

SİS-9 OKTADEKAN VƏ TRİDEKAN TURŞULARININ TRİETANOLAMİN LƏ ƏMƏLƏ GƏTİRDİKLƏRİ KOMPLEKS DUZLARIN BAKTERİSİD XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

Asya Fərhad qızı Şahverdiyeva^{1,2}

¹Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Bakı, Azərbaycan

²Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan

STUDY OF THE BACTERICIDAL PROPERTIES OF COMPLEX SALTS DERIVED FROM CIS-9-OCTADECENOIC AND TRIDECANOIC ACIDS AND TRIETHANOLAMINE

Asya Farhad Shahverdiyeva^{1,2}

¹Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

²Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

sahverdiyeva.asya@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4984-3207>

Abstract. Corrosion is one of the major challenges facing the oil and gas industry, petrochemical enterprises, and many other industrial sectors, causing significant economic losses and environmental concerns. Microbiologically influenced corrosion, particularly that induced by sulfate-reducing bacteria, accelerates the degradation of metallic equipment and infrastructure. Therefore, the development of environmentally friendly and multifunctional corrosion inhibitors with high efficiency remains an important scientific and practical objective. In the present study, the bactericidal properties of quaternary ammonium salts synthesized through the interaction of cis-9-octadecenoic acid and tridecanoic acid with triethanolamine were investigated. The bactericidal activity of the synthesized compounds was evaluated using solutions of different concentrations in order to determine the relationship between concentration and antimicrobial effectiveness. The sulfate-reducing bacterium *Desulfovibrio desulfuricans* strain 1143, isolated from the Absheron–Binagadi oil field, was selected as the test microorganism. Experimental results demonstrated that the investigated compounds significantly inhibited bacterial growth and that their bactericidal activity increased with increasing concentration. The findings indicate that the synthesized quaternary ammonium salts possess promising antimicrobial properties and may be considered potential multifunctional agents for simultaneous corrosion protection and microbial control in petroleum industry applications.

Keywords: corrosion, bactericidal activity, triethanolamine, carboxylic acids, sulfate-reducing bacteria.

© 2026 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

1. GİRİŞ

Metalların korroziyası müasir sənayenin, xüsusilə neft-qaz və neft-kimya sektorunun qarşılaşdığı ən mühüm elmi-texniki problemlərdən biridir. Korroziya nəticəsində avadanlıqların istismar müddəti azalır, texnoloji proseslərin etibarlılığı zəifləyir, təmir və yenidənqurma xərcləri artır, həmçinin ətraf mühit üçün potensial təhlükələr yaranır. Dünyada hər il korroziya ilə bağlı iqtisadi itkilərin milyardlarla dollar həcmində olduğu qeyd edilir ki, bu da problemin qlobal xarakter daşdığını göstərir.

Neft hasilatı, nəqli və emalı proseslərində korroziyanın inkişafına təsir göstərən amillər sırasında mikrobioloji korroziya xüsusi yer tutur [1, 2]. Mikroorqanizmlərin fəaliyyəti nəticəsində yaranan korroziya prosesləri ənənəvi elektrokimyəvi korroziya ilə müqayisədə daha intensiv xarakter daşıyır və metal konstruksiyaların lokal zədələnməsinə səbəb olur. Bu baxımdan sulfat reduksiyaedici bakteriyalar, xüsusilə *Desulfovibrio desulfuricans* növü mikrobioloji korroziyanın əsas törədicilərindən biri hesab edilir. Həmin bakteriyalar həyat fəaliyyəti nəticəsində hidrogen-sulfid və digər aqressiv metabolitlər əmələ gətirərək metal səthlərində korroziya proseslərini sürətləndirirlər [3, 4].

Son illərdə həm korroziya inhibitoru, həm də bakterisid təsirə malik çoxfunksiyalı reagentlərin yaradılması istiqamətində geniş tədqiqatlar aparılır [4, 5]. Belə birləşmələr arasında dördlü ammonium duzları xüsusi maraq doğurur. Onların yüksək səthi aktivliyi, metal səthlərində adsorbsiya olunaraq qoruyucu təbəqə yaratmaq qabiliyyəti və geniş spektrli antimikrob təsiri bu sinif birləşmələrin neft sənayesində tətbiq perspektivlərini artırır.

