

JOURNAL OF FUTURE

MILLIY SOHALARARO ILMIY-INNOVATSION JURNAL

Google Scholar



RESEARCHBIB
ACADEMIC RESOURCE INDEX



zenodo



OpenAIRE



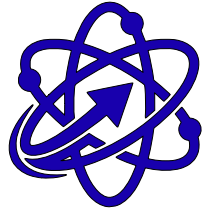
VOL. 2 | ISSUE 1 | 2026
ISSN 3093-8899



TECHNOLOGY & INNOVATION
SUSTAINABLE DEVELOPMENT
GREEN CHEMISTRY
BIOTECHNOLOGY

TEXNOLOGIYA & INNOVATSIYA
BARQAROR RIVOJLANISH
YASHIL KIMYO
BIOTEXNOLOGIYA





JOURNAL OF FUTURE

Journal of Future – ilmiy, elektron, fanlararo innovatsion jurnali O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro‘yxatida e’tirof etilgan 14-ResearchBib va 40-ResearchGate bazalarida indekslangan.

[Jurnal bir yilda o‘n ikki marta chop etiladi](#)

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Davlat xizmatini rivojlantirish agentligida 2025-yil 25-martda 682701 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Maqolalarning ilmiy saviyasi va keltirilgan ma’lumotlar uchun mualliflar javobgar hisoblanadi.

To‘plam elektron shaklda (PDF formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritilgan maqolalarning mazmuni, undagi statistik ma’lumotlar hamda me’yoriy hujjatlarning aniqligi, shuningdek bildirilgan fikr-mulohazalarning haqqoniyligi uchun mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadi. Belgilangan talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga qabul qilinmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tahrir qilish hamda ularni tegishli bo‘limlarga taqsimlash huquqiga ega.

Muassis: “[Uranium Publishing](#)” MChJ

Elektron manzil: future.journal.official@gmail.com

© Journal of Future

© Authors



TAHRIRIYAT

Bosh muharrir:

Egamberdiyev Elmurod Abduqodirovich, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti professori, texnika fanlari doktori

Tahririyat kengashi raisi:

Maxsumov Abduxamid Gafurovich, Toshkent kimyo-texnologiya instituti professori, kimyo fanlari doktori

Mas'ul muharrir:

Mashayev Eldor Ergashvoy o'g'li, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, PhD
Azamatov O'tkirbek Rashidovich, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, katta o'qituvchi

Tahririyat kengashi a'zolari:

José R. Simões Moreira, Braziliyaning San-Paulu universiteti qoshidagi Politécnica universitetining professori

Parmanov Askar Basimovich, O'zbekiston Milliy universiteti, kimyo fanlari doktori, dotsent

Abdullayev Toxir Xasanbayevich, Tojikiston Milliy Fanlar akademiyasining V.I. Nikitin nomidagi Kimyo instituti, kimyo fanlari doktori, dotsent

Seydedeh Samira Mohammadi Nezamobadi, Eron davlatining Azad universiteti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Vorobyev Stepan Vladimirovich Rossiya Federatsiyasining Gubkin nomidagi Rossiya davlat neft va gaz universiteti (Milliy tadqiqot universiteti) kimyo fanlari nomzodi, dotsent

Abdirahimov Mirzohid Ibrohimjon o'g'li, Polsha Fanlar akademiyasi Kimyo muhandisligi instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Mengliyev Sherzod Shoimovich, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Ziyadullayev Anvar Egamberdiyevich, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, kimyo fanlari doktori, dotsent

Jumayev Shahobiddin Shamsidinovich, Tojikiston Konchilik va metallurgiya instituti, kimyo fanlari nomzodi, dotsent

Ismailov Boburbek Maxmudjanovich, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Ergashev Yorqinjon To'liqin o'g'li, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Raximov Xusniddin Nurboboyevich, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Abdukarimova Saida Abdujalilovna, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Xakimov Farrux Shokirjonovich, Farg'ona politexnika instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Obidov Shoyunus Botir o'g'li, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

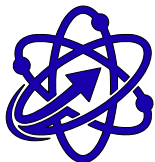
Mardonov Asror Hasanovich, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining akademik S.Yu.Yunusov nomidagi O'simlik moddalari kimyosi instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori

Meyliyeva Laziza Qahramonovna, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori



MUNDARIJA

STUDY ON THE DEGRADATION OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE WASTE UNDER THE INFLUENCE OF ULTRAVIOLET (UV) RADIATION Ernazarova S. Sh.....	1
SYNTHESIS AND PROPERTIES OF SOME FIVE-MEMBERED BIAZOCYCLIC DERIVATIVES Usmonova Y.Sh., Kadirov X.I., Nurmanova J.Y., Obidov Sh.B.....	10
ИДЕНТИФИКАЦИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОДУЦЕНТОВ ФЕРМЕНТА ТАННАЗЫ Суюндиков У.А., Додаев К.О., Яхяева М.А.....	20
THERMAL-OXIDATIVE PYROLYSIS OF WASTE TIRES: PRODUCT CHARACTERIZATION AND POTENTIAL FOR RESOURCE RECOVERY AND BITUMEN MODIFICATION Juraev V.N., Mirzaakbarov R.M., Makhsumov A.G., Mashaev E.E.....	32
NON MAHSULOTLARI UCHUN PEKTIN SAQLOVCHI KONSENTRATLARNI QO'LLASH Abilova A., Atxamova S.....	41
MINERAL TUZLAR TO'PLANISHIGA QARSHI SAMARALI INGIBITOR SINTEZI VA UNING NEFT-GAZ SOHALARIDA QO'LLANILISHI Davronov S.S., Obidov Sh.B.....	48
TAILORING ALKYL CHAIN LENGTH IN ISOQUINOLINIUM-BASED INHIBITORS: IMPACT ON ADSORPTION BEHAVIOR AND CORROSION PROTECTION IN OIL REFINING SYSTEMS Abdullaeva Z.A., Jakhonov F.H., Rakhimov Kh.N.....	57



