli va aralash (mexanizmi bo'yicha) turlarga; kimyoviy tabiatiga ko'ra esa organik va noorganik ingibitorlarga bo'linadi.

An'anaviy noorganik ingibitorlar - xromatlar, nitritlar va fosfatlar - yuqori samaradorlikka ega bo'lsa-da, ularning yuqori toksikligi va atrof-muhitga salbiy ta'siri sababli so'nggi o'ttiz yil davomida ilmiy jamoatchilik e'tibori organik, ayniqsa tabiiy kelib chiqishi "yashil" ingibitorlarga qaratilgan. Organik ingibitorlar molekulasi tarkibidagi azot, kislorod, oltingugurt, fosfor kabi geteroatomlar hamda π-bog'lar hisobiga metall yuzasida adsorbsiyalanish qobiliyatiga ega bo'lib, natijada yupqa himoya plyonkasi hosil qiladi.

Ushbu maqolaning maqsadi - metall korroziyasini sekinlashtiruvchi organik tabiatli moddalarni ingibitor sifatida o'rganishning nazariy asoslarini, ularning samaradorligini baholash usullarini hamda adsorbsiya mexanizmlarini tizimli tahlil qilish, shuningdek, olingan ilmiy natijalarni umumlashtirib, amaliyot uchun tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat:

1) korroziya ingibitorlarining tasnifini va ta'sir mexanizmini ko'rib chiqish;
2) ingibirlash samaradorligini aniqlashda qo'llaniladigan eksperimental usullarni tavsiflash;
3) adsorbsiya izotermalari asosida ingibitor-metall o'zaro ta'sirini tahlil qilish;
4) tuzilish-samaradorlik bog'liqligini yoritish.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Korroziya ingibitorlari muammosi tadqiqotlar tarixida uzoq davrni qamrab oladi.

Bockris va Reddi tomonidan yaratilgan klassik elektrokimyo darsligida [11] metall-eritma chegara sirtidagi elektrokimyoviy jarayonlarning nazariy asoslari, jumladan, ingibirlash mexanizmlarining elektrokimyoviy tabiati batafsil yoritilgan bo'lib, u keyingi barcha tadqiqotlar uchun metodologik poydevor bo'lib xizmat qiladi.

Trabanelli tomonidan yozilgan bob [12] va Fontananing "Corrosion Engineering" asari [15] esa korroziyaga qarshi kurashish usullari orasida ingibitorlarning o'rnini tizimli tarzda ko'rsatib, ularni boshqa himoya usullari (qoplamalar, elektrokimyoviy himoya, legirlash) bilan qiyoslagan. Ushbu asosiy manbalarda ta'kidlanishicha, an'anaviy noorganik ingibitorlar (xromatlar, nitritlar, fosfatlar) yuqori samaradorlikka ega bo'lgan, biroq ularning ekologik xavfliligi so'nggi o'ttiz-qirq yil davomida ilmiy qiziqishni organik tabiatli birikmalarga qaratilishiga sabab bo'lgan.

So'nggi besh-olti yil ichida chop etilgan bir qator umumlashtiruvchi sharh maqolalar [2; 4; 5] korroziya ingibitorlarining tasnifini, ta'sir mexanizmlarini hamda elektrokimyoviy tahlil natijalarini keng qamrovda tizimlashtirgan. Xususan, [2] va [5] ishlarida ingibitorlarning anodli, katodli va aralash turlarga bo'linishi, ularning samaradorligini baholashda qo'llaniladigan zamonaviy elektrokimyoviy usullar hamda ekologik ta'sir masalalari batafsil ko'rib chiqilgan. [4] ishida esa tabiiy va sintetik organik ingibitorlar alohida-alohida tahlil qilinib, ularning afzallik va kamchiliklari qiyosiy tarzda yoritilgan. Ushbu sharhlarning umumiy xulosasi shundan iboratki, tuzilishida geteroatom (N, O, S, P) tutgan organik birikmalar aksariyat hollarda noorganik analoglaridan yuqori yoki ularga yaqin samaradorlik ko'rsatadi.