Ədəbiyyat məlumatlarının təhlili göstərir ki, müxtəlif aminlər və ali karbon turşuları əsasında alınan dördlü ammonium birləşmələrinin korroziyadan mühafizə xüsusiyyətləri kifayət qədər

öyrənilmişdir [3–6]. Bununla belə, sis-9-oktadekan və tridekan turşularının trietanolaminlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində əmələ gələn dördlü ammonium duzlarının bakterisid aktivliyi, xüsusilə sulfatreduksiyaedici bakteriyalara qarşı təsiri haqqında məlumatlar məhduddur. Bu sahədə mövcud elmi boşluq həmin birləşmələrin hərtərəfli tədqiqini zəruri edir.

Bu baxımdan sis-9-oktadekan və tridekan turşuları əsasında sintez edilmiş dördlü ammonium duzlarının bakterisid xassələrinin öyrənilməsi, onların mikrobioloji korroziyanın qarşısının alınmasında tətbiq imkanlarının qiymətləndirilməsi həm nəzəri, həm də praktiki baxımdan mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

2. TƏDQIQATIN MƏQSƏDİ VƏ MƏSƏLƏLƏRİN QOYULUŞU

Tədqiqat işinin məqsədi sis-9-oktadekan və tridekan turşularının trietanolaminlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində alınmış dördlü ammonium duzlarının bakterisid xassələrinin öyrənilməsi, onların sulfatreduksiyaedici bakteriyalara qarşı təsir effektivliyinin qiymətləndirilməsi və neft sənayesində çoxfunksiyalı reagent kimi tətbiq perspektivlərinin müəyyən edilməsindən ibarətdir.

Qarşıya qoyulmuş məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı elmi vəzifələr müəyyən edilmişdir:

- sis-9-oktadekan və tridekan turşuları əsasında trietanolaminlə dördlü ammonium duzlarının sintez edilməsi;
- sintez edilmiş birləşmələrin müxtəlif qatılıqlı məhlullarının hazırlanması və onların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsi;
- tədqiqat obyektini kimi seçilmiş *Desulfovibrio desulfuricans* 1143 ştamminin laboratoriya şəraitində becərilməsi və identifikasiyası;
- alınmış birləşmələrin müxtəlif qatılıqlarda bakterisid aktivliyinin eksperimental olaraq müəyyən edilməsi;
- bakterisid təsirin qatılıqdan asılılığının öyrənilməsi və effektiv qatılıq diapazonunun müəyyənləşdirilməsi;
- əldə edilmiş nəticələrin müqayisəli təhlilinin aparılması və tədqiq olunan birləşmələrin antimikrob təsir mexanizminin qiymətləndirilməsi;
- sintez edilmiş dördlü ammonium duzlarının mikrobioloji korroziyaya qarşı mübarizədə və korroziya inhibitoru kimi tətbiq perspektivlərinin əsaslandırılması.

Tədqiqatın elmi yeniliyi sis-9-oktadekan və tridekan turşularının trietanolamin əsasında alınmış yeni ammonium tərkibli birləşmələrinin sulfatreduksiyaedici bakteriyalara qarşı bakterisid aktivliyinin sistemli şəkildə öyrənilməsindən ibarətdir. İşin praktiki əhəmiyyəti isə neft hasilatı və nəqli sistemlərində mikrobioloji korroziyanın qarşısının alınması üçün yüksək effektivliyə malik, ekoloji cəhətdən daha təhlükəsiz və iqtisadi baxımdan səmərəli çoxfunksiyalı reagentlərin yaradılması imkanları ilə bağlıdır.

3. MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİ ÜSULLARI VƏ TƏDQIQATIN APROBASİYASI

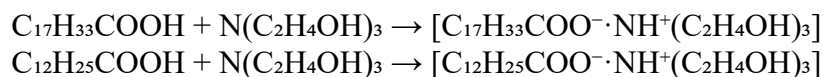
Tədqiqat işində sis-9-oktadekan və tridekan turşuları əsasında trietanolaminlə (TEA) qarşılıqlı təsir nəticəsində əmələ gələn ammonium tərkibli kompleks duzların sintezi, onların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi, səthi-aktivlik göstəricilərinin müəyyən edilməsi və bakterisid təsir potensialının qiymətləndirilməsi həyata keçirilmişdir.