MINERAL TUZLAR TO'PLANISHIGA QARSHI SAMARALI INGIBITOR SINTEZI VA UNING NEFT-GAZ SOHALARIDA QO'LLANILISHI

Sanjarbek Sultonboy o'g'li Davronov

*Toshkent kimyo-texnologiya instituti,
Neft va gazni qayta ishlash kimyoviy
texnologiyasi kafedrasida magistranti,
Toshkent, O'zbekiston.
sanjarbek2297@mail.com*

Sanalar

Qabul qilindi: 06.04.2026

Nashrga qabul qilindi: 13.04.2026

Nashr qilindi: 17.04.2026

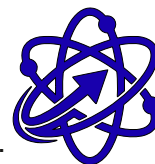
Shoyunus Botir o'g'li Obidov

*Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Neft va gazni qayta ishlash
kimyoviy texnologiyasi kafedrasida, t.f.f.d., PhD,
Toshkent, O'zbekiston.*

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot neftni qayta ishlash va qazib chiqarish jarayonlarida qo'llaniladigan issiqlik almashinish qurilmalarida mineral tuzlarning (asosan kalsiy va magniy karbonatlari) cho'kishi muammosini hal qilishga qaratilgan. Tadqiqot obyekti sifatida neft konlari va korxonalaridagi texnologik issiqlik almashinuv tizimlarida aylanadigan, yuqori minerallashtirilgan va qattiqlik darajasi yuqori bo'lgan texnik suvlar tanlab olindi. Maqolada bitta amino guruhli analoglardan farqli o'laroq, ikki amino guruhli aromatik birikma — fenilendiamin $C_6H_4N_2H_4$ asosida yangi turdagi ingibitor sintezi bayon etilgan. Sintez jarayoni formaldegid va natriy gidrosulfit ishtirokida, sulfometillanish reaksiyasi orqali amalga oshirildi. Olingan fenilendimetilensulfonat $C_8H_6N_2S_2O_6Na_2$ hosilasining issiqlik almashinish sirtlaridagi himoya qobiliyati tajribada sinovdan o'tkazildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, taklif etilayotgan kompozitsiya issiqlik yuklamasi yuqori bo'lgan sharoitda ham mineral tuzlar cho'kishini 92–95% gacha samarali to'xtatadi. Tadqiqot issiqlik almashinish qurilmalarining foydali ish koeffitsientini oshirish va energiya sarfini kamaytirish uchun xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: *fenilendiamin, sulfometillanish, ingibitor, issiqlik almashinishi, mineral tuzlar, texnik suv, neft-gaz sanoati.*

Аннотация. Данное исследование направлено на решение проблемы отложения минеральных солей (в основном карбонатов кальция и магния) в теплообменниках, используемых в процессах нефтепереработки и добычи нефти. Объектом исследования были выбраны высокоминерализованные и жесткие технические воды, циркулирующие в технологических теплообменных системах на нефтяных месторождениях и предприятиях. В статье описан синтез нового типа ингибитора на основе ароматического соединения с двумя аминогруппами, фенилендиамин $C_6H_4N_2H_4$, в отличие от аналогов с одной аминогруппой. Процесс синтеза проводился реакцией сульфометилирования в присутствии формальдегида и гидросульфита натрия. Защитная способность полученного производного фенилендиамин $C_8H_6N_2S_2O_6Na_2$ на



поверхностях теплообменника была экспериментально проверена. Результаты показали, что предложенный состав эффективно ингибирует осаждение минеральных солей на 92–95% даже в условиях высокой тепловой нагрузки. Исследование служит для повышения полезной эффективности теплообменных устройств и снижения энергопотребления.

Ключевые слова: *фенилендиамин, сульфометилирование, ингибитор, теплообмен, минеральные соли, техническая вода, нефтегазовая промышленность.*

Abstract. This study aims to address the problem of mineral salt (primarily calcium and magnesium carbonates) deposition in heat exchangers used in oil refining and production processes. The object of the study was highly mineralized and hard industrial water circulating in process heat exchange systems at oil fields and enterprises. The article describes the synthesis of a new type of inhibitor based on an aromatic compound with two amino groups, phenylenediamine $C_6H_4N_2H_4$, as opposed to analogs with one amino group. The synthesis process was carried out by a sulfomethylation reaction in the presence of formaldehyde and sodium hydrosulfite. The protective ability of the obtained phenylenediamine derivative $C_8H_6N_2S_2O_6Na_2$ on heat exchanger surfaces was experimentally tested. The results showed that the proposed composition effectively inhibits mineral salt deposition by 92–95% even under high thermal load conditions. The study aims to improve the efficiency of heat exchange devices and reduce energy consumption.

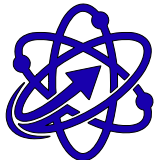
Keywords: *phenylenediamine, sulfomethylation, inhibitor, heat transfer, mineral salts, process water, oil and gas industry.*

Kirish

Neft va gaz sanoatida issiqlik almashinish qurilmalarining barqaror ishlash rejimi texnik suvlarning tarkibidagi mineral tuzlarning (asosan kalsiy va magniy karbonatlari) issiqlik uzatish sirtlarida qattiq qatlam hosil qilishi bilan bevosita murakkablashadi [1,2]. Suv haroratining ortishi bilan kalsiy karbonat va sulfatlarning eruvchanligi pasayadi, bu esa quvurlar ichki yuzasida issiqlik o'tkazuvchanligi juda past bo'lgan cho'kmalarning hosil bo'lishiga olib keladi [3,4]. Ushbu jarayon yonilg'i sarfini 15–20% gacha oshirib, uskunaning muddatidan oldin ishdan chiqishiga va texnologik uzilishlarga sabab bo'ladi [5,6].

