

# MUHANDISLIK & IQTISODIYOT

*ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal*

№12

2025  
dekabr



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 - Texnika fanlari

08.00.00 - Iqtisodiyot fanlar



ISSN: 3060-463X



# **muhandislik & iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

**Bosh muharrir:**

**Zokirova Nodira Kalandarovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

**Bosh muharrir o'rinosari:**

**Shakarov Zafar G'afforovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

**Tahrir hay'ati:**

**Abduraxmanov Kalandar Xodjayevich**, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Sharipov Kongratbay Avezimbetovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Shaumarov Said Sanatovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Turayev Bahodir Xatamovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Nasimov Dilmurod Abdulloyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Allayeva Gulchexra Jalgasovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Arabov Nurali Uralovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Xamrayeva Sayyora Nasimovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Bobonazarova Jamila Xolmurodovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Irmatova Aziza Baxromovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

**Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Amanov Otabek Amankulovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li**, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Qurbanov Samandar Pulatovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Tabayev Azamat Zaripbayevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sxay Lana Aleksandrovna**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Ismoilova Gulnora Fayzullayevna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Kasimova Nargiza Sabitjanovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Kalanova Moxigul Baxritdinovna**, dotsent

**Ashurzoda Luiza Muxtarovna**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sharipov Botirali Roxataliyevich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor

**Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

**Bauyedtinov Majit Janizaqovich**, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

**Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li**, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sultonov Shavkatjon Abdullayevich**, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

**Jo'raeva Malohat Muhammadovna**, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

# muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
- 05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
- 05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
- 05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
- 05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
- 05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
- 05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
- 05.01.07 – Matematik modellashtirish
- 05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
- 05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
- 05.02.08 – Yer ustii majmualari va uchish apparatlari
- 05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
- 05.04.01 – Telekommunikasiya va kompyuter tizimlari, telekommunikasiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
- 05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
- 05.05.05 – Issiqqlik texnikasining nazariy asoslari
- 05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
- 05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi

- 05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatalish
- 05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
- 05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
- 10.00.06 – Qiyoziy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
- 10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
- 08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
- 08.00.02 – Makroiqtisodiyot
- 08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
- 08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
- 08.00.05 – Xizmat ko'ssatish tarmoqlari iqtisodiyoti
- 08.00.06 – Ekonometrika va statistika
- 08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
- 08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
- 08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
- 08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
- 08.00.11 – Marketing
- 08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
- 08.00.13 – Menejment
- 08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
- 08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
- 08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
- 08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK

Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

**Muassis:** "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

**Hamkorlarimiz:**

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-teknologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



# MUNDARIJA

RASMIY RIVOJLANISH YORDAMI (OFFICIAL DEVELOPMENT ASSISTANCE, ODA) ORQALI O'ZBEKISTONDA DAVLAT MOLIYASINI BOSHQARISH (PUBLIC FINANCIAL MANAGEMENT, PFM) TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH .....	24
Pulatov Dilshod Haqberdiyevich, Ulug'ova Maftunabonu To'lqinovna	
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN LEADING WHEAT-PRODUCING COUNTRIES.....	28
Turayeva Gulizahro	
BLOKCHEYN TIZIMLARI UCHUN XESH FUNKSIYALARNI TANLASH MEZONLARI VA SAMARADORLIK KO'RSATKICHLARI TAHLILI .....	32
Abduraximov Baxtiyor, Allanov Orif, Turdibekov Baxtiyor	
RIVOJLANGAN DAVLATLAR TAJRIBASI ASOSIDA KICHIK KORXONALarda ISHLAB CHIQARISHNI SAMARALI TASHKIL ETISH MODELLARI: NAMANGAN VILOYATI MISOLIDA .....	39
Xonto'rayev Obbosxon Kamolxon o'g'li	
ISSIQLIK AKKUMULYATORINING RAZRYADLANISH JARAYONIDA SUYUQLIK QATLAMLARIDA HARORAT TAQSIMLANISHINING BIR O'LCHOVLI MODELI .....	43
B.A. Hikmatov, M.S. Mirzayev	
ISLOM MOLIYASI TAMOYILLARI ASOSIDA YASHIL LOYIHALARNI MOLIYALASHTIRISH IMKONIYATLARI.....	49
Safarova Nasiba Gulmurod qizi	
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В ОБУЧЕНИИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ .....	54
Даниярова Улбосын Куватбаевна	
YANGI TURDAGI IKKI QATLAMLI TRIKOTAJ TO'QIMALARI KO'RSATKICHLARINI KOMPLEKS BAHOLASH .....	58
Ergasheva Rashida Abdug'aniyevna	
HALQALI YIGIRISH MASHINASIDA BURAM UCHBURCHAGNING IP UZILISHIGA BOG'LIQLIGINI TADQIQI.....	62
Soliyev Azizbek Kamoldinovich	
НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТУРИЗМА 2030: СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ОРИЕНТИРЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ УЗБЕКИСТАНА .....	69
Голышева Елена Вячеславовна	
STRATEGIK JARAYONNING MODELLARI .....	76
Musayeva Dilnoza Dilshatovna	
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ КВАРТИР В МНОГОЭТАЖНЫХ ДОМАХ .....	81
Уринов Адхамжон Акбарович	
MATERIALLARNI MURAKKAB YASSI TRAEKTORIYALAR BO'YICHA DEFORMASIYALANTIRISHDA PLASTIK DEFORMASIYALANISH JARAYONLARI .....	88
A.Xakimov, X.Xakimov	
TIJORAT BANKLARI TOMONIDAN LOYIHALARNI ISLOM MOLIYA INSTRUMENTLARI ORQALI MOLIYALASHTIRISH YO'LLARI .....	95
Xaitov Shaxzod Sharipboyevich	
SANOAT KORXONALARINING RAQOBATBARDOSHЛИGINI OSHIRISH CHORA-TADBIRLARINING KETMA KETLIGI .....	102
Xusanova Maloxat Mengnorovna	
TO'QIMACHILIK KORXONALARIDA LOGISTIKA XARAJATLARI TAHLILI .....	107
Saidova Kamola Xoshimovna	