Tədqiqat obyektini kimi uzun karbon zəncirinə malik birəsaslı doymuş karbon turşuları seçilmişdir. Tridekan turşusu ($C_{12}H_{25}COOH$) molyar kütləsi 214.4 q/mol olan doymuş alifatik birəsaslı karbon turşu olub, 41–42°C ərimə temperaturuna malikdir. Sis-9-oktadekan turşu ($C_{17}H_{33}COOH$) isə doymamış yağ turşusu olmaqla molyar kütləsi 282.5 q/mol, ərimə temperaturu 16.3°C və qaynama temperaturu 360°C-dir. Reaksiyalarda amin komponenti kimi molyar kütləsi 149.19 q/mol olan trietanolamindən (TEA) istifadə edilmişdir. Trietanolamin yüksək reaksiya qabiliyyətinə malik olmaqla yanaşı, korroziya inhibitorlarının və səthi-aktiv maddələrin sintezində geniş tətbiq olunur.

Kompleks duzların sintezi laboratoriya şəraitində ali karbon turşuları olan sis-9-oktadekan və tridekan turşuları ilə trietanolaminin ekvimolyar (1:1) nisbətdə qarşılıqlı təsiri əsasında həyata

keçirilmişdir. Sis-9-oktadekenoik turşunun trietanolaminlə reaksiyası 25–30°C temperaturda, intensiv qarışdırılmaqla 3–4 saat müddətində aparılmışdır. Tridekan turşusunun trietanolaminlə qarşılıqlı təsiri isə turşunun daha yüksək ərimə temperaturu nəzərə alınaraq 45°C temperaturda eyni müddətdə həyata keçirilmişdir. Reaksiya nəticəsində protonun turşudan aminə keçməsi hesabına ammonium-karboksilat tipli komplekslər əmələ gəlmişdir.

Reaksiyaların ümumi sxemi aşağıdakı kimidir:



Hesablamalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, tridekan turşusu və sis-9-oktadekan turşunun trietanolaminlə əmələ gətirdiyi kompleks duzların nisbi molekül kütlələri müvafiq olaraq 363.6 q/mol və 431.7 q/mol təşkil edir. Bu dördlü ammonium duzlarının nəzəri element tərkibi molekulyar formullar əsasında hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, tridekan turşusu əsasında alınmış kompleks duzda karbon, hidrogen, oksigen və azotun kütlə payları müvafiq olaraq 62.7%; 11.3%; 22.1% və 3.9%, sis-9-oktadekan turşu əsasında alınmış kompleks duzda isə 66.7%; 11.4%; 18.6% və 3.3% təşkil edir. Müqayisəli təhlil göstərmişdir ki, karbon zəncirinin uzunluğunun artması kompleks duzda karbonun xüsusi payının yüksəlməsinə və onun hidrofob xüsusiyyətlərinin güclənməsinə səbəb olur.

Sintez edilmiş birləşmələrin səthi-aktiv xassələri Du Nüi halqası metodu ilə KSV Sigma 702 markalı tensiometr vasitəsilə tədqiq edilmişdir. Ölçmələr su–hava sərhədində 21°C temperaturda müxtəlif qatılıqlı məhlullardan istifadə etməklə aparılmışdır. Tədqiqat nəticələri göstərmişdir ki, hər iki birləşmə yüksək səthi-aktivlik nümayiş etdirərək suyun səthi gərilməsini 71.98 mN/m-dən müvafiq olaraq 24 və 23 mN/m qiymətlərinə qədər azaldır. Bu göstəricilər sintez edilmiş maddələrin effektiv adsorbsiya qabiliyyətinə malik olduğunu və fazalararası sərhəddə dayanıqlı qoruyucu təbəqə yaratmaq potensialını təsdiq edir.

Aparılmış müqayisəli analiz göstərmişdir ki, sis-9-oktadekan turşunun TEA əsasında alınmış kompleks duzu daha yüksək səthi-aktivlik nümayiş etdirir. Bu hal molekulda daha uzun hidrofob karbon zəncirinin mövcudluğu ilə izah olunur. Karbon zəncirinin uzunluğunun artması molekulların fazalararası sərhəddə daha sıx adsorbsiyasına səbəb olur ki, bu da səthi gərilmənin daha effektiv azalması ilə nəticələnir.