Hozirgi kunda sanoatda qo'llanilayotgan aksariyat ingibitorlar yuqori harorat sharoitida o'zining kimyoviy barqarorligini yo'qotishi mumkin [4,7]. Shu sababli, neft konlarining murakkab gidrokimyoviy sharoitlarida minerallashgan suvlarning anomal xususiyatlarini inobatga olgan holda, samarali himoya usullarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi [8,10]. Tarkibida bir nechta azot atomi va sulfonat guruhlarini saqlagan, termik barqaror fenilendiamin hosilalarini sintez qilish hamda ularni issiqlik almashinish tizimlarida ingibitor sifatida qo'llash bugungi kunda energiya samaradorligini oshirish va uskunalarining ekspluatatsiya muddatini uzaytirishda katta ahamiyatga ega [9]. Mazkur tadqiqot aynan fenilendiamin asosida yangi turdagi samarali ingibitorni sintez qilish va ularning neft-gaz sanoati texnik suvlaridagi faoliyatini tahlil qilishga qaratilgan.

Past molekulyar og'irlikdagi polimerlar va organik fosfonatlar mineral tuzlar cho'kishini to'xtatishda samarali vositalar hisoblanadi [7]. Tarkibida bir nechta azot atomi va sulfonat guruhlarini saqlagan fenilendiamin hosilalarini sintez qilish, ularning metall yuzasi bilan kuchli koordinatsion bog' hosil qilish xususiyati tufayli yuqori himoya samaradorligini ta'minlaydi. Mazkur tadqiqotda mahalliy xomashyolar



asosida olingan yangi turdagi ingibitorning (FDMS) xususiyatlari va ularning OEDF bilan kompozitsiyalari neft-gaz sanoatidagi issiqlik almashinish tizimlarida qo'llash taklif etilgan.

2. Metodlar va materiallar

Tadqiqot ishida neft konlarining aylanma suv ta'minoti tizimidan olingan, yuqori minerallashtirilgan texnik suv namunalari foydalanildi. Ingibitorning samaradorligini baholash uchun laboratoriya sharoitida sintez va tahlil ishlari quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi.

2.1. Reagentlar va xomashyolar

Ingibitor sintezi uchun asosiy xomashyo sifatida ikki amino guruhli aromatik birikma — fenilendiamin $C_6H_4N_2H_4$ tanlab olindi. Yordamchi reagentlar sifatida quyidagilar ishlatildi: Formaldegid (CH_2O)—bog'lovchi komponent sifatida, natriy gidrosulfid ($NaHSO_3$)—sulfonat guruhlarini kiritish uchun, kaustik soda ($NaOH$)—reaksiya massasining 3% miqdorida katalizator sifatida. OEDF (Oksietilidendifosfon kislotasi)—qiyosiy etalon va kompozitsiya komponenti sifatida FDMS—ya'ni fenilendimetilensulfonat sintez qilingan ingibitor shartli nomlandi.

2.2. Ingibitor sintezi

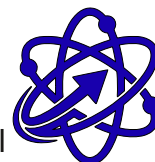
Sintez jarayoni fenilendiamin $C_6H_4N_2H_4$, formaldegid CH_2O va natriy gidrosulfid $NaHSO_3$ reagentlarini 1:1:1 (MSA uchun) hamda 1:2:2 (DMSA uchun) mol nisbatlarida olish orqali amalga oshirildi. Reaksiya kuchsiz kislotali muhitda, 70–75 °C harorat oralig'ida olib borildi. Jarayonning umumiy davomiyligi 3 soatni tashkil etdi. Reaksiya davomida fenilendiamin halqasidagi amino guruhlariga sulfometil markazlarining birikishi nazorat qilindi. Fenilendiaminning sulfometillanish jarayoni kompleks tarzda — pH, harorat va vaqt parametrlarini nazorat qilindi, hamda spektroskopik va elementar tahlil usullari yordamida olib borildi. Natijada amino guruhlariga sulfometil fragmentlarning birikishi muvaffaqiyatli amalga oshgani va mono- hamda dimetilensulfonat hosilalari hosil bo'lgani isbotlandi. Olingan mahsulotlarning 45–50% li eritmaları tayyorlanib, ular shartli ravishda FDMS-I va FDMS-II deb nomlandi.

2.3. Fizik-kimyoviy tahlil usullari

Sintez qilingan fenilendimetilensulfonat ($C_8H_6N_2S_2O_6Na_2$) birikmasining kimyoviy tuzilishi va element tarkibi zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida tasdiqlandi. Elementar tahlil C, H, N va S elementlari uchun CHNS analizatori Elementar Vario EL cube (Elementar Analysensysteme GmbH, Germaniya) yordamida amalga oshirildi, natijalar nazariy hisoblangan qiymatlar bilan solishtirildi. Natriy (Na) miqdori induktiv bog'langan plazma optik emissiya spektroskopiyasi (ICP-OES) usuli orqali PerkinElmer Optima 8000 qurilmasida aniqlandi. Kislorod (O) miqdori esa farq usuli (difference method) asosida hisoblab topildi. Olingan natijalar birikmaning empirik formulasi bilan yaxshi mos kelishi kuzatildi.