OZIQ-OVQAT SANOATINI IQTISODIY RIVOJLANTIRISHDA EKOLOGIK MUAMMOLAR VA ULARNI YECHISHNING METODOLOGIK YONDASHUVLARI .....	111
<b>Tleuov Niyetulla Raxmanovich</b>	
YUQORI MUSTAHKAM KOMPOZIT ARMATURALARDAN FOYDALANILGAN TEMIRBETON KONSTRUKSIYALARING YUK KO'TARUVCHANLIGI VA UZOQ MUDDATLI DEFORMATSIYALARINI BAHOLASH .....	114
<b>Mamajanova Odina Alisher qizi</b>	
KORXONALarda DAROMADLILIK KO'RSATKICHALARINI BAHOLASHNING ZAMONAVIY YONDASHUVLARI .....	119
<b>Farog'at Xo'jabekova, Eshankulova Nafisa Komiljon qizi</b>	
TEMIR YO'L INFRATUZILMASIDA YASHIL IQTISODIYOT TAMOYILLARINI QO'LLASH: CSR, ESG VA PRI ASOSIDA BARQAROR RIVOJLANISH STRATEGIYASINI SHAKLLANTIRISH .....	124
<b>Abduraxmanova Muqaddas Toxtasinovna</b>	
THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPTIMIZING MARKETING AND EDUCATIONAL PROCESSES IN HIGHER EDUCATION .....	128
<b>Sadikov Shoxrux Shuhratovich</b>	
BANK FAOLIYATIDA "YASHIL" MOLIYAVIY VOSITALARDAN FOYDALANISHNING NAZARIY ASOSLARI.....	133
<b>Abduraxmonov Alimardon Sodiq o'g'li</b>	
TIJORAT BANKLARI TOMONIDAN LOYIHALARNI ISLOM MOLIYA INSTRUMENTLARI ORQALI MOLIYALASHTIRISH YO'LLARI .....	139
<b>Xaitov Shaxzod Sharipboyevich</b>	
BOSHQARUV PSIXOLOGIYASIGA DOIR MUAMMOLARNI BARTARAF ETISHNING ZAMONAVIY YO'NALISHLARI .....	145
<b>Aripov Oybek Abdullayevich</b>	
TADBIRKORLIK SUBYEKTALARIDA INNOVATSIYALARINI JORIY ETISHNING IQTISODIY SAMARALARI .....	150
<b>Karimov Nodirbek</b>	
УТИЛИЗАЦИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКА ДЛЯ СИНТЕЗА АНТИКОРРОЗИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ .....	155
<b>Ситмуратов Тулкинбек Сабирбаевич, Баходиров Худайберган Баходир угли</b>	



УО'К (УДК, UDC): 620.193.4; 678.675; 678.742.2

# УТИЛИЗАЦИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКА ДЛЯ СИНТЕЗА АНТИКОРРОЗИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

**Ситмуратов Тулкинбек Сабирбаевич**

Исследователь кафедры химических технологий

Ургенчского государственного университета имени Абу Райхана Беруни

Улица Хамида Алимджана, дом 14, 220100, Ургенч, Узбекистан

ORCID: 0009-0000-8701-9107

**Баходиров Худайберган Баходир угли**

магистр кафедры химических технологий

Ургенчского государственного университета имени Абу Райхана Беруни

Улица Хамида Алимджана, дом 14, 220100, Ургенч, Узбекистан

**Аннотация.** Развитие «зелёных» антакоррозионных технологий требует замены традиционных токсичных компонентов (хроматы, нитриты, ароматические амины) на более безопасные, био-основные ингибиторы. В настоящей работе предложена эпоксидная композиция, содержащая гossиполовую смолу и фосфат железа ( $FePO_4$ ), которые рассматриваются как взаимодополняющие органический и неорганический ингибиторы. Исследовано влияние содержания гossиполовой смолы (10–20 мас.%) и фосфата железа (3–10 мас.%) на адгезию, физико-механические и коррозионные свойства покрытий на основе эпоксидной смолы ED-20. Показано, что введение 15 мас.% гossиполовой смолы и 8 мас.%  $FePO_4$  приводит к повышению адгезии к стали до 1 балла, увеличению ударной вязкости и снижению площади коррозионного поражения после 300 ч в 5-процентном растворе NaCl до 5–7 %. Рассчитанная степень защиты достигает 96–98 %. Предложен механизм синергетического действия, включающий хелатообразование фенольных групп гossипола с ионами железа, формирование фосфатной пассивирующей плёнки и барьерный эффект эпоксидной матрицы. Обсуждаются перспективы применения разработанных покрытий для защиты стальных конструкций и оборудования.

**Ключевые слова:** гossипол, гossиполовая смола, эпоксидная смола, фосфат железа, «зелёные» ингибиторы, коррозионная стойкость.

**Annotatsiya.** “Yashil” antikorrozion texnologiyalarni rivojlantirish an'anaviy toksik komponentlarni (xromatlar, nitritlar, aromatik aminlar) xavfsizroq, bioasosli ingibitorlar bilan almashtirishni talab qiladi. Ushbu ishda o’zaro bir-birini to’ldiruvchi organik va noorganik ingibitorlar sifatida qaraladigan gossipol smolasi va temir fosfati ( $FePO_4$ )ni o’z ichiga olgan epoksid kompozitsiyasi taklif etiladi. ED-20 epoksid smolasi asosidagi qoplamlarning adgeziya, fizik-mexanik va korroziya xususiyatlariga gossipol smolasi (10–20 mass.%) hamda temir fosfati (3–10 mass.%) miqdorining ta’siri o’rganildi. Aniqlanishicha, 15 mass.% gossipol smolasi va 8 mass.%  $FePO_4$  qo’shilishi po’latga adgeziyaning 1 ballgacha oshishiga, zarba qovushqoqligining yaxshilanishiga va 5 foizli NaCl eritmasida 300 soatdan so’ng korroziya zararlanishi maydonining 5–7 % gacha kamayishiga olib keladi. Hisoblangan himoya darajasi 96–98 % ni tashkil etadi. Taklif etilgan sinergiya mexanizmi gossipolning fenolik guruhlari bilan temir ionlari o’tasida xelat hosil bo’lishi, fosfat asosli passivlashuvchi plyonka shakllanishi va epoksid matriksaning barer ta’siri bilan izohlanadi. Ishda ishlab chiqilgan qoplamlarni po’lat konstruksiylar va uskunalarni himoyalashda qo’llash istiqbollari ham muhokama qilinadi.