Yumshoq po'latni xlorid kislotali muhitda himoyalashga bag'ishlangan tadqiqotlar alohida katta guruhni tashkil etadi. [3] ishida uglerodli po'lat uchun HCl eritmasida qo'llaniladigan organik ingibitorlar bo'yicha keng qamrovli tahlil o'tkazilgan bo'lib, turli funksional guruhli birikmalarning ingibirlash samaradorligi taqqoslangan. [8] ishida esa muayyan ekologik toza organik ingibitorlar uchun eksperimental (gravimetrik, elektrokimyoviy) va nazariy (kvant-kimyoviy) usullar birgalikda qo'llanilib, natijalarning bir-biriga mosligi ko'rsatilgan - bu yondashuv mazkur maqolada ham asos qilib olingan. Geterotsiklik birikmalar sinfida so'nggi tadqiqot [7] izoksazol asosidagi ingibitorning adsorbsion, elektrokimyoviy va hisoblash natijalarini birlashtirib, molekula tuzilishi bilan ingibirlash samaradorligi orasidagi bog'liqlikni izohlagan. Bunday kompleks (eksperimental + nazariy) yondashuv zamonaviy adabiyotlarda ustuvor tendensiyaga aylanib bormoqda.

Tabiiy kelib chiqishi "yashil" ingibitorlar mavzusida [4] va [6] ishlari muhim o'rin tutadi: [6] neft-gaz sanoatidagi kislotali ishlov berish (acidizing) sharoitlarida ekologik toza ingibitorlarning qo'llanilishini o'rgangan bo'lib,

ularning past toksiklik va yuqori samaradorlikni birlashtira olishini eksperimental tasdiqlagan. Ion suyuqliklarining korroziyaga qarshi xususiyatlari bo‘yicha birinchi keng qamrovli sharh sifatida [10] ishi alohida ahamiyatga ega: unda imidazoliy va piridiniy asosidagi tuzlarning uglerodli po‘latni HCl muhitida himoyalash mexanizmlari tizimlashtirilgan. [9] ishi esa muammoni kengaytirib, zanglamaydigan po‘lat uchun turli muhitlarda qo‘llaniladigan ingibitorlarni qiyosiy tahlil qilgan, bu esa ingibirlash mexanizmining metall turiga bog‘liqligini ko‘rsatadi.

Mavzuning O‘zbekiston ilmiy adabiyotidagi aksi ham e’tiborga loyiq: Umarov va boshqalarning o‘quv qo‘llanmasida [13] metall korroziyasi va undan himoyalanish usullari umumlashtirilgan bo‘lsa, G‘ulomovning maqolasida [14] organik birikmalarning metall korroziyasiga ta’siri kimyoviy-texnologik nuqtai nazardan tahlil qilingan. Biroq mavjud milliy adabiyotlarda organik ingibitorlarning adsorbsiya izotermalari va kvant-kimyoviy tavsiflari asosida chuqur tahlili hali yetarli darajada rivojlanmagan, bu esa mazkur mavzuning O‘zbekiston ilmiy muhiti uchun dolzarbligini ko‘rsatadi.