Tədqiqatın aprobeşiyası məqsədilə sintez edilmiş kompleks duzların müxtəlif qatılıqlı məhlulları sulfatreduksiyaedici bakteriyalar üzərində sınaqdan keçirilmiş və onların bakterisid aktivliyinin qiymətləndirilməsi aparılmışdır. Eksperimental nəticələr göstərmişdir ki, tədqiq olunan birləşmələr mikroorqanizmlərin inkişafını effektiv şəkildə zəiflədir və qatılığın artması ilə bakterisid təsir güclənir. Alınmış nəticələr göstərir ki, sis-9-oktadekan və tridekan turşularının TEA əsasında sintez edilmiş dördlü ammonium duzları yalnız səthi-aktiv maddə kimi deyil, həm də mikrobioloji korroziyanın qarşısının alınmasında tətbiq imkanlarını qiymətləndirmək olduğundan, onların molekulyar quruluşu ilə funksional xüsusiyyətləri arasındakı əlaqələrin müəyyənləşdirilməsinə xüsusi diqqət yetirilmişdir.

4. ALINAN NƏTİCƏLƏRİN TƏDQIQI VƏ MÜZAKİRƏSİ

Sis-9-oktadekan və tridekan turşularının trietanolaminlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində sintez edilmiş ammonium-karboksilat tipli kompleks duzların fiziki-kimyəvi və funksional xüsusiyyətlərinin tədqiqi göstərmişdir ki, alınan birləşmələr yüksək səthi-aktivlik və perspektivli bakterisid xassələrə malikdirlər. Tədqiqatın əsas məqsədi bu birləşmələrin neft sənayesində mikrobioloji korroziyanın qarşısının alınmasında tətbiq imkanlarını qiymətləndirmək olduğundan, onların molekulyar quruluşu ilə funksional xüsusiyyətləri arasındakı əlaqələrin müəyyənləşdirilməsinə xüsusi diqqət yetirilmişdir.

Hesablama üsulu ilə müəyyən edilmiş element tərkibinin müqayisəli təhlili göstərmişdir ki, sis-9-oktadekan turşusu və TEA əsasında alınmış kompleks duzda karbonun kütlə payı (66.7%) tridekan

turşusu və TEA əsasında alınmış kompleks duzla müqayisədə (62.7%) daha yüksəkdir. Bu fərq ilk növbədə sis-9-oktadekan turşunun daha uzun karbon zəncirinə malik olması ilə əlaqədardır. Uzun hidrofob zəncir molekulun səthi aktivlik xüsusiyyətlərini gücləndirərək fazalararası sərhəddə daha sıx adsorbsiya olunmasına şərait yaradır. Nəticədə molekulların su–hava sərhədində oriyentasiyası yaxşılaşır və səthi gərilmənin azalması daha effektiv şəkildə baş verir.

Həllolma qabiliyyətinin sistemli tədqiqi göstərmişdir ki, sis-9-oktadekan və tridekan turşularının trietanolamin (TEA) əsasında sintez edilmiş dördlü ammonium duzları etil spirti və izopropil spirtində yüksək həllolma nümayiş etdirir. Bu müşahidə onların orta polyar həlledicilərlə effektiv qarşılıqlı təsirə girməsi və homogen məhlullar əmələ gətirməsi ilə izah olunur.

Molekulyar quruluş baxımından bu birləşmələrdə hidrofilyar (ammonium-karboksilat ion cütü) və hidrofob (uzun alkil zənciri) fraqmentlərin birgə mövcudluğu onların amfifil xarakter daşmasına səbəb olur. Nəticədə, spirt tipli həlledicilərdə həm ion-dipol qarşılıqlı təsirləri, həm də Van-der-Vaals tipli molekulyar qarşılıqlı təsirlər güclənir ki, bu da yüksək həllolma qabiliyyətini təmin edir.

Müəyyən edilmiş bu xüsusiyyət sintez olunmuş birləşmələrin texnoloji baxımdan tətbiq imkanlarını genişləndirir. Xüsusilə onların spirt mühitində stabil məhlullar əmələ gətirməsi neft-kimya sistemlərində, korroziya inhibitor tərkiblərinin hazırlanmasında və səthi-aktiv kompozisiyaların formulasiya proseslərində homogen dispers sistemlərin əldə olunmasını asanlaşdırır. Bu isə reagentlərin metal səthlərdə bərabər paylanmasını və funksional təsirin effektivliyini artıran mühüm amil kimi çıxış edir.

Xüsusilə sis-9-oktadekan turşusu və TEA əsasında alınmış kompleks duzun aşağı qatılıqlarda su ilə kolloid sistem əmələ gətirməsi onun dispersləşdirici və emulqator xüsusiyyətlərə malik olduğunu göstərir. Belə xüsusiyyətlər neft-mədən sistemlərində reagentlərin bərabər paylanması və metal səthlərində effektiv qoruyucu təbəqənin formalaşması üçün vacib amillərdəndir.