**Kalit so’zlar:** gossipol, gossipol smolasi, epoksid smola, temir fosfati, “yashil” ingibitorlar, korroziyaga chidamlilik.



**Abstract.** The development of “green” anticorrosion technologies requires replacing traditional toxic components (chromates, nitrites, aromatic amines) with safer, bio-based inhibitors. This study proposes an epoxy composition containing gossypol resin and iron phosphate ( $\text{FePO}_4$ ), considered as complementary organic and inorganic inhibitors. The effects of gossypol resin (10–20 wt.%) and iron phosphate (3–10 wt.%) on the adhesion, physico-mechanical, and corrosion properties of ED-20 epoxy-based coatings were investigated. It was demonstrated that introducing 15 wt.% gossypol resin and 8 wt.%  $\text{FePO}_4$  increases adhesion to steel to 1 point, improves impact strength, and reduces the corrosion damage area to 5–7 % after 300 h in a 5 %  $\text{NaCl}$  solution. The calculated protection efficiency reaches 96–98 %. A synergistic mechanism is proposed, involving chelation between phenolic groups of gossypol and iron ions, the formation of a phosphate passivation film, and the barrier effect of the epoxy matrix. The prospects for applying the developed coatings to protect steel structures and industrial equipment are also discussed.

**Keywords:** gossypol, gossypol resin, epoxy resin, iron phosphate, green inhibitors, corrosion resistance.

## ВВЕДЕНИЕ

Коррозия металлов остаётся одной из наиболее затратных проблем современной техники: по оценкам разных авторов, суммарные потери составляют до нескольких процентов мирового ВВП, включая прямое разрушение оборудования, простои, аварии и косвенный ущерб окружающей среде [1]. Традиционные антикоррозионные покрытия для стали базируются на эпоксидных и алкидных связующих, наполненных фосфатными, хроматными или оксидными пигментами. Многие из таких систем используют токсичные или малодеградируемые компоненты, что стимулирует активный поиск экологичных альтернатив.

Одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений является применение растительных экстрактов и биополимеров в качестве так называемых «зелёных» ингибиторов коррозии. За последние годы опубликован ряд фундаментальных и обзорных работ, посвящённых растительным экстрактам, полифенолам, алкалоидам и флавоноидам как эффективным ингибиторам коррозии металлов в растворах кислот и солей [1–5]. Эти соединения, как правило, обладают богатым набором функциональных групп ( $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $=\text{C}=\text{O}$ ,  $-\text{NH}_2$ ), способных адсорбироваться на поверхности металла и формировать защитные слои. Современные обзоры подчёркивают высокую эффективность растительных ингибиторов и их соответствие принципам «зелёной химии» и устойчивого развития.

Особый интерес среди природных фенольных соединений представляет госсипол — бифенольный альдегид, содержащийся в побочных продуктах переработки хлопчатника. Госсипол и продукты его конденсации (госсиполовая смола) обладают высокой реакционной способностью за счёт множественных фенольных и альдегидных групп, что позволяет использовать их как исходные компоненты для синтеза полимерных смол, ингибиторов и модификаторов покрытий [6–9]. В ряде работ показано, что производные госсипола (например, аминокислотные соли, индолевые аддукты, аминопроизводные) проявляют высокую ингибирующую активность в отношении коррозии сталей в кислых, солевых и щёлочных средах; при оптимальных концентрациях достигается степень защиты 95–98 % [10–12].

Параллельно интенсивно развиваются исследования, связанные с био-основными и модифицированными эпоксидными смолами. Описано множество подходов к получению эпоксидных связующих на основе растительных масел, лигнина, сахаров и других возобновляемых ресурсов [13–17]. Такие смолы могут использоваться как самостоятельные покрытия или как модификаторы традиционных диановых эпоксидов, повышающие ударную вязкость, трещиностойкость и адгезию к металлам.

С точки зрения антикоррозионных свойств эпоксидных покрытий важную роль играют антикоррозионные пигменты, среди которых особое место занимают фосфаты: цинковые, железные и смешанные фосфат-содержащие системы [18–20]. Исследования показывают, что фосфатные пигменты, вводимые в эпоксидное связующее, могут существенно замедлять подплёночную коррозию за счёт формирования пассивирующей фосфатной плёнки на границе металл–покрытие и частичного связывания агрессивных ионов [18, 21]. В последние годы предложены сложные пигменты на основе цеолит-фосфатных и силикат-фосфатных систем, обеспечивающие высокую коррозионную стойкость алюминиевых и стальных сплавов [19, 21].

На этом фоне госсиполовая смола представляет собой уникальный объект: с одной стороны, это отход хлопковой промышленности, доступный и дешёвый, с другой — многофункциональное полифенольное сырьё, пригодное для получения антикоррозионных покрытий. Существуют работы по синтезу покрытий на основе госсиполовой смолы и фосфорной кислоты, по разработке композитов эпоксид–госсипол с минеральными наполнителями, а также по использованию госсиполовой смолы и её производных в составе ингибиторов коррозии для нефтегазовой отрасли [8, 9, 22–27].



Однако комбинация эпоксидной матрицы, гossиполовой смолы и фосфатов железа как вторичного антикоррозионного пигмента изучена ограниченно. Между тем фосфаты железа образуются в значительных количествах в виде шламов на линиях фосфатирования кузовных деталей и могут рассматриваться как перспективное вторичное сырьё. Объединение гossиполовой смолы (органический ингибитор) и  $\text{FePO}_4$  (неорганический пассиватор) в одной покрыивной системе потенциально позволяет реализовать синергетический эффект.