Adsorbsiya izotermalarini tanlash va talqin qilish masalasida Kokaljning tanqidiy sharhi [1] alohida diqqatga sazovor: muallif ko‘plab nashr etilgan tadqiqotlarda Langmyur izotermasining mexanik ravishda, uning asosiy farazlari (bir jinsli yuza, molekulalararo o‘zaro ta’sirning yo‘qligi) tekshirilmagan holda qo‘llanilishini tanqid qiladi va statistik jihatdan puxta yondashuvlar zarurligini ta’kidlaydi. Umumlashtirib aytganda, ko‘rib chiqilgan adabiyotlarda uchta asosiy bo‘shliq ajralib turadi: birinchidan, turli ingibitor sinflari (aminokislotalar, geterotsiklik birikmalar, o‘simlik ekstraktlari, ion suyuqliklari, qayta ishlangan dori vositalari) bo‘yicha natijalarni yagona metodologik asosda taqqoslovchi tizimli tahlillarning yetishmasligi; ikkinchidan, laboratoriya sharoitida olingan yuqori samaradorlik ko‘rsatkichlarini sanoat miqyosiga o‘tkazishni tasdiqlovchi pilot va sanoat sinovlarining kamligi; uchinchidan, tabiiy kelib chiqishi ingibitorlar tarkibining o‘zgaruvchanligini standartlashtirish bo‘yicha yetarli tavsiyalarning mavjud emasligi. Ushbu bo‘shliqlar mazkur maqolaning yuqorida keltirilgan maqsad va vazifalarini, xususan, turli tadqiqot usullari va adsorbsiya nazariyalarini yagona tizimli tahlil doirasida umumlashtirish zaruriyatini belgilaydi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot 2015-2026-yillar davomida nashr etilgan xalqaro ilmiy nashrlar (Corrosion Science, Journal of Molecular Liquids, Scientific Reports, Materials, Coatings, RSC Advances va boshqalar)dagi organik korroziya ingibitorlariga bag‘ishlangan eksperimental va nazariy tadqiqotlar tahlili asosida olib borildi. Adabiyotlar tahlili uchun manbalar mavzu bo‘yicha kalit so‘zlar (corrosion inhibitor, adsorption isotherm, mild steel, green inhibitor) yordamida tanlab olindi va ularda qo‘llanilgan uslubiy yondashuvlar umumlashtirildi.

Ingibirlash samaradorligini aniqlashning eng keng tarqalgan usuli - gravimetrik (og‘irlik yo‘qotish) usuli hisoblanadi. Bu usulda metall namunasi belgilangan vaqt davomida agressiv muhitda (odatda 1 mol/l HCl yoki H_2SO_4 eritmasida) ingibitorsiz va turli konsentratsiyadagi ingibitor ishtirokida saqlanadi, so‘ngra namunaning massasi o‘zgarishi asosida korroziya tezligi (K) va ingibirlash samaradorligi (IE, %) quyidagi formula bilan hisoblanadi: $IE\ (\%) = [(w_0 - w_1)/w_0] \times 100$, bu yerda w_0 - ingibitorsiz muhitdagi og‘irlik yo‘qotish tezligi, w_1 - ingibitor ishtirokidagi og‘irlik yo‘qotish tezligi. Metall yuzasining ingibitor molekulalari bilan qoplanish darajasi (yuza qoplanish koeffitsienti, θ) esa $\theta = IE/100$ nisbati orqali aniqlanadi.

Elektrokimyoviy usullar korroziya jarayonining kinetikasi va mexanizmi haqida chuqurroq ma’lumot beradi. Potensiodinamik polyarizatsiya usulida anodli va katodli Tafel egri chiziqlari asosida korroziya toki zichligi (i_corr) va korroziya potensiali (E_corr) aniqlanadi hamda ingibitorning ta’sir turi (anodli, katodli yoki aralash) belgilanadi. Elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi (EIS) esa metall-eritma chegara sirtidagi zaryad o‘tkazish qarshiligi (R_ct) va ikkilamchi qatlam sig‘imi (C_dl) qiymatlarini aniqlash imkonini beradi - R_ct qiymatining ortishi va C_dl ning kamayishi ingibitor molekulalarining metall yuzasida adsorbsiyalanganligidan dalolat beradi.