Səthi aktivlik göstəricilərinin təhlili zamanı müəyyən edilmişdir ki, hər iki kompleks duzun suyun səthi gərilməsinə əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. İlkin səthi gərilmə qiyməti olan 71.98 mN/m-dən tridekan turşusu və TEA əsasında alınmış kompleks duz üçün 24 mN/m-ə, sis-9-oktadekan turşusu və TEA əsasında alınmış kompleks duz üçün isə 23 mN/m-ə qədər azalma müşahidə edilmişdir. Bu nəticələr sintez edilmiş maddələrin yüksək səthi-aktiv reagentlər sinfinə aid olduğunu göstərir. Əldə olunan göstəricilər bir çox sənaye səthi-aktiv maddələrinin parametrləri ilə müqayisə oluna biləcək səviyyədədir.

Sis-9-oktadekan və tridekan turşuları və TEA əsasında alınan kompleks duzların səthi aktivliyinin müqayisəsi göstərmişdir ki, karbon zəncirinin uzunluğunun artması və molekulda hidrofob hissənin üstünlük təşkil etməsi səthi gərilmənin daha effektiv azalmasına səbəb olur. Bu qanunauyğunluq səthi-aktiv maddələrin adsorbsiya nəzəriyyəsi ilə uyğunluq təşkil edir və alınmış nəticələrin nəzəri əsaslandırılmasını təmin edir.

Bakterisid təsirin qiymətləndirilməsi zamanı müəyyən edilmişdir ki, hər iki kompleks duz sulfatreduksiyaedici bakteriyalara qarşı nəzərəçarpacaq aktivlik nümayiş etdirir. Tədqiq olunan məhlulların qatılığı artdıqca bakterial hüceyrələrin inkişaf intensivliyi azalır və bakterisid təsir güclənir. Bu hadisə ammonium qrupu daşıyan birləşmələrin bakteriya hüceyrə membranları ilə elektrostatik qarşılıqlı təsiri nəticəsində membranın keçiriciliyinin pozulması və hüceyrədaxili metabolik proseslərin zəifləməsi ilə izah edilə bilər.

Müəyyən edilmişdir ki, sis-9-oktadekan turşusu və TEA əsasında alınmış kompleks duz daha yüksək bakterisid aktivlik nümayiş etdirir. Bu hal onun daha yüksək hidrofobluğa malik olması və bakterial membranlarla daha effektiv qarşılıqlı təsir göstərməsi ilə əlaqələndirilə bilər. Məlumdur ki, uzun karbon zəncirli ammonium tərkibli birləşmələr mikroorqanizmlərin lipid təbəqəsinə daha asan daxil olaraq onların struktur bütövlüyünü pozur və nəticədə hüceyrənin məhvində səbəb olur.

Beləliklə, aparılmış tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, sintez edilmiş kompleks duzlar həm yüksək səthi-aktivlik, həm də bakterisid təsir nümayiş etdirir. Bu isə onların mikrobioloji korroziyanın qarşısının alınması üçün çoxfunksiyalı reagentlər kimi istifadəsinə əsas yaradır (cədvəl).

Tridekan və sis-9 oktadekan turşularının TEA ilə əmələ gətirdikləri dördlü ammonium duzlarının müxəlif qatılıqlı məhlullarının qatılıqdan asılı olaraq bakterisid effektinin nəticələri

Komplekslərin şərti adı və tərkibi	Maddənin qatılığı, C-mq/l	Bakteriyaların sayı (hüceyrə sayı/ml)	H ₂ S miqdarı, mq/l	Bakterisid effekti, Z-%
Tridekan turşusu+TEA	100	106	212.5	38
	150	103	93.5	73
	250	–	–	100
Sis -9 oktadekan turşusu+TEA	100	–	–	100
	150	–	–	100
	250	–	–	100
Nəzarət-I SRB-siz mühitdə H ₂ S-in miqdarı	24 mq/l			
Nəzarət-II SRB-li mühitdə H ₂ S-in miqdarı	340 mq/l			
Nəzarət-III-Qidalı mühitdə bakteriyaların sayı	108 hüceyrə sayı/ml			

5. NƏTİCƏLƏR

Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində sis-9-oktadekan və tridekan turşularının trietanolaminlə qarşılıqlı təsiri əsasında yeni kompleks duzlar sintez edilmiş və onların fiziki-kimyəvi, səthi-aktiv və bakterisid xüsusiyyətləri öyrənilmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, sintez edilmiş kompleks duzların molekulyar quruluşu onların funksional xüsusiyyətlərinə əhəmiyyətli təsir göstərir. Sis-9-oktadekan turşusu və TEA əsasında alınmış kompleks duzda karbonun kütlə payının daha yüksək olması onun hidrofobluğunu artırmış və nəticədə daha yüksək səthi-aktivlik nümayiş etdirməsinə səbəb olmuşdur.

