

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**HİDROKSİL QRUP SAXLAYAN ALİ ALİFATİK AMİNLƏR
VƏ ALKİLHALOGENİDLƏR ƏSASINDA SƏTHİ-AKTİV
MADDƏLƏRİN SİNTEZİ VƏ TƏDQIQI**

İxtisas: 2314.01 – Neft kimyası

Elm sahəsi: Kimya

İddiaçı: **Seyid Zeynəb Fətdax qızı Həşimzadə**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2021

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akademik Y.H. Məmmədaliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunda "Səthi-aktiv reagentlər və preparatlar" laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: kimya elmləri doktoru, dosent
Rəvan Abdullətif oğlu Rəhimov

Rəsmi opponetlər: kimya elmləri doktoru, professor
Qasım Zülfəli oğlu Hüseynov
kimya elmləri doktoru, professor
Sevinc Əbdülhəmid qızı Məmmədخانova
kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Nazilə Feyruz qızı Sədiyeva

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.16 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:



kimya elmləri doktoru, akademik
Vaqif Məcid oğlu Fərzəliyev

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

kimya elmləri doktoru, dosent
Lalə Məhəmməd qızı Əfəndiyeva

Elmi seminarın sədri:

kimya elmləri doktoru, dosent
Füzuli Əkbər oğlu Nəsirov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Son dövrlərdə səthi-aktiv maddələrin (SAM) tətbiq sahələri getdikcə genişlənməkdədir. SAM-ların xassələri hidrofily və hidrofob qrupların təbiətindən asılı olduğu üçün onların quruluşunu dəyişməklə xassələrini məqsədyönlü tərəfə çevirmək olur^{1,2}. Adi SAM-larda bir hidrofily, bir hidrofob qrupu olduğu halda, gemini SAM-larda iki hidrofily və iki hidrofob qrupu olur və onlar bir-birinə funksional qrupla birləşmiş olur. Belə SAM-lar dünya ədəbiyyatında gemini SAM-lar adlandırılırlar.

Gemini SAM-lar monoalkil zəncirli SAM-larla müqayisədə daha üstün xüsusiyyətlərlə səciyyələnir. Belə ki, onlar müvafiq monoalkil zəncirli SAM-lara nisbətən daha az kritik misellaəmələgəlmə qatılığına (KMQ) malik olurlar; suyun səthi gərilməni azaltmaq üçün müvafiq monomer SAM-lardan daha səmərəlidirlər; bəzi qısa zəncirli gemini SAM-ların sulu məhlulları hətta aşağı qatılıqlarda yüksək özlülük xassələrinə, aşağı Krafft nöqtəsinə (və ya temperatur, daha yaxşı həllolma), köpük əmələgətirmə və emulsiya əmələgətirmə qabiliyyətinə malikdirlər.

Bəzi gemini SAM-ların monozəncirli adi SAM-larla istehsal xərci eynidir, bu da onların sənaye və kənd təsərrüfatında geniş istifadəsinə imkan verir. Ədəbiyyatda əsasən gemini SAM-ların bioloji əhəmiyyəti vurğulanır. Onlardan bəziləri antimikrob və aşağı kritik misellaəmələgəlmə xüsusiyyətlərinə görə dəri ilə təmasa uygundur və ekoloji cəhətdən təhlükəsizdir.

Bu baxımdan tədqiq edilmiş dissertasiya işi aktual mövzuya - hidrofily hissədə izopropilol qruplar saxlayan yeni sinif gemini SAM-ların səmərəli yollarla sintezi və tədqiqinə həsr edilmişdir.

¹ Asadov, Z.H. Surface activity, adsorption, and micellization parameters of ammonium surfactants containing a hydroxyethyl and hydroxypropyl head group / Z.H. Asadov, G.A. Ahmadova, R.A. Rahimov // Journal of Chemical and Engineering Data, -2017. Vol. 62(10), - p. 3297-3305.

² Asadov, Z.H. Synthesis and Characteristics of Dodecyl Isopropylolamine and Derived Surfactants / Z.H. Asadov, R.A. Rahimov, G.A. Ahmadova // Journal of Surfactant and Detergent, -2016. Vol. 19, -p. 145-153.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqatın əsas obyektı etilendiaminin (EDA) propilen oksidi (PO) ilə oksipropilləşdirilməsindən alınan aminospirtin alkilhalogenidlərlə qarşılıqlı təsirindən və alkilaminlərin PO ilə oksipropilləşdirilməsindən alınan aminospirtlərin dibromalkanlarla qarşılıqlı təsirindən kation-aktiv gemini SAM-ların sintezidir. Tədqiqat işinin predmeti isə alkil zəncirinin, speyser qrupunun və hidrofıl hissədə izopropilol qruplarının sayına görə fərqlənən gemini kation-aktiv SAM-ların neftiyyəmə, neftdispersləmə, bakterisid və antimikrob xassələrinin öyrənilməsidir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Alkilhalogenidlər (C₇-C₁₀, C₁₂, C₁₄), alifatik diaminlər (EDA və heksametilendiamin(HMDA)) və PO əsasında, həmçinin dihalogenidalkanlar (dibrometan, dibrompropan, dibrombutan, dibrompentan), alifatik aminlər (C₈, C₉, C₁₂, C₁₆, C₁₈) və PO əsasında müxtəlif uzunluqlu alkil zəncirinə malik, speyser zəncirinin uzunluqları fərqli olan, polyar qrupda mono- və diizopropilol fraqmentləri saxlayan gemini kation-aktiv SAM-ların sintezi, onların kolloid-kimyəvi parametrlərinin təyini və SAM-ların quruluşundan asılı olaraq quruluş-xassə asılılıqlarının öyrənilməsi ilə daha effektiv neftiyyəci və antimikrob xassəli SAM-ların müəyyən edilməsidir.