Ingibitor plyonkasining tarkibi va tuzilishini o‘rganish uchun yuza tahlili usullaridan foydalaniladi: skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) yuzaning morfologik holatini, infraqizil Furye spektroskopiyasi (FTIR) ingibitor molekulasining funksional guruhlari metall bilan bog‘lanishini, rentgen fotoelektron spektroskopiyasi (XPS) esa metall yuzasidagi elementlarning kimyoviy holatini aniqlashga xizmat qiladi. Bundan tashqari, so‘nggi yillarda kvant-kimyoviy hisoblash usullari, xususan, zichlik funksionali nazariyasi (DFT) va molekulyar dinamika simulyatsiyalari keng qo‘llanilmoqda; bu usullar molekulaning eng yuqori egallangan (HOMO) va eng past bo‘sh (LUMO) molekulyar orbitallari energiyasi, energiya farqi (ΔE), elektronegativlik, yumshoqlik-qattiqlik kabi kvant-kimyoviy tavsiflar asosida molekulaning reaktivligini va adsorbsiyalanish qobiliyatini nazariy jihatdan bashorat qilish imkonini beradi.

Ingibitor molekulalarining metall yuzasidagi adsorbsiyalanish tabiatini tavsiflash uchun adsorbsiya izotermalaridan foydalaniladi. Langmyur izotermasi metall yuzasida bir qatlamli (monomolekulyar) adsorbsiya sodir bo‘lishini va adsorbsiyalangan molekulalar orasida o‘zaro ta’sir yo‘qligini faraz qiladi; u $C/\theta = 1/K_ads + C$ ko‘rinishida ifodalanadi, bu yerda C - ingibitor konsentratsiyasi, θ - yuza qoplanish darajasi, K_ads - adsorb-

MAKTAB TA'LIMI SCHOOL EDUCATION ШКОЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

siya muvozanati konstantasi. Temkin izotermasi adsorbsiya issiqligining yuza qoplanish darajasiga chiziqli bog'liqligini, Freyndlix izotermasi esa geterogen yuzada ko'p qatlamli adsorbsiya imkoniyatini hisobga oladi. Adsorbsiya erkin energiyasi (ΔG°_ads) qiymati orqali adsorbsiya turi (fizik yoki kimyoviy) haqida xulosa chiqariladi: taxminan -20 kJ/mol dan kichik (mutlaq qiymat bo'yicha) manfiy ΔG°_ads qiymatlari fizik adsorbsiyaga, -40 kJ/mol dan katta qiymatlar esa kimyoviy adsorbsiyaga xos hisoblanadi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, organik korroziya ingibitorlarining samaradorligi ularning kimyoviy tuzilishi, molekula o'lchami, funksional guruhlari soni va turi, elektron zichligi taqsimoti hamda metall yuzasiga nisbatan moslashuv geometriyasi bilan bevosita bog'liq. Tarkibida azot (-NH_2, =N-), kislorod (-OH, C=O), oltingugurt (-SH, C=S) va fosfor atomlari, shuningdek, aromatik halqalar yoki qo'sh bog'lar (π-elektron tizimlari) mavjud bo'lgan birikmalar metall sirtidagi bo'sh d-orbitallarga elektron juftini bera olish (Lyuis asosi sifatida) yoki metallning bo'sh orbitallaridan elektron qabul qilish (qaytar donor-akseptor bog'lanish) hisobiga kuchli adsorbsiyalanadi.

Turli sinf organik birikmalarning ingibirlash samaradorligi bo'yicha adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlar 1-jadvalda umumlashtirilgan.

1-jadval: **Organik korroziya ingibitorlarining ayrim sinflari va ularning samaradorligi**

Ingibitor sinfi	Tipik vakillari	Muhit	IE, % (taxminiy)	Adsorbsiya izotermasi
Aminokislotalar	Fenilalanin, asparagin kislota, sistein	1 M HCl	85-91	Langmyur
Muddati o'tgan dori vositalari	Ampitsillin va boshqalar	Kislotali muhit	90-95	Langmyur
Geterotsiklik azot-oltingugurtli birikmalar	Izoksazol, xinazolinon hosilalari	1,0 M HCl	80-93	Langmyur
O'simlik ekstraktlari ("yashil" ingibitorlar)	Tanninlar, alkaloidlar, flavonoidlar	Kislotali/neytral	70-90	Langmyur, Temkin
Ion suyuqliklari	Imidazoliy, piridiniy tuzlari	HCl eritmasi	75-92	Langmyur, Frumkin

Keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, deyarli barcha o'rganilgan organik ingibitorlar sinflarida Langmyur adsorbsiya izotermasi eksperimental natijalarga eng yaxshi mos kelishi qayd etilgan (korrelyatsiya koeffitsienti R^2 qiymati 0,98-0,999 oralig'ida). Bu, o'z navbatida, ingibitor molekulalarining metall yuzasida bir qatlamli tarzda, molekulalar orasida sezilarli o'zaro ta'sirsiz adsorbsiyalanishidan dalolat beradi. Ba'zi tadqiqotlarda, xususan, geterogen metall yuzasi yoki yuqori konsentratsiyalarda, Temkin va Frumkin izotermalari ham yaxshi moslik ko'rsatgani qayd etilgan, bu esa adsorbsiyalangan molekulalar orasida lateral (yon) elektrostatik ta'sirlarning mavjudligini ko'rsatadi.

Harorat ta'sirini o'rganish ingibirlash mexanizmini fizik va kimyoviy adsorbsiyaga ajratishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ko'pgina tadqiqotlarda haroratning oshishi bilan ingibirlash samaradorligining pasayishi kuzatiladi - bu holat fizik adsorbsiya (elektrostatik tortishish kuchlari hisobiga adsorbsiyalanish) uchun xosdir, chunki harorat oshishi bilan adsorbsiyalangan molekulalarning desorbsiyalanish ehtimoli ortadi. Aksincha, ba'zi geteroatomli birikmalarda haroratning oshishi samaradorlikning ortishiga olib keladi, bu esa kimyoviy adsorbsiya (kovalent yoki koordinatsion bog'lanish hosil bo'lishi) mexanizmining ustunligidan dalolat beradi. Aktivlanish energiyasi (E_a) qiymatlarining ingibitor ishtirokida ortishi, odatda, adsorbsion himoya to'sig'ining vujudga kelganligini bildiradi.

So'nggi o'n yillikda tabiiy kelib chiqishi "yashil" ingibitorlarga bo'lgan qiziqish sezilarli darajada ortdi. O'simlik ekstraktlari tarkibidagi tanninlar, alkaloidlar, flavonoidlar, saponinlar va polifenol birikmalar o'zlarining ko'p sonli funksional guruhlari (gidroksil, karbonil, amin) hisobiga yuqori ingibirlash samaradorligini namoyon etadi va bir vaqtning o'zida arzon, mavjud hamda biologik parchalanuvchan hisoblanadi. Bunday ingibitorlarning noorganik xromat va nitrit ingibitorlaridan asosiy ustunligi - ularning past toksikligi va atrof-muhitga zararsizligidadir, bu esa xalqaro ekologik talablarga (masalan, REACH reglamentiga) javob beradi. Shu bilan birga, o'simlik ekstraktlarining tarkibi geografik joylashuv, o'sish sharoiti va ekstraksiya usuliga qarab o'zgaruvchan bo'lganligi sababli, ularning sanoat miqyosida standartlashtirilgan qo'llanilishi hozircha qo'shimcha tadqiqotlarni talab qiladi.

Muddati o'tgan dori vositalarini korroziya ingibitori sifatida qayta ishlatish yo'nalishi ham alohida ilmiy qiziqish uyg'otmoqda, chunki dori molekulalari, qoida tariqasida, geteroatomlarga boy murakkab organik tuzilishga ega bo'lib, ular allaqachon farmakologik jihatdan sinovdan o'tgan (nisbatan xavfsiz) hisoblanadi. Bunday yondashuv ham iqtisodiy, ham ekologik nuqtai nazardan - chiqindilarni qayta ishlash tamoyiliga mos keladi.