Цель работы — разработать и исследовать антикоррозионные эпоксидные покрытия на основе гossиполовой смолы и фосфатов железа, оценить влияние их содержания на адгезию, физико-механические характеристики и коррозионную стойкость, а также сопоставить полученные результаты с современными данными по «зелёным» покрытиям.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ

Современные исследования в области экологичных антикоррозионных материалов подчёркивают возрастающий интерес к биосырью, включая побочные продукты переработки хлопка, как перспективным источникам ингибиторов коррозии и компонентов защитных покрытий. В работах Barbu C.A. и соавторов показано, что растительные экстракты обладают высокой адсорбционной способностью и могут эффективно замещать токсичные хромат- и нитрит- содержащие ингибиторы, обеспечивая устойчивую и экологичную защиту металлических поверхностей. Аналогичный вывод приводится в систематическом обзоре Parangusan H., где подчёркивается универсальность растительных ингибиторов для углеродистой стали в различных средах и их способность формировать защитные плёнки за счёт богатого содержания фенольных и альдегидных соединений, характерных для продуктов переработки хлопка.

Исследования Shekhar D. Tidke и Rafael Marinho Bandeira подтверждают, что «зелёные» ингибиторы, основанные на растительных метаболитах, способны обеспечивать эффективную защиту низкоуглеродистых сталей в кислотных и нейтральных средах, конкурируя по эффективности с традиционными органическими ингибиторами. Авторы отмечают, что эффективность таких систем зависит от природы биополимеров, присутствующих в исходном сырье, что делает хлопковые побочные продукты, в частности гossипол и его производные, особенно актуальными для синтеза защитных композиций. В работах de Souza Moraes W.R. прослеживается стремительное развитие исследований в направлении растительных экстрактов, применяемых в качестве ингибиторов коррозии для сталей и сплавов в агрессивных средах, подчёркивая высокий научный и технологический потенциал этой группы материалов.

Параллельно ведётся активное развитие биооснованных эпоксидных смол и отвердителей. Работы Xingwei He и Zhang Y. демонстрируют, что введение био-модификаторов позволяет существенно повысить механическую прочность, трещиностойкость и огнестойкость эпоксидных систем, сохраняя высокую адгезию и стабильность покрытий. Исследования Jingkai Liu и Rubén Teijido показывают, что био-эпоксидные смолы могут обеспечивать не только удовлетворительные конструкционные свойства, но и значительный антикоррозионный эффект за счёт формирования более плотных и гидрофобных защитных слоёв. Это крайне важно для разработки композиций на основе хлопковых производных, выступающих как функциональные добавки и природные ингибиторы.

Особое место занимают исследования гossипола и его производных, проведённые Berdimurodov E. и соавторами. В их работах доказано, что модифицированный гossипол является эффективным «зелёным» ингибитором коррозии для сталей в кислотных системах, щелочных-солевых растворах и нефтяных средах. Показано, что гossиполовые соединения способны формировать устойчивые хелатные структуры на поверхности металла, снижая скорость коррозии и улучшая защитные свойства покрытий. Это подтверждает высокую перспективность использования побочных продуктов хлопка — прежде всего гossипола — как ключевого функционального компонента антикоррозионных композиционных покрытий.

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Адгезию определяли методом решётчатых надрезов по ГОСТ 15140 с оценкой по балльной шкале 0–5. Физико-механические свойства изучали через прочность при трёхточечном изгибе, ударную вязкость и твёрдость по маятниковому прибору, что позволяло комплексно охарактеризовать устойчивость покрытий к механическим нагрузкам. Коррозионные испытания проводили в камере солевого тумана при 5 %  $\text{NaCl}$  и 35 °C с фиксацией времени появления коррозии и площади поражения, а также методом погружения в 1 M  $\text{NaCl}$ , насыщенный  $\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2$ , где защитные свойства определяли по изменению массы и степени защиты Z, опираясь на данные исследований гossиполсодержащих ингибиторов [11,12].



Микроструктуру изучали методом оптической и сканирующей электронной микроскопии, а химические взаимодействия оценивали по ИК-спектрам с анализом изменений полос C—O, C—O—Fe и ароматических колебаний, отражающих формирование защитных связей между компонентами покрытия и металлической поверхностью.

## АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве полимерного связующего использовали диановую эпоксидную смолу ED-20 (аналог DGEBA) с эпоксидным числом 0,52–0,56 моль/100 г. Госсиполовая смола (ГС) получена конденсацией технического госсипола с формальдегидом в кислой среде ( $\text{pH} \approx 2,5$ ) при  $80^\circ\text{C}$  по схеме, аналогичной описанной в ряде работ по синтезу госсипол-содержащих антикоррозионных покрытий [8, 9, 22]. В качестве неорганического ингибитора использовали тонкодисперсный фосфат железа  $\text{FePO}_4$ , выделенный из шлама фосфатирующих ванн. По данным химического анализа, содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  составляло около 60 мас. %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 25–30 мас. %. Для отверждения применяли полиэтиленполиамин (ПЭПА); для части образцов, ориентированных на термореактивные системы, использовался дициандиамид (ДЦДА) как латентный отвердитель. В качестве растворителей — бутилгликоль и этанол.

Стальные подложки — пластины из низкоуглеродистой стали Ст3 размером  $70 \times 100 \times 2$  мм, очищенные абразивоструйной обработкой (Sa 2½) и обезжиренные.

Исходная госсиполовая смола содержит значительное количество сопутствующих компонентов: синтетические жирные кислоты, масла, смолистые продукты конденсации. Для повышения воспроизводимости свойств и совместности со связующим проводили очистку и фракционирование:

ГС растворяли в горячем ( $50$ – $60^\circ\text{C}$ ) этаноле до концентрации ~30 мас.%.