2.4. Ingibirlash samaradorligini aniqlash

Ingibitorning mineral tuzlar cho'kishini to'xtatish qobiliyati issiqlik almashinish jarayonini modellashtiruvchi laboratoriya qurilmasida o'rganildi. Sharoit: Suv namunalari 90–95 °C haroratgacha qizdirildi. Korroziya tezligi gravimetrik usul asosida massa yo'qotish orqali aniqlandi, bunda issiqlik almashinish sirtida hosil bo'lgan cho'kma miqdori ($g/m^2 \cdot soat$) o'lchandi. Solishtirish: Yangi ingibitorning samaradorligi yakka holda va OEDF bilan turli nisbatlardagi (masalan; 1,0:1,0:1,0 mg/L) kompozitsiya holatida etalon bilan qiyoslandi. Tajribalar asosiy GOST 9.506-87 gravimetrik usulda, ASTM D1126-suvdagi qattiqlik va cho'kma hosil bolishga moyilligini baholash, ASTM D4505-ingibitor samaradorligini aniqlash va cho'kma



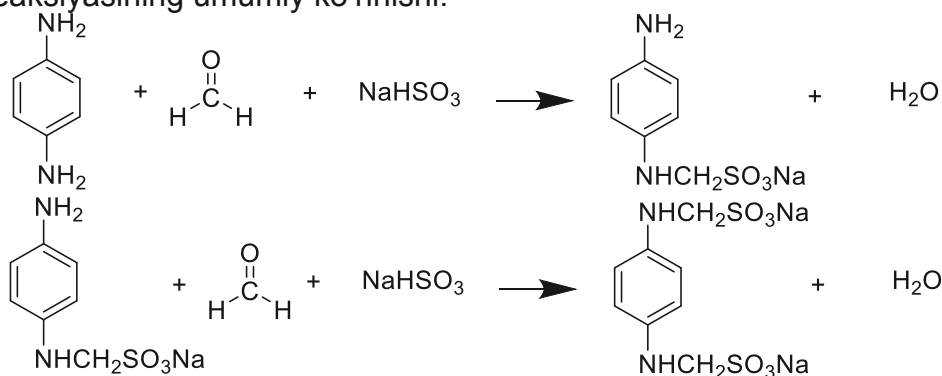
kamayishini baholash, IOS12571-issiqlik almashinish yuzasida cho'kma hosil bo'lishini aniqlash usullari bilan o'tkazildi.

3. Natijalar va muhokama

3.1. Ingibitor sintezi reaksiya mexanizmi

Sintez qilingan fenilendimetilensulfonat $C_8H_6N_2S_2O_6Na_2$ mahsulotning kimyoviy tuzilishi uning issiqlik almashinish sirtlarida mustahkam himoya plyonkasi hosil qilishini ta'minlaydi.

Sintez reaksiyasining umumiy ko'rinishi.



Fenilendiamin va sulfanil kislota formaldegid hamda natriygidasulfit bilan kondensatsiyasi $60-70^\circ\text{C}$ haroratda 3 soat davomida olib borildi. Katalizator sifatida kaustik soda (NaOH) reaksiya qiluvchi moddalar massasining 3%

1-jadval MSA va DMSA unumining haroratga bog'liqligi (davomiyligi 3 soat)

Moddalar nisbatlari, mol $C_6H_4N_2H_4 : CH_2O : NaHSO_3$	Harorat, $^\circ\text{C}$	Unum%	
		MSA	DM-SA
1:1:1	30	28.2	-
1:2:2		8.3	19.2
1:1:1	50	49.6	-
1:2:2		17.1	26
1:1:1	70	82	-
1:2:2		25.7	60
1:1:1	90	79.1	-
1:2:2		22.2	58.7

miqdorida qo'llanildi. Boshlang'ich moddalar fenilendiamin $C_6H_4N_2H_4$: formaldegid CH_2O : natriy gidrasulfit $NaHSO_3$ 1:1:1 va 1:2:2 nisbatlarda o'zaro ta'sirlashganda mos ravishda metilensulfonatnilin (MSA) va dimetilensulfonatnilin (DMSA) hosil bo'ladi. Sintezning optimal sharoitlarini aniqlash maqsadida reaksiya turli haroratlarda olib borildi (1-jadval).

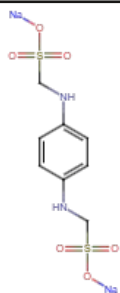
3.2. Molekula tuzilishi va simmetriya

Sintez qilingan fenilendiamin hosilalarining (xususan DMSA yoki FDMSII) o'ziga xos xususiyati ularning molekulyar tuzilishidagi yuqori darajadagi simmetriyadir. Bu simmetriya nafaqat moddaning barqarorligini, balki uning metall yuzasiga adsorbsiyalanish qobiliyatini ham belgilaydi.