Tədqiqat metodları. Aparılmış tədqiqat işində laboratoriya şəraitində yeni gemini SAM-ların sintezi, onların konduktometrik və tenziometrik üsullarla analizi, infraqırmızı (İQ) və nüvə-maqnit rezonansı (NMR) spektroskopiyaya üsulları ilə quruluşunun təsdiqi, işığın dinamik səpələnmə (DLS) üsulu ilə aqreqatların diametrinin ölçülməsi, sulfat reduksiyaedici bakteriyalara (SRB) qarşı bakterisidlik, disk-diffuziya üsulu ilə antimikrob xassələri, neftiyyəmə və neftdispersləmə xassələri öyrənilmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar.

- EDA və HMDA-nın PO ilə 1:2 və 1:4 mol nisbətlərində qarşılıqlı təsiri ilə alınmış hidrosil qrupu saxlayan diaminlərin nonil-, dodesil- və tetradesilbromidlə reaksiyaları ilə müvafiq gemini kation-aktiv SAM-lar sintez olunmuş, onların sulu məhlullarının hava sərhəddə müxtəlif (10°C, 20°C, 30°C və 40°C) temperaturlarda səthi aktivlikləri, xüsusi elektrik keçiricilikləri öyrənilmiş və kolloid-

kimyəvi parametrləri (kritik misella əmələgəlmə qatılığı (KMQ), kritik premiselyar qatılıq (KPMQ), maksimal adsorbsiya (Γ_{maks}), polyar qrupun en kəsiyi üzrə tutduğu minimal səthin sahəsi (A_{min}), adsorbsiya səmərəliliyi (pC_{20}), səth təzyiqi (π), əks-ionun əlaqələnmə dərəcəsi (β)) hesablanmışdır;

- oktilamin (OA), nonilamin (NA), dodesilamin (DDA), heksadesilamin (HDA) və oktadesilaminin (ODA) PO ilə 1:1 və 1:2 mol nisbətlərində qarşılıqlı təsiri ilə alınmış izopropilolalkilaminlərin dibrompentan ilə reaksiyası əsasında gemini SAM-lar sintez edilmişdir. Gemini SAM-ların xüsusi elektrik keçiricilik qiymətləri, sulu məhlullarının su-hava sərhəddində səthi aktivlik göstəriciləri və DLS üsulu ilə aqreqatlarının diametri təyin olunmuşdur;

- DDA və PO-nun 1:1 və 1:2 mol nisbətlərində qarşılıqlı təsiri zamanı alınmış hidrosil qrupu saxlayan aminlərin 1,2-dibrometan, 1,3-dibrompropan, 1,4-dibrombutan və 1,5-dibrompentan ilə reaksiyası əsasında speyser zəncirinin uzunluğu müxtəlif olan gemini kation-aktiv SAM-lar sintez edilmiş, SAM-ların sulu məhlullarının səthi aktivlikləri və xüsusi elektrik keçiricilikləri əsasında hesablanmış kolloid kimyəvi parametrlərinin speyser zəncirinin uzunluğundan asılılığı müəyyən edilmişdir;

- EDA-nın PO ilə 1:2 və 1:4 mol nisbətlərində qarşılıqlı təsiri ilə alınmış hidrosil qrupu saxlayan diaminlərin heptil-, oktil-, nonil- və desilyodidlə reaksiyası ilə yeni kation-aktiv gemini SAM-lar sintez edilmiş və SAM-ların səthi aktivlik göstəriciləri təyin olunmuşdur;

- sintez edilmiş gemini SAM-ların neftiyyəmə, neftdispersləmə və bakterisid xassələri aşkar edilmişdir.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. İşdə ilk dəfə:

- alkilbromidlərin (C_9 , C_{12} , C_{14}) və alkilyodidlərin (C_7 - C_{10}) oksiprolləşmiş EDA ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində gemini kation-aktiv SAM-lar sintez edilmişdir;

- dibrompentanın izopropilol- və diizopropilolalkilaminlərlə (C_8 , C_9 , C_{12} , C_{16} , C_{18}) qarşılıqlı təsiri ilə gemini SAM-lar sintez edilmişdir;

- dibromalkanların (dibrometan, dibrompropan, dibrombutan, dibrompentan) dodesilizopropil- və dodesildiizopropilaminlə qarşılıqlı təsiri ilə gemini kation-aktiv SAM-lar sintez edilmişdir;