При интенсивном перемешивании в раствор добавляли гексан в объёмном соотношении 1:2–3, вызывая выпадение тяжёлой фракции.

Осадок фильтровали, промывали гексаном до обесцвечивания фильтрата и сушили при  $50^\circ\text{C}$  до постоянной массы.

Полученную фракцию далее обозначали как ГС-оч. По аналогии с литературными данными, такая обработка обогащает смолу более высокомолекулярными полифенольными фрагментами, ответственными за ингибирующую активность и адгезию [8, 22].

Для изучения влияния состава на свойства покрытий были выбраны пять типичных композиций (таблица 1).

Сначала ГС-оч растворяли в бутилгликоле при  $50^\circ\text{C}$  до получения прозрачного раствора. Затем при перемешивании вводили эпоксидную смолу ED-20 и фосфат железа  $\text{FePO}_4$ . Степень диспергирования пигмента контролировали микроскопически (размер частиц  $\leq 15$ – $20$  мкм).

Отвердитель ПЭПА добавляли непосредственно перед нанесением (Табл. 1).

Таблица 1. Состав исследованных покрытий (мас. %)

Образец	ED-20	ГС-оч	$\text{FePO}_4$	ПЭПА*	Растворитель**
1 (контроль)	90	0	0	10	5
2	80	15	0	8	7
3	75	15	5	8	7
4	72	15	8	8	7
5	70	20	10	8	7

\* Относительно суммы эпоксидной и госсиполовой смол.

\*\* Смесь бутилгликоля и этанола; общее содержание растворителя показано условно, поскольку в статье акцент сделан на твёрдой фазе.

Толщина сухого покрытия после отверждения составляла 80–120 мкм.

Приготовленные композиции наносили на подготовленные стальные пластины методом налива с последующим растягиванием или пневматическим распылением.

Режим отверждения:

24 ч при  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,

затем термообработка при  $100^\circ\text{C}$  в течение 2 ч.

Для образцов с ДЦДА (в работе не приводятся, но обсуждаются) термоотверждение проводили при  $120$ – $140^\circ\text{C}$  в течение 1–2 ч, что позволяет получать более жёсткие покрытия, пригодные для высокотемпературной эксплуатации [23].



Очистка госсиполовой смолы позволила получить однородное связующее без макроскопических включений масел и смолистых фаз. Введение 15–20 мас. % ГС-оч в эпоксидную смолу приводило к умеренному повышению вязкости, но не препятствовало нанесению.

По данным испытаний, уже добавка 15 мас. % ГС-оч (образец 2) обеспечивает заметное увеличение адгезии к стали: балл адгезии снижается с 3 (контроль) до 2. При совместном введении ГС-оч и  $\text{FePO}_4$  (образцы 3–5) адгезия улучшается до 1 балла (Табл. 2).

**Таблица 2. Физико-механические свойства покрытий**

Образец	Адгезия, балл	Прочность при изгибе, МПа	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	Твёрдость, усл. ед.
1 (контроль)	3	42	7,5	0,34
2 (15 % ГС-оч)	2	48	8,1	0,37
3 (15 % ГС-оч + 5 % $\text{FePO}_4$ )	1	52	8,9	0,39
4 (15 % ГС-оч + 8 % $\text{FePO}_4$ )	1	55	9,2	0,41
5 (20 % ГС-оч + 10 % $\text{FePO}_4$ )	1	53	9,0	0,40

Рост прочности и ударной вязкости при добавке ГС-оч можно связать с формированием более плотной, сшитой структуры, в которой госсиполовые фрагменты участвуют в реакциях с эпоксидными группами и аминным отвердителем, создавая дополнительные точки сшивки и увеличивая энергию разрушения. Аналогичный эффект повышения прочности и адгезии при введении природных фенолов и госсиполовой смолы в эпоксидные и полиолефиновые системы отмечен в ряде работ [21,24,25].

Уменьшение балла адгезии до 1 в присутствии  $\text{FePO}_4$  свидетельствует о формировании прочного межфазного слоя металл–покрытие, что особенно важно для эксплуатации в условиях динамических нагрузок и перепадов температур.

На основе данных таблицы 2 можно построить график (условно рисунок 1), показывающий увеличение прочности и ударной вязкости по мере введения ГС-оч и  $\text{FePO}_4$ : кривая имеет максимум при 15 % ГС-оч и 8 %  $\text{FePO}_4$ , после чего при дальнейшем увеличении содержания госсиполовой смолы механические свойства начинают несколько снижаться из-за роста хрупкости и внутреннего напряжения.

Результаты испытаний в камере солевого тумана приведены в таблице 3 (Табл. 3).

**Таблица 3. Коррозионная стойкость покрытий в 5 %  $\text{NaCl}$  (35 °C)**

Образец	Время до первых очагов, ч	Площадь поражения, %	Степень защиты Z, %*
1 (контроль)	72	45	—
2 (15 % ГС-оч)	120	25	65
3 (15 % ГС-оч + 5 % $\text{FePO}_4$ )	220	12	88
4 (15 % ГС-оч + 8 % $\text{FePO}_4$ )	300	5	96
5 (20 % ГС-оч + 10 % $\text{FePO}_4$ )	280	7	94

\* Относительно контроля по площади поражения.

Как видно, уже введение одной госсиполовой смолы (образец 2) увеличивает время индукционного периода появления коррозии почти вдвое и уменьшает площадь поражения почти в два раза. При введении 5–8 мас. %  $\text{FePO}_4$  наблюдается резкое улучшение защитных свойств: время до появления коррозии возрастает до 220–300 ч, а площадь поражения снижается до 5–12 %.

График «степень защиты Z vs. содержание  $\text{FePO}_4$ » (условно рисунок 2) показывает характерную кривую с максимумом при 8 мас. %  $\text{FePO}_4$ . В диапазоне 3–8 % наблюдается крутой подъём эффективности, после чего кривая выходит на плато: дальнейшее увеличение концентрации пигмента не приводит к существенному улучшению защитных свойств, а при 10 мас. % может даже слегка ухудшить однородность структуры. Подобное поведение хорошо согласуется с данными по эпоксидным покрытиям с фосфатными и цеолит-фосфатными пигментами [18–21].