Ion suyuqliklari (imidazoliy, piridiniy asosidagi tuzlar) esa o‘zining past bug‘lanuvchanligi, termik barqarorligi va konsentratsiyani nozik boshqarish imkoniyati bilan ajralib turadi. Bunday birikmalar kationi metall yuzasiga elektrostatik tortiladi, anioni esa qo‘shimcha himoya qatlamini shakllantirishda ishtirok etadi, natijada sinergik (birgalikda kuchayuvchi) ingibirlash effekti kuzatiladi.

Kvant-kimyoviy hisoblashlar natijalari tuzilish-samaradorlik bog‘liqligini nazariy jihatdan tasdiqlaydi: yuqori HOMO energiyasi va past HOMO-LUMO energiya farqiga (ΔE) ega molekulalar, odatda, yuqori reaktivlikka va shu sababli yuqori ingibirlash qobiliyatiga ega bo‘ladi. Fukui funksiyalari orqali molekulaning eng faol (elektrofil yoki nukleofil) markazlari aniqlanib, bu markazlar odatda metall yuzasi bilan bevosita bog‘lanish nuqtalari sifatida xizmat qiladi. Molekulyar dinamika simulyatsiyalari esa ingibitor molekulasining metall yuzasiga nisbatan yassi (parallel) joylashishi maksimal yuza qoplanishni va, demak, maksimal himoyani ta’minlashini ko‘rsatadi.

Amaliy nuqtai nazardan, o‘rganilgan organik ingibitorlar neft-gaz sanoatida quduqlarni kislotali ishlov berish (acidizing) jarayonlarida, issiqlik almashinuv qurilmalari va sovutish tizimlarida, temir-beton konstruksiyalarni armatura korroziyasidan himoya qilishda, shuningdek, quvur transporti va metall konstruksiyalarni konservatsiyalashda keng qo‘llanish istiqboliga ega. Shu bilan birga, ingibitorlarni tanlashda nafaqat ularning samaradorligi, balki narxi, mavjudligi, ekologik xavfsizligi va boshqa muhit komponentlari bilan mosligi ham hisobga olinishi lozim.

Ingibitor konsentratsiyasining ta’siri bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlarda umumiy qonuniyat kuzatiladi: konsentratsiya ortishi bilan yuza qoplanish darajasi (θ) va, demak, ingibirlash samaradorligi ma’lum bir chegaraviy qiymatgacha ortib boradi, undan keyin esa samaradorlik o‘sishi sekinlashadi yoki to‘xtaydi. Bu hodisa metall yuzasining ingibitor molekulalari bilan deyarli to‘liq qoplanishi va monomolekulyar qatlamning to‘yinganligi bilan izohlanadi, bu esa Langmyur izotermasining asosiy farazlariga mos keladi. Shuningdek, ba’zi tadqiqotlarda optimal konsentratsiyadan yuqori miqdorlarda ingibitor samaradorligining pasayishi ham qayd etilgan, bu esa molekulalarning eritmada agregatlanishi yoki metall yuzasida ikkilamchi, kamroq tartibli qatlam hosil qilishi natijasida yuzaga kelishi mumkin.

Agressiv muhitning tabiati ham ingibirlash samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Xlorid ionlari mavjud kislotali muhitlarda (masalan, HCl eritmasida) ko‘pchilik organik ingibitorlar yuqori samaradorlik namoyon etadi, chunki xlorid ionlarining metall yuzasida oldindan adsorbsiyalanishi natijasida sirt manfiy zaryadlanadi va bu protonlangan (musbat zaryadli) ingibitor molekulalarining elektrostatik tortilishini kuchaytiradi - bu hodisa sinergik adsorbsiya effekti deb ataladi. Sulfat kislotasi muhitida esa sulfat ionlarining nisbatan kuchsiz adsorbsion faolligi sababli o‘xshash ingibitorlarning samaradorligi odatda birmuncha past bo‘ladi. Neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitlarda (masalan, natriy xlorid eritmasida) ingibirlash mexanizmi ko‘pincha metall yuzasida barqaror oksidli-himoya qatlamining mustahkamlanishi bilan bog‘liq bo‘ladi.