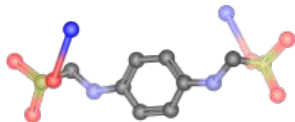
3.3. Simmetriyaning ingibirlash mexanizmidagi roli

Fenilendiamin halqasidagi ikki amino guruhning simmetrik joylashuvi ingibitor

2-jadval. FDMSII molekulasining xossalari



1-rasm. Molekulaning chiziqli strukturasi



2-rasm. Molekulaning 3D fazoviy strukturasi

Xossasi	Qiymati
Molekulyar formula	$C_8H_{10}N_2Na_2O_6S_2$
Molekulyar massa	340.29013 amu
To'yinmaganlik darajasi	8
Vodorod bog'lanish akseptorlari	8
Vodorod bog'lanish donorlari	2
Aylanuvchi bog'lanishlar	8
Jami elektronlar	174
Molekulyar qutblanish	22.24901 \AA^3
Qutb sirt maydoni	127.56 \AA^2

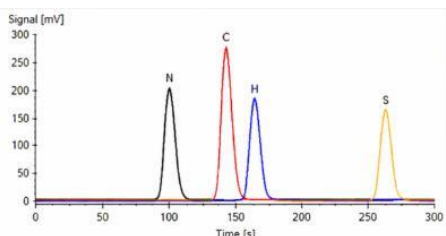
molekulasining metall (quvur) yuzasida "yassi" holatda joylashishini ta'minlaydi: Koordinatsion bog'lanish: Ikkita azot atomi metall yuzasidagi bo'sh orbitallar bilan bir vaqtda koordinatsion bog' hosil qiladi. Bu "ikki nuqtali" bog'lanish bitta amino guruhli ingibitorlarga (masalan, anilinga) nisbatan ancha mustahkamroqdir. Xelatlash effekti: Simmetrik joylashgan sulfonat guruhlar ($-SO_3Na$) suvdagi kalsiy (Ca^{2+}) va magniy (Mg^{2+}) ionlarini qisqich kabi o'rab olib, dispers holatda ushlab turadi. Bu esa mineral tuzlarning mikrokristallarini o'sishdan to'xtatadi va ularning sirtga yopishishiga yo'l qo'ymaydi.

3.4. Strukturaviy simmetriya va termik barqarorlik.

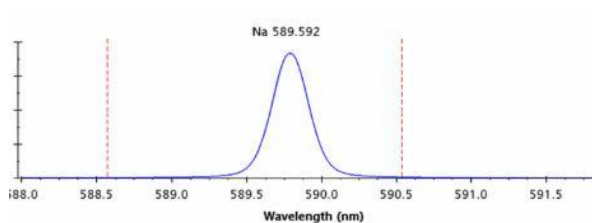
Molekulaning yuqori simmetriyasi uning ichki energiyasini pasaytiradi, bu esa moddaning yuqori haroratlarda ($95^\circ C$) parchalanishiga qarshi chidamliligini oshiradi. Natijada, ingibitor neft quduqlari va issiqlik almashinish qurilmalarining og'ir termik sharoitlarida ham o'zining himoya xususiyatlarini saqlab qoladi.

3.5. MSA va DMSA ning element tarkibi tahlili

CHNS analiz natijalari sintez qilingan fenilendimetilensulfonat birikmasi tarkibida uglerod (C), vodorod (H), azot (N) va oltingugurt (S) elementlarining mavjudligini tasdiqladi hamda ularning miqdoriy qiymatlari nazariy qiymatlarga yaqinligini ko'rsatdi. Bu esa sintez jarayonining to'g'ri borilganligini va maqsadli birikma hosil bo'lganligini isbotlaydi (3-rasm). ICP-OES tahlili natijalariga ko'ra, namunada natriy



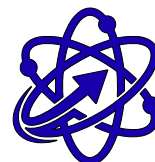
3-rasm. CHNS analizatori element tahlili



4-rasm. Plazma optik emissiya spektroskop tahlili

(Na) elementi aniqlandi va uning miqdori birikmaning stexiometrik tarkibiga mos kelishi kuzatildi. Olingan natijalar birikmaning empirik formulasi bilan mos kelib, uning kimyoviy tuzilishi to'g'ri aniqlanganligini ko'rsatadi (4-rasm).

Umuman olganda, CHNS va ICP-OES tahlil usullaridan olingan natijalar bir-birini



3-jadval. MSA va DMSA birikmalarining element tarkibi (eksperimental va nazariy qiymatlar)

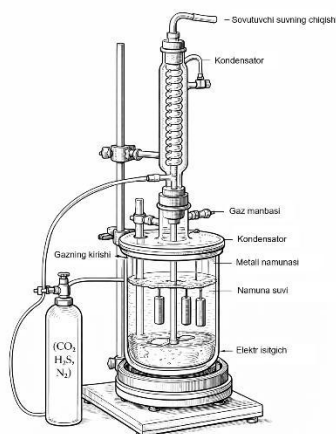
Modda	Kimyoviy formula	M.m., g/mol	Element	Topilgan, %	Hisoblangan, %
MSA	$C_7H_5N_2SO_3Na$	220.18	C	17.67	38.19
			H	2.26	2.29
			N	12.50	12.72
			S	14.37	14.56
			O	21.50	21.80
			Na	10.30	10.44
DMSA	$C_8H_6N_2S_2O_6Na_2$	336.25	C	19.84	28.57
			H	1.25	1.79
			N	5.78	8.33
			S	13.23	19.07
			O	19.80	28.54
			Na	9.49	13.67

to'ldiradi va sintez qilingan birikmaning tarkibi hamda tuzilishini ishonchli ravishda tasdiqlaydi (3-jadval).

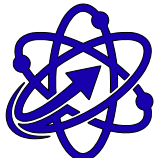
3-jadvaldan ko'rinib turibdiki, eksperimental aniqlangan element tarkibi nazariy qiymatlardan ma'lum darajada farq qiladi. Bunday tafovutlar sulfometillangan aromatik birikmalar uchun xos bo'lib, ular eritma holatida mavjudligi, ionlangan shaklda bo'lishi hamda gidratlanish darajasi bilan izohlanadi. Shuningdek, natriy sulfonat guruhlarning mavjudligi sababli moddaning haqiqiy tarkibi murakkab ko'rinishda bo'lishi mumkin. Shu bilan birga, olingan natijalar birikmaning umumiy kimyoviy tuzilishini tasdiqlaydi.