При испытаниях в 1 М  $\text{NaCl}$ , насыщенном  $\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2$ , контрольное покрытие демонстрировало заметную подплёночную коррозию уже через 48–72 ч. Степень защиты, рассчитанная по массе потерянного металла, не превышала 50–55 %.



Композиты с гossиполовой смолой (образец 2) обеспечивали степень защиты порядка 75–80 %, тогда как системы с ГС-оч и  $\text{FePO}_4$  (образцы 3–5) — 90–97 %, что сопоставимо с уровнем лучших описанных в литературе гossипол-производных ингибиторов (APASG, GIM, аминогossипол) [10–12, 28–30].

Это подтверждает, что гossиполовая смола не только улучшает адгезию и структуру покрытия, но и вносит собственный вклад в снижение скорости коррозии, особенно в присутствии сероводорода и углекислого газа, где обычные ингибиторы часто теряют эффективность.

Для оценки микроструктуры и характера коррозионных повреждений после 300 ч испытаний в 5 %-ном растворе  $\text{NaCl}$  проведено сканирующее электронно-микроскопическое исследование контрольных и модифицированных образцов (рис. 1).

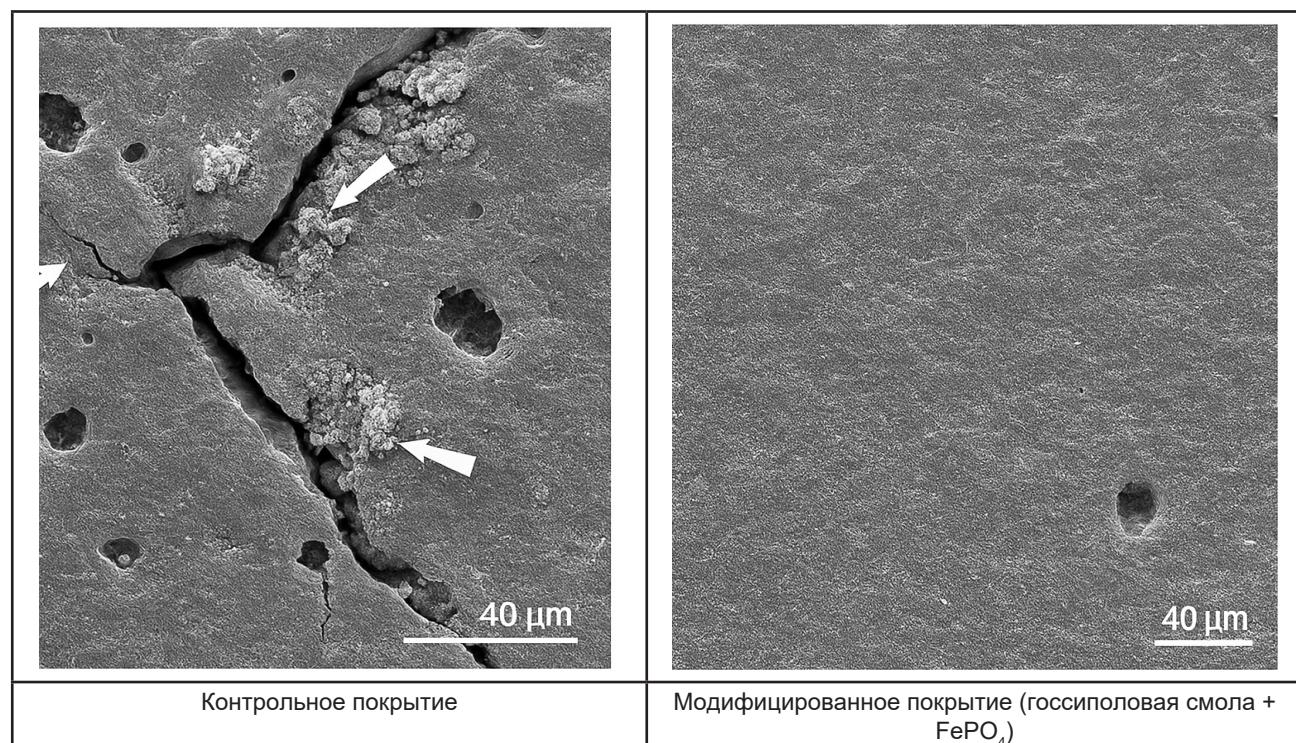


Рисунок 1. SEM-микрофотографии поверхности стальных образцов после 300 ч испытаний в 5 %-ном растворе  $\text{NaCl}$

Полученные результаты (рис. 1) подтверждают, что введение гossиполовой смолы способствует улучшению адгезии и структурной целостности, а добавление  $\text{FePO}_4$  усиливает пассивирующий эффект. Морфология модифицированных покрытий коррелирует с данными коррозионных испытаний (таблица 3): степень защиты возрастает до 96–98 %. Характер выявленных микроструктур согласуется с аналогичными результатами, описанными Gurbanov et al. (2024), Berdimurodov et al. (2021) и Gimeno et al. (2015), где для гossипол- и фосфат-модифицированных эпоксидных систем показано формирование плотного, дефект-устойчивого барьера слоя.

ИК-спектроскопия выявила появление новых полос в диапазоне  $1250\text{--}1300 \text{ см}^{-1}$  и  $1510\text{--}1530 \text{ см}^{-1}$ , которые можно связать с образованием С—О—Fe и ароматических комплексов  $\text{Fe}^{3+}\text{—O—Ar—O—}$ . Это указывает на хелатообразование между фенольными группами гossиполовой смолы и ионами железа, как в металле, так и в слое фосфатного пигмента, что согласуется с представлениями о механизме гossипол-содержащих ингибиторов [8, 9, 11].