Səthi gərilmənin ölçülməsi göstərmişdir ki, hər iki kompleks duzlarda su–hava sərhədində yüksək adsorbsiya qabiliyyətinə malikdir və suyun səthi gərilməsini 71.98 mN/m-dən 23–24 mN/m diapazonuna qədər azaldır. Bu göstəricilər onların effektiv səthi-aktiv maddələr (SAM) olduğunu təsdiq edir.

Bakterioloji sınaqlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, sis-9-oktadekan və tridekan turşularının TEA sintez edilmiş kompleks duzları *Desulfovibrio desulfuricans* 1143 ştammina qarşı yüksək bakterisid aktivlik nümayiş etdirir. Bakterisid təsirin qatılıqdan asılı olaraq artması müəyyən edilmiş və daha yüksək qatılıqlarda mikroorqanizmlərin inkişafının əhəmiyyətli dərəcədə zəiflədiyini müşahidə olunmuşdur.

Müqayisəli təhlil göstərmişdir ki, sis-9-oktadekan turşusu və TEA əsasında alınmış kompleks duz həm səthi-aktivlik, həm də bakterisid təsir baxımından tridekan turşusu və TEA əsasında alınmış kompleks duzdan daha yüksək effektivliyə malikdir. Bu üstünlük onun molekulunda daha uzun hidrofob karbon zəncirinin olması ilə izah olunur.

Əldə edilmiş nəticələr göstərir ki, tədqiq olunan dördlü ammonium duzları mikrobioloji korroziyaya qarşı mübarizədə, neft-mədən avadanlıqlarının mühafizəsində və sulfatreduksiyaedici bakteriyaların inkişafının qarşısının alınmasında perspektivli çoxfunksiyalı reagentlər kimi istifadə oluna bilər. Gələcək tədqiqatlarda bu birləşmələrin korroziyadan mühafizə effektivliyinin real istismar şəraitində öyrənilməsi və onların təsir mexanizminin dərinləşdirilmiş şəkildə araşdırılması məqsəduyğun hesab edilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Hernández Gayosso M.J., Nava N., Zavala Olivares G. Characterisation and comparison of corrosion products originated in steel pipelines transporting sour gas and crude oil. *The International Journal of Corrosion Processes and Corrosion Control*, 2016, Vol. 51, No. 8, p. 626–634.
2. Alagta A., Felhosi I., Bertoti I., Kalman E. Corrosion protection properties of hydroxamic acid self-assembled monolayer on carbon steel. *Corrosion Science*, 2008, Vol. 50, p. 1644–1649.
3. Эфендиева Л.М., Агамалиева Д.Б., Рустамли Г.Ю., Бабанлы Н.Н., Насибова Г.Г., Ахмедбекова С.Ф., Аббасов В.М. Исследование бактерицид-ингибиторных свойств аминоэфиров, полученных на основе синтетических нефтяных кислот. *Нефтепереработка и нефтехимия*, 2020, № 8, с. 13–16.
4. Agamaliyeva D.B., Abbasov M.M., Abbasov V.M., Aliyeva Kh.Kh. Synthesis of alkylamine complexes derived from maleic acids and study of bactericidal properties. *Journal of Anticorrosion Protection Practice*, 2022, Vol. 27, No. 1, p. 42–48.
5. Anandkumar B., George R.P., Maruthamuthu S., Parvathavarthini N., Mudali U.K. Corrosion characteristics of sulfate-reducing bacteria (SRB) and the role of molecular biology in SRB studies: an overview. *Corrosion Reviews*, 2016, Vol. 34, p. 41–63.
6. Quraishi M.A., Danish Jamal. Fatty Acid Triazoles: Novel Corrosion Inhibitors for Oil Well Steel (N-80) and Mild Steel. *JAOCs*, 2000, Vol. 77, No. 10, p. 1107–1113.

Accepted: 19.05.2026