3.6. Sintez qilingan ingibitorning tahlillari

Gravimetrik usul metallarning korroziya tezligini miqdoriy baholashning standart usullaridan biri bo'lib, u namunalarning agressiv muhitda saqlanishi natijasida yuzaga keladigan massa yo'qotishini aniqlashga asoslanadi. Tajriba davomida oldindan tayyorlangan va tortilgan metall namunalari neft-suv muhitida belgilangan sharoitlarda ushlab turiladi, so'ngra ularning massasi qayta aniqlanadi. Korroziya tezligi massa yo'qotish, namuna yuzasi va vaqtga bog'liq holda hisoblanadi, ingibitorning himoya samaradorligi esa ingibitorli va ingibitorsiz muhitlarda olingan natijalarni taqqoslash orqali baholanadi. Sinovlar maxsus laboratoriya qurilmalarida amalga oshiriladi. Ushbu qurilmalar muhit haroratini barqaror saqlash, aralashtirish, gaz bilan to'yintirish (masalan, CO_2 yoki H_2S), hamda namunalarning bir xil



5-rasm. Gravimetrik usul uchun mo'ljallangan tipik qurilmaning sxemasi



4-jadval. Issiqlik almashinish tizimidagi suv uchun ingibitor samaradorligi

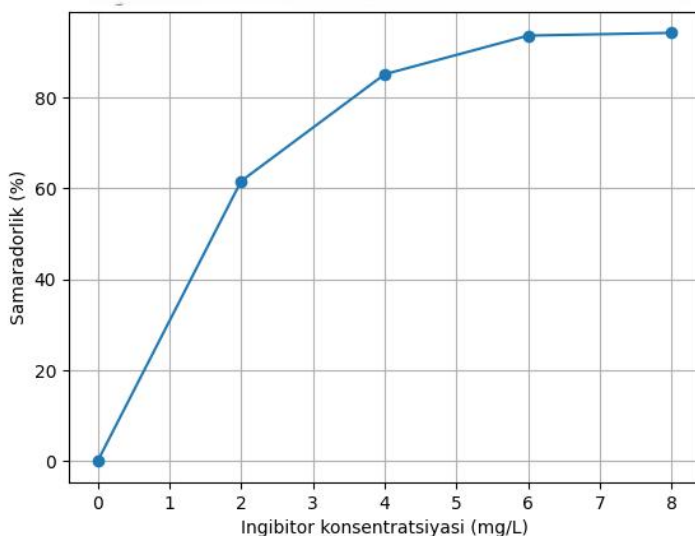
Ingibitor dozasi, mg/l	Suv harorati, °C	Cho'kma hosil bo'lishi, g/m ² -soat	Samaradorlik, %
0	95	4,82	0
2,0	95	1,85	61,6
4,0	95	0,72	85,1
6,0	95	0,31	93,6
8,0	95	0,28	94,2

sharoitda ta'sirlanishini ta'minlaydi. Gravimetrik usul uchun mo'ljallangan tipik qurilmaning sxemasi quyidagi rasmda keltirilgan (5-rasm).

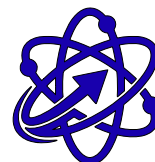
Gravimetrik usul yordamida St.3 markali po'lat metallning korroziya tezligini miqdoriy baholashning standart usullaridan foydalanilganda quyidagi natijalar olindi (4-jadval).

4-jadvaldan ko'rinib turibdiki, 6,0 mg/l konsentratsiyada ingibitor issiqlik almashinish sirtlarini tuz cho'kishidan deyarli to'liq himoya qiladi. Fenilendiamin halqasidagi ikkita azot atomi metall yuzasi bilan kuchli koordinatsion bog' hosil qiladi, sulfonat guruhlari esa suvdagi Ca²⁺ ionlarini dispers holatda ushlab turadi. Ingibitor dozasi ortishi bilan issiqlik almashinish yuzasida hosil bo'ladigan cho'kma miqdorining keskin kamayishi kuzatiladi. Ingibitorsiz sharoitda (0 mg/l) cho'kma hosil bo'lish tezligi 4,82 g/m²-soatni tashkil etgan bo'lsa, 2,0 mg/l dozada bu ko'rsatkich 1,85 g/m²-soatgacha kamayib, 61,6% samaradorlikka erishilgan. Konsentratsiya 4,0 mg/l ga oshirilganda cho'kma miqdori 0,72 g/m²-soatgacha pasayib, samaradorlik 85,1% ni tashkil etadi. Eng muhim natija 6,0 mg/l konsentratsiyada kuzatilib, cho'kma miqdori 0,31 g/m²-soatgacha kamaygan va ingibirlash samaradorligi 93,6% ga yetgan. Bu qiymat amaliy jihatdan issiqlik almashinish sirtlarining deyarli to'liq himoyalashini ko'rsatadi. 8,0 mg/l dozada esa samaradorlik faqat biroz oshib (94,2%), deyarli o'zgarmasligi kuzatiladi, bu esa tizimda to'yinish holati yuzaga kelganini bildiradi. Mazkur natijalar ingibitorning optimal konsentratsiyasi 6,0 mg/l atrofida ekanligini ko'rsatadi. Ushbu nuqtadan keyin dozani oshirish iqtisodiy jihatdan samarasiz bo'lib, qo'shimcha samaradorlik bermaydi (6-rasm).