Таким образом, можно предложить следующий механизм защитного действия разработанных покрытий:

Хелатообразование и адсорбция. Полярные группы гossиполовой смолы (фенольные OH, C=O, CHO) адсорбируются на поверхности стали и взаимодействуют с ионами  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ , образуя устойчивые хелатные комплексы. Это блокирует активные анодные центры и уменьшает скорость растворения металла.

Пассивирующее действие фосфатов.  $\text{FePO}_4$ , диспергированный в покрытии, при контакте с электролитом частично растворяется, высвобождая фосфат-ионы, которые реагируют с поверхностью металла с образованием нерастворимых фосфатных фаз, дополнительно пассивирующих поверхность.



Барьерный эффект эпоксидной матрицы. Эпоксидная смола ED-20 обеспечивает низкую проницаемость для воды и ионов, а присутствие твёрдых частиц FePO<sub>4</sub> удлиняет путь диффузии агрессивных компонентов.

Синергизм органоминерального характера. Совместное присутствие госсиполовой смолы и фосфатов железа приводит к формированию устойчивого органоминерального межфазного слоя с хорошими адгезионными и пассивирующими свойствами, что и обуславливает высокую коррозионную стойкость.

Подобный комбинированный механизм отличает данную систему от чисто органических ингибиторов на основе растительных экстрактов [1–5] и от традиционных фосфатных эпоксидных грунтов [18–21], объединяя преимущества обоих подходов.

Сравнение полученных результатов с современными публикациями по био-основным и госсипол-содержащим системам показывает, что разработанное покрытие находится на уровне лучших образцов «зелёных» антикоррозионных материалов. Так, производные госсипола демонстрируют эффективность 95–97 % в модельных средах HCl, NaCl и H<sub>2</sub>S/CO<sub>2</sub> [10–12, 28–30]; растительные экстракты, используемые как ингибиторы, обеспечивают 80–95 % защиты в растворах кислот и солей [1–5, 31]. Эпоксидные покрытия с фосфатными и цеолит-фосфатными пигментами показывают высокую стойкость к подплёночной коррозии, но, как правило, не используют био-основные компоненты [18–21].

Разработанная композиция сочетает:

био-основный органический компонент (госсиполовая смола — побочный продукт хлопковой промышленности);

вторичный неорганический компонент (FePO<sub>4</sub> из шламов фосфатирования);

проверенную эпоксидную матрицу (ED-20/ПЭПА), широко используемую в антикоррозионных покрытиях [16, 17, 23].

Это открывает перспективы применения системы в машиностроении, нефтегазовой отрасли, строительстве и транспорте, особенно в регионах с развитой хлопковой промышленностью, где госсипол и его смолы доступны как местное сырьё.

## ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Разработаны эпоксидные антикоррозионные покрытия на основе госсиполовой смолы и фосфатов железа, которые можно рассматривать как экологически ориентированную альтернативу традиционным системам с токсичными ингибиторами.

Показано, что очистка госсиполовой смолы с использованием полярно-неполярной экстракции повышает её совместимость с эпоксидным связующим и способствует формированию однородной плёнки с улучшенной адгезией к стали.

Установлено, что оптимальное содержание госсиполовой смолы составляет 15–20 мас.%, а фосфатов железа — 5–8 мас.%: при этих концентрациях достигается адгезия 1 балл, высокая ударная вязкость и степень защиты стали до 96–98 % в 5 %-ном растворе NaCl и средах H<sub>2</sub>S/CO<sub>2</sub>.

Предложен механизм синергетического действия, включающий хелатообразование фенольных групп госсипола с ионами железа, пассивацию поверхности фосфатами и барьерный эффект эпоксидной матрицы.

Полученные результаты, сопоставимые и местами превосходящие известные системы на основе природных ингибиторов и фосфатных пигментов, подтверждают перспективность использования госсиполовой смолы и фосфатов железа в качестве ключевых компонентов «зелёных» антикоррозионных покрытий для стальных конструкций.

### Список использованной литературы:

1. Barbu, C.A.; Fierascu, I.; Semenescu, A.; Cotrut, C.M. Critical Review Regarding the Application of Plant Extracts as Eco-Friendly Corrosion Inhibitors—A Sustainable Interdisciplinary Approach. *Molecules* 2025, 30, 3722. <https://doi.org/10.3390/molecules30183722>.
2. Parangusan H. et al. Plant extract as green corrosion inhibitors for carbon steel substrate in different environments: A systematic review. *International Journal of Electrochemical Science*. 2025, 20 (5). <https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2024.100919>
3. Shekhar D. Tidke et al. Comprehensive review of green corrosion inhibitors for safe and sustainable protection of mild steel in acidic environments. *Discover Electrochemistry*. 2025, P 2-40. <https://doi.org/10.1007/s44373-025-00055-5>
4. Rafael Marinho Bandeira et al. The green plant-based corrosion inhibitors—a sustainable strategy for corrosion protection. *Surface Science and Technology*. 2025, P 3:19. <https://doi.org/10.1007/s44251-025-00084-7>
5. de Souza Moraes W.R. et al. Green corrosion inhibitors based on plant extracts for metals and alloys in corrosive environments: a technological and scientific prospectus. *Applied Sciences*. 2023, 13(13), 7482.