Shuni alohida ta’kidlash lozimki, laboratoriya sharoitida olingan yuqori samaradorlik ko‘rsatkichlarini sanoat miqyosiga bevosita ko‘chirishda ehtiyot bo‘lish zarur, chunki real ishlab chiqarish sharoitlarida harorat, bosim, oqim tezligi, muhitning murakkab ko‘p komponentli tarkibi va boshqa texnologik omillar ingibitor samaradorligiga qo‘shimcha ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli, istiqbolli ingibitor nomzodlarini sanoatda joriy etishdan oldin ularni real yoki real sharoitga yaqinlashtirilgan (pilot) sinovlardan o‘tkazish tavsiya etiladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

O‘tkazilgan tahlil natijasida quyidagi xulosalarga kelindi. Birinchidan, organik tabiatli moddalar metall korroziyasini samarali sekinlashtiruvchi ingibitorlar sifatida, ularning molekulasi tarkibidagi geteroatomlar (N, O, S, P) va π-elektron tizimlari hisobiga metall yuzasida adsorbsion himoya qatlamini hosil qilish orqali ta’sir ko‘rsatadi. Ikkinchidan, adsorbsiya jarayonining tabiati (fizik yoki kimyoviy) va mexanizmi Langmyur, Temkin va Freyndlix izotermalari, shuningdek, termodinamik (ΔG°_ads, ΔH°_ads, ΔS°_ads) va kinetik (E_a) parametrlar asosida aniqlanadi, bunda ko‘pchilik hollarda Langmyur izotermasi eksperimental natijalarga eng yaxshi mos keladi. Uchinchidan, ingibirlash samaradorligi molekula tuzilishi - geteroatomlar soni va turi, molekula o‘lchami va tekisligi, elektron zichligi taqsimoti - bilan bevosita bog‘liq bo‘lib, bu bog‘liqlik kvant-kimyoviy hisoblash usullari yordamida nazariy jihatdan asoslanadi.