5-jadvaldan ko'rinib turibdiki, OEDF ishlatilgan kompozitsiyalar sof FDMS bilan solishtirganda sezilarli farqlarga ega. Shu bilan birga, OEDF qo'shilishi hosil bo'lgan tuz cho'kishini oldini oluvchi ingibitorning narxini taxminan 1,5–2,0 baravar kamaytiradi. Fenilendiamin asosida sulfometillanish reaksiyasi natijasida mono- va



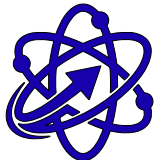
6-rasm. Ingibitor samaradorligining konsentratsiyaga bog'liqligi



5-jadval. Ingibirlovchi faollik tavsifi. T = 95°C

Ingibitor komponentlari	Ingibitor konsentratsiyasi, mg/L	Samaradorlik, %		
		Suvning qattiqligi, mg/L		
		6-9	10-12	Aylanma suv analizi
FDMS-I	2,0	48	45	38
	4,0	50	47	40
	6,0	52	48	42
	8,0	52	50	45
FDMS-II	2,0	48	45	38
	4,0	50	47	40
	6,0	52	48	42
	8,0	52	50	45
FDMS-I + OEDF	0,5 + 0,5	90	88	86
	1,0 + 1,0	91	89	88
	1,5 + 1,5	91	90	89
	2,0 + 2,0	91	90	89
FDMS-II+OEDF	0,5 + 0,5	91	90	89
	1,0 + 1,0	92	91	90
	1,5 + 1,5	93	91	90
	2,0 + 2,0	93	91	90
FDMS-I + FDMS-II + OEDF	0,5 + 0,5 + 0,5	92	91	90
	1,0 + 1,0 + 1,0	93	92	91
	1,5 + 1,5 + 1,5	94	93	93
	2,0 + 2,0 + 2,0	98	95	94
OEDF	4,0	93	91	90

dimetilensulfonat hosilalari hosil bo'lishi aniqlandi. OEDF bilan olingan mahsulotlar asosidagi kompozitsiyalar Neft va gaz sanoatida issiqlik almashinish qurilmalari ish rejimi suvning tarkibidagi 95% dan yuqori himoya samaradorligiga ega bo'lgan tuz cho'kishini oldini oluvchi ingibitor xususiyatlarini namoyon qiladi. Natijalari 95 °C haroratda turli ingibitor kompozitsiyalarining samaradorligini suvning qattiqligi sharoitida baholash imkonini beradi. Olingan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, FDMS-I va FDMS-II ingibitorlari alohida qo'llanganda ularning samaradorligi nisbatan past bo'lib, 38–52% oralig'ida o'zgaradi. Konsentratsiya 2,0 mg/l dan 8,0 mg/l gacha oshirilganda samaradorlikning ortishi juda cheklangan bo'lib, tizimda tezda to'yinish holati yuzaga kelishini ko'rsatadi. Bu holat ushbu moddalarning mustaqil holda kuchli ingibirlovchi xususiyatga ega emasligini bildiradi. Suvning qattiqligi oshishi (6–9 mg/l dan 10–12 mg/l gacha) bilan barcha hollarda samaradorlikning pasayishi kuzatiladi. Bu esa eritmadagi Ca^{2+} va Mg^{2+} ionlari konsentratsiyasining ortishi natijasida cho'kma hosil bo'lish ehtimoli kuchayishini va ingibitorning faol markazlari yetarli bo'lmay qolishini ko'rsatadi. OEDF qo'shilgan kompozitsiyalarda esa mutlaqo boshqacha natijalar kuzatiladi. FDMS-I + OEDF tizimida samaradorlik 86–91% gacha oshib, ingibirlash jarayonida sezilarli sinergik effekt yuzaga kelgani aniqlanadi. Bu holat OEDF ning kuchli kompleks hosil qiluvchi xususiyati bilan FDMS komponentlarining dispersiyalovchi va adsorbsion xossalari bilan o'zaro uyg'unlashuvi bilan izohlanadi. Eng yuqori natijalar uch komponentli tizim — FDMS-I + FDMS-II + OEDF kompozitsiyasida kuzatilib, samaradorlik 90–98% gacha yetadi. Ayniqsa 2,0 + 2,0 + 2,0 mg/l konsentratsiyada maksimal 98% samaradorlikka erishilishi ushbu tizimning yuqori darajada samarali ekanligini ko'rsatadi. Bu holatda turli funksional guruhlarning birgalikdagi ta'siri natijasida: metall yuzasida barqaror himoya qatlami hosil bo'ladi, Ca^{2+} ionlari komplekslanadi,



kristallanish jarayoni keskin sekinlashadi. Etalon sifatida qo'llanilgan OEDF (4,0 mg/l) 90–93% samaradorlik ko'rsatgan bo'lsa, kompozitsion tizimlar ayniqsa uch komponentli tarkibda undan ham yuqori natijalarni namoyon qilgan. Shuningdek, OEDF ni FDMS bilan kombinatsiyalash orqali umumiy sarf miqdori kamayishi hisobiga ingibitor tizimining iqtisodiy samaradorligi oshib, xarajatlar taxminan 1,5–2,0 baravar kamayishi mumkin. Fenilendiamin asosida sulfometillash jarayonida mono- va dimetilensulfonat hosilalari hosil bo'lishi aniqlangan bo'lib, aynan shu funksional guruhlar kombinatsiyasi yuqori ingibirlovchi xususiyatni ta'minlaydi.