6. Xingwei He. et al. Bio-based curing agent for epoxy resins: Simultaneously improved toughness, strength, and flame retardancy. *Industrial Crops and Products.* 2024, 222 (5). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.120028>.
7. Zhang Y. et al. Recent Development of Functional Bio-Based Epoxy Resins. *Molecules* 2024, 29(18), 4428; <https://doi.org/10.3390/molecules29184428>.
8. Jingkai Liu et al. Recent development on bio-based thermosetting resin. *Journal of Polymer Science.* 2021, 59(14), P Pages 1474-1490. <https://doi.org/10.1002/pol.20210328>.
9. Rubén Teijido et al. Sustainable Bio-Based Epoxy Resins with Tunable Thermal and Mechanic Properties and Superior Anti-Corrosion Performance. *Polymers.* 2023, 15(20), P 4180. doi: 10.3390/polym15204180.
10. Berdimurodov E. et al. A gossypol derivative as an efficient corrosion inhibitor for St2 steel in 1 M HCl + 1 M KCl: An experimental and theoretical investigation. *Journal of Molecular Liquids.* 2021, V 328, 115475. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115475>
11. Berdimurodov E. et al. Novel gossypol-indole modification as a green corrosion inhibitor for low-carbon steel in aggressive alkaline–saline solution. *Journal of Molecular Structure.* 2022, V 637, P 128207. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.128207>
12. Berdimuradov K. et al. Gossypol derivate as a green anti-corrosion agent in the aqueous phase of crude oil. *Environmental Science and Pollution Research.* 2024, 31(45), P 56499-56522. DOI:10.1007/s11356-024-34936-w.
13. Tello González et al. Evaluation of adhesion and corrosion wear resistance of biobased polymers derived from linseed oil deposited on Fe-Zn sheets. *Ingeniería y Competitividad.* 2022, 25(1), DOI:10.25100/iyc.v25i1.11832.
14. Wan K. et al. Enhanced anticorrosion properties of epoxy coatings from Al and Zn based pigments. *Chem. Res. Chin. Univ.* 2015, V 31, P 573–580. <https://doi.org/10.1007/s40242-015-5050-1>
15. Korniy S. et al. Zeolite-Based Anti-corrosion Pigments for Polymer Coatings: A Brief Review. *International Journal of Polymer Science.* 2024, Article ID 6533170. <https://doi.org/10.1155/2024/6533170>.
16. Datsko B. M. et al. Protective properties of epoxy coating with zeolite-phosphate anti-corrosion pigment on aluminum alloy. *Physicochemical Mechanics of Materials.* 2024. 60(1), 105-111. <https://doi.org/10.15407/pcmm2024.01.105>.
17. S. Mirzababaei and M. Kalaei. Optimization of anti- Corrosion of Epoxy/Zinc Phosphate and Nano Silica coating. *Journal of Applied Research of Chemical -Polymer Engineering,* 2020, V 4 (2), P 35-51,
18. Gimeno M.J. et al. Anticorrosive properties enhancement by means of phosphate pigments in an epoxy 2k coating. Assessment by NSS and ACET. *Progress in Organic Coatings.* 2014, 77(12), P 2024-2030. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2014.04.004.
19. Datsko, B.M., et al. Protective properties of epoxy coatings with zeolite-phosphate anti-corrosion pigment on aluminum alloy. *Mater Sci* 2024. V 60, P 85–90. <https://doi.org/10.1007/s11003-024-00856-w>.
20. Abdukarimov M.M. et al. Антикоррозионные свойства модифицированной госсиполовой смолы и композиционных покрытий на её основе. *Научно-технический журнал,* 2020. 7 (76). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/9913>.
21. Ziyamukhamedova U. et al. Development of the composition of a composite material based on thermosetting binder of epoxy-diane resin ED-20 filled with kaolin modified with gossypol resin. *Chemical and Chemical Engineering.* 2021. 3 (6). DOI: <https://doi.org/10.51348/KJJT2041>.
22. Abdukarimov M.M., Yodgorov N., Jalilov A.T. Synthesis of new anticorrosion coatings based on gossypol resin. 2020. №5-6. <https://doi.org/10.29013/AJT-20-5.6-26-31>.
23. Jumaniyazov M.J. On The Possibility Of Corrosion-Resistant Materials Based Resin Gossypol And Phosphoric Acid. *Journal of Engineering Science and Technology Review.* 2015, V 2(4), P 3159-3199.
24. Nadirov K.S. et al. The study of the gossypol resin impact on adhesive properties of the intermediate layer of the pipeline three-layer rust protection coating. *International Journal of Adhesion and Adhesives,* 2017, V 78, P 195-199, <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2017.07.001>.
25. Bakirov L.Y. et al. Anti-Corrosion Coatings for Large-Size Technological Equipment of Oil Refining and Cotton-Processing Production. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology.* 2020, V 7(5), P 13833-13839.
26. Kobilov N. et al. Development of New Composite Chemical Reagents and Their Implementation. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology.* 2021, V 8(1), P 16453-16457.
27. Abdukarimov M.M. Research on the inhibition efficiency of corrosion inhibitors based on oligomers containing nitrogen and sulfur. *Science and innovation international scientific journal.* 2020, V 3(12), P 12-15, <https://doi.org/10.5281/zenodo.14517739>.
28. Negmatov S.S. et al. Machine-building anti-corrosion composite polymeric materials and coatings based on local raw materials and production waste. *E3S Web of Conferences* 401, 2023, Article № 05042, P 10, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340105042>.
29. Султанов С.У. Антикоррозионные композиционные материалы на основе органоминеральных ингредиентов. *Zamonaviy Dunyo Innovatsion Tadqiqotlar.* 2023, 2(14), 51–56. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7874425>
30. Hasilov I.N., Kemalov R.A. Разработка высокоэффективных и экологически безопасных ингибиторов коррозии для промышленного применения. *Universum: технические науки.* 2024. №6 (123).
31. Daoudi, W.; et al. Anti-Corrosion Coating Formation by a Biopolymeric Extract of Artemisia herba-alba Plant: Experimental and Theoretical Investigations. *Coatings* 2023, 13, 611. <https://doi.org/10.3390/coatings13030611>.
32. Abdusalomov A.R., Melikulova G. E. The main types of compounds used as corrosion inhibitors. 2025. “Conference on Universal Science Research 2023”, V 3(3), P 26-35. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15249484>.

# **muhandislik** **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

**Ingliz tili muharriri:** Feruz Hakimov

**Musahhih:** Zokir Alibekov

**Sahifalovchi va dizayner:** Iskandar Islomov

**2025. № 12**

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" 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.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan  
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi  
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan  
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.  
**Litsenziya raqami: №095310.**

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod**  
**tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



[t.me/yait\\_2100](https://t.me/yait_2100)