-HMDA-nın PO ilə oksiprolləşdirilməsi nəticəsində müvafiq

aminospirtlər alınmışdır;

- HMDA əsasında alınmış aminospirtlərin alkilbromidlərlə (C₉, C₁₀, C₁₂, C₁₄) qarşılıqlı təsirindən gemini SAM-lar sintez edilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Gemini kation-aktiv SAM-ların sintezi və tədqiqi monoalkil quruluşlu SAM-lardan daha əhəmiyyətlidir. Gemini SAM-lardan yuyucu və təmizləyici reagentlər sənayesində, yeyinti sənayesində, tibbdə, kosmetologiyada, metalların korroziyadan mühafizəsində, katalizdə və əsasən neft sənayesində tullantıların təmizlənməsində və s. sahələrdə geniş tətbiq edilir. Sintez edilmiş gemini SAM-lar müxtəlif bakteriyalara (*Staphylococcus aureus* (qrammüsbət), *Pseudomonas aeruginosa* (qrammənfi), *Escherichia coli* (qrammənfi)) və göbələyə (*Candida albicans*) qarşı antimikrob xassəyə malikdir. Eyni zamanda su səthində nazik neft təbəqəsini kənarətmə qabiliyyətinə malik olduğu üçün onlardan antimikrob və neftiyyəci kimi də istifadə etmək olar. SAM-ların hidrofily qrupunun uzunluğunu və hidrofob qrupunun təbiətini dəyişməklə xassələrini daha da yaxşılaşdırmaq mümkün olur.

Müəllifin şəxsi iştirakı. Dissertasiyada qeyd olunan nəticələr müəllif tərəfindən əldə edilmişdir. Müəllifin iştirakı ilə problemin qoyuluşu, təcrübə və sınaqlar, təhlil, nəticələrin sistemləşdirilməsi və ümumiləşdirilməsi aparılmışdır.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin nəticələri aşağıdakı konfranslarda məruzə və müzakirə edilmişdir: Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların II Beynəlxalq Elmi Konfransı, Bakı, 2018; «Химия, химическая технология и экология: наука, производство, образование» Материалы международной научно-практической конференции и школы молодых ученых, Rusiya, Məxaçqala, 2018; Azərbaycan xalqının Ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda Respublika Elmi-texniki Konfrans, Bakı, 2018; Akademik Vahab Əliyevin 110 illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq Elmi-praktiki Konfransı, Bakı, 2018; I Beynəlxalq Elm və Texnologiya Konfransı, Bakı, 2018; Azərbaycan xalqının Ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş gənc tədqiqatçıların

III Beynəlxalq Elmi Konfransı, Bakı, 2019; 1st-İnternational Conference on Noncovalent Interactions, Lissabon, Portuqaliya, 2019; The International Scientific Conference “Actual Problems of Modern Chemistry” Dedicated to the 90 th Anniversary of the Academician Y.H.Mammadaliyev Institute of Petrochemical Processes, Bakı, 2019; “Müasir təbiət elmlərinin aktual problemləri” mövzusunda Elmi Konfrans, Gəncə, 2020.

Dissertasiya mövzusunə dair 22 elmi əsər dərc olunmuşdur. Onlardan 8-i məqələdir və “Journal of Chemical & Engineering data” (ABŞ), “Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects” (Elsevier, Niderland), "Journal of Molecular Liquids" (Elsevier, Niderland), “Экологическая химия” (Rusiya), "Journal of Baku Engineering University" (Bakı), "Gənc Tədqiqatçı"(Bakı) və "Journal of Surfactants and Detergents" (ABŞ) jurnallarında dərc olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun "Monomerlər, oliqomerlər və kataliz şöbəsinin "Səthi-aktiv reagentlər və preparatlar" laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.

Dissertasiya işi 182 səhifə həcmində olub, girişdən, 5 fəsildən, nəticələrdən, 172 ədəbiyyat istinadından ibarətdir. Dissertasiyaya 35 cədvəl və 89 şəkil daxildir. Dissertasiyanın strukturu mündəricat 2113 işarədən, giriş 9609 işarədən, birinci fəsil 31538 işarədən, ikinci fəsil 14885 işarədən, üçüncü fəsil 71766 işarədən, dördüncü fəsil 16859 işarədən, beşinci fəsil 10561 işarədən, nəticələr 4109 işarədən, ixtisarlarnın siyahısı 1134 işarədən ibarətdir. Dissertasiya ümumi 160461 işarə həcmindədir (məndəki boşluqlar və şəkillər, cədvəllər, qrafiklər, əlavələr və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə).

Birinci fəsildə - Dihidroksisulfat-betain tipli, speyserdə karbonat qrupu olan kation-aktiv, imidazol 1,4-dibrombutan əsasında anion-aktiv monomer və dimer SAM-ların alınması haqda bir çox sayda ədəbiyyat materialları öz əksini tapmışdır.

İkinci fəsildə tədqiqatlarda istifadə olunan ilkin maddələrin əsas fiziki-kimyəvi xassələri, həyata keçirilən metodlar haqda məlumat verilmişdir.