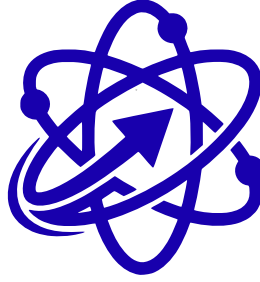
4. Xulosa

Ushbu tadqiqotda fenilendiamin asosida sulfometillanish reaksiyasi orqali yangi turdagi fenilendimetilensulfonat hosilalari muvaffaqiyatli sintez qilindi. Olingan birikmalarning kimyoviy tuzilishi CHNS va ICP-OES tahlil usullari yordamida tasdiqlandi. Element tahlil natijalari nazariy qiymatlar bilan umumiy moslikni ko'rsatib, birikmaning maqsadli tuzilishga ega ekanligini tasdiqlaydi. Gravimetrik usul yordamida olib borilgan tadqiqotlar natijasida sintez qilingan ingibitorlarning issiqlik almashinish tizimlarida mineral tuzlar cho'kishini samarali ravishda kamaytirishi aniqlandi. Xususan, 6,0 mg/L konsentratsiyada 93,6% gacha ingibirlash samaradorligiga erishildi, bu esa yuqori darajadagi himoya xususiyatlarini ko'rsatadi. Konsentratsiya oshishi bilan samaradorlikning to'yinish holatiga o'tishi kuzatildi, bu optimal dozaning mavjudligini tasdiqlaydi. Shuningdek, sintez qilingan birikmalarning OEDF bilan kombinatsiyalari sezilarli sinergik effekt namoyon qilib, umumiy samaradorlikni 90–98% gacha oshirdi. Bu holat kompleks hosil qilish, adsorbsiya va dispersiyalash mexanizmlarining o'zaro uyg'unlashuvi bilan izohlanadi.

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, fenilendiamin asosidagi sulfometillangan hosilalar neft va gaz sanoatidagi issiqlik almashinish tizimlarida qo'llash uchun istiqbolli, samarali va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq ingibitorlar hisoblanadi. Taklif etilgan kompozitsiyalar sanoat miqyosida qo'llash uchun yuqori potensialga ega bo'lib, mavjud ingibitor tizimlariga samarali alternativ sifatida qaralishi mumkin.

Adabiyotlar ro'yxati

- [1] Z. Amjad, R. W. Zuhl, and J. A. Thomas-Wohlever, "Performance of anionic polymers as precipitation ingibitors for calcium phosphonates: the influence of cationic polyelectrolytes," Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999, pp. 71–83.
- [2] M. M. Reddy and A. R. Hoch, "Calcite crystal growth rate inhibition by aquatic humic substances," in *Advanced on Crystal Growth Ingibitor Technologies*, Z. Amjad, Ed. New York, NY, USA: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999, pp. 107–121.
- [3] R. A. Lidin, V. A. Molochko, and L. L. Andreeva, *Ximicheskie svoistva neorganicheskikh soedinenii* [Chemical Properties of Inorganic Compounds]. Moscow, Russia: Nauka, 2000.
- [4] K. D. Demadis and P. Lykoudis, "Chemistry of organophosphonate scale growth ingibitors: 3. Physicochemical aspects of 2-phosphonobutane-1,2,4-tricarboxylate (PBTC) and its effect on CaCO₃ crystal growth," *Bioinorganic Chemistry and Applications*, no. 3-4, pp. 135–149, 2005.
- [5] S. S. Sharipov et al., "Electromagnetic radiator, device and method for inhibiting the formation of deposits and corrosion of downhole equipment," RU Patent 2570870, Dec. 10, 2015.
- [6] A. V. Isakov, "Aktivnaya zashita oborudovaniya ot soletlojeniy" [Active protection of equipment from scale deposition], *Inzhenernaya Praktika*, no. 2, pp. 10–11, 2014.
- [7] B. N. Driker, S. A. Tarasova, A. G. Tarantaev, and A. N. Obozhin, "Low molecular weight polymers as ingibitors of scale deposition and corrosion," *Energoberejenie i Vodopodgotovka*, no. 6, pp. 12–15, 2010.
- [8] D. Yusupov, Kh. I. Kadirov, R. S. Tapilov, and S. M. Turabdjano, "Development and investigation of properties of new mineral salt deposition ingibitors," *Uzbekistan Journal of Oil and Gas*, no. 3, pp. 26–27, 2001.
- [9] G. D. Rakhmatullaeva, "Synthesis and development of technology for new complexones and their application," Ph.D. dissertation, Tashkent Chemical-Technological Institute, Tashkent, Uzbekistan, 2000.
- [10] Kh. I. Kadirov, D. Yusupov, T. M. Mirkamilov, and S. M. Turabdjano, "Anomalous phenomena in water supply and methods of their prevention," in *Proc. Problems of Drinking Water Supply and Ecology*, Tashkent, Uzbekistan: Universitet, 2002, pp. 131–142.



JOURNAL OF FUTURE

Volume 2, Issue 1, 2026

Musahhih: Eldor Mashayev
Sahifalovchi va dizayner: O'tkirbek Azamatov

© Materiallardan foydalanish yoki ularni qayta chop etishda "Journal of Future" jurnali manba sifatida majburiy tarzda ko'rsatilishi lozim. Jurnalda e'lon qilingan maqolalar hamda reklama materiallarida keltirilgan dalil va ma'lumotlarning ishonchliligi uchun mualliflar shaxsan mas'uldirlar. Tahririyatning nuqtayi nazari har doim ham mualliflar fikri bilan mos kelmasligi mumkin. Tahririyatga taqdim etilgan materiallar qaytarilmaydi.

Muassis: "Uranium Publishing" MChJ
Tahririyat manzili: 100058, Tashkent shahri, Yunusobod tumani, Adolat MFY, 4-mavze, №28/1-uy

Tel: +998997299997
Web sayt: www.future-journal.uz
Elektron manzil: future.journal.official@gmail.com

© Journal of Future

© Authors