To‘rtinchidan, tabiiy kelib chiqishi “yashil” ingibitorlar, muddati o‘tgan dori vositalari va ion suyuqliklari kabi muqobil ingibitor manbalari an’anaviy toksik noorganik ingibitorlarga qaraganda ekologik jihatdan xavfsizroq bo‘lib, kelajakda sanoat miqyosida qo‘llanilish istiqboliga ega. Shu bilan birga, bunday ingibitorlarning tarkibini standartlashtirish, uzoq muddatli barqarorligini oshirish hamda turli sanoat sharoitlariga moslashtirish masalalari qo‘shimcha ilmiy izlanishlarni talab qiladi. Kelgusi tadqiqotlarni kompyuter modellashtirish (DFT, molekulyar dinamika) asosida yangi ingibitor molekulalarini oldindan skrining qilish, nanotexnologiya asosidagi ingibitor-qoplama tizimlarini ishlab chiqish hamda turli ingibitorlar orasidagi sinergik effektlarni o‘rganishga qaratish maqsadga muvofiqdir. Olingan xulosalar O‘zbekiston sanoati, xususan, neft-gaz, energetika va qurilish sohalarida metall konstruksiyalarni korroziyadan samarali va ekologik xavfsiz himoya qilish texnologiyalarini ishlab chiqishda dissertatsiya tadqiqoti doirasida amaliy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Kokalj A. On the use of the Langmuir and other adsorption isotherms in corrosion inhibition // Corrosion Science. - 2023. - Vol. 217. - 111112-p.
2. A review on corrosion inhibitors: Types, mechanisms, electrochemical analysis, corrosion rate and efficiency of corrosion inhibitors on mild steel in an acidic environment // Results in Surfaces and Interfaces (ScienceDirect). - 2024.
3. Organic Compounds as Corrosion Inhibitors for Carbon Steel in HCl Solution: A Comprehensive Review // Materials (MDPI). - 2022. - Vol. 15, № 6. - 2023-p.
4. Corrosion Inhibitors: Natural and Synthetic Organic Inhibitors // Corrosion and Materials Degradation (MDPI). - 2023. - Vol. 4, № 2. - 174-p.
5. Recent Development of Corrosion Inhibitors: Types, Mechanisms, Electrochemical Behavior, Efficiency, and Environmental Impact // Inventions (MDPI). - 2025. - Vol. 13, № 3. - 103-p.
6. Khamis E., Abdel-Gaber A.M., Morshidy M., Mohamed M.E. Eco-friendly inhibitors for sustainable corrosion protection of mild steel under oilfield acidizing conditions // Scientific Reports. - 2025.
7. Isoxazole-based corrosion inhibitor for mild steel in acidic medium: adsorption, electrochemical, and computational studies // Discover Chemistry (Springer Nature). - 2026.
8. Adsorption and corrosion inhibition performance of some environmental friendly organic inhibitors for mild steel in HCl solution via experimental and theoretical study // Journal of Molecular Liquids (ScienceDirect). - 2020.
9. A comprehensive review of corrosion inhibitors employed to mitigate stainless steel corrosion in different environments // Journal of Materials Research and Technology (ScienceDirect). - 2022-2023.
10. Souza L., Pereira E., Matlakhova L. et al. Ionic liquids as corrosion inhibitors for carbon steel protection in hydrochloric acid solution: A first review // Journal of Materials Research and Technology. - 2023. - Vol. 22. - P. 2186-2205.
11. Bockris J.O'M., Reddy A.K.N. Modern Electrochemistry 2B: Electrodics in Chemistry, Engineering, Biology and Environmental Science. - New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2000.
12. Trabanelli G. Corrosion inhibitors // Corrosion Mechanisms / Ed. by F. Mansfeld. - New York: Marcel Dekker, 1987. - P. 119-163.
13. Umarov B.B. va boshq. Metallarning korroziyasi va uni oldini olish usullari: o'quv qo'llanma. - Toshkent: O'zbekiston, 2019.
14. G'ulomov S.S. Organik birikmalarning metall korroziyasiga ta'siri: kimyoviy-texnologik asoslari // O'zbekiston kimyo jurnali. - 2021. - №3. - B. 45-52.
15. Fontana M.G. Corrosion Engineering. - 3rd ed. - New York: McGraw-Hill, 1986.

MAKTAB TA'LIMI SCHOOL EDUCATION ШКОЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

13.00.00 Pedagogika fanlari
13.00.01 Pedagogika nazariyasi. Pedagogik ta’limotlar tarixi
13.00.02 Ta’lim va tarbiya nazariyasi va metodikasi (sohalar bo‘yicha)
13.00.03 Maxsus pedagogika
13.00.04 Jismoniy tarbiya va sport mashg‘ulotlari nazariyasi va metodikasi
13.00.05 Kasb-hunar ta’limi nazariyasi va metodikasi
13.00.06 Elektron ta’lim nazariyasi va metodikasi (ta’lim sohalari va bosqichlari bo‘yicha)
13.00.07 Ta’limda menejment
13.00.08 Maktabgacha ta’lim va tarbiya nazariyasi va metodikasi
13.00.09 Ijtimoiy pedagogika
07.00.00 Tarix fanlari
19.00.00 Psixologiya fanlari
01.00.00 Fizika-matematika fanlari
02.00.00 Kimyo fanlari
03.00.00 Biologiya fanlari
09.00.00 Falsafa fanlari
10.00.00 Filologiya fanlari
11.00.00 Geografiya fanlari

MAKTABGACHA VA MAKTAB TA'LIMI

Mas'ul muharrir: Ramzidin Ashurov
Ingliz tili muharriri: Murod Xoliyorov
Musahhih: Alibek Zokirov
Sahifalovchi va dizayner: Iskandar Islomov

2026. №9(3)

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Maktabgacha va maktab ta'limi" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Maktabgacha va maktab ta'limi" jurnali 26.09.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№C–5669363 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: № 136361.

Manzilimiz: Toshkent shahar, Yunusobod tumani
19-mavze, 17-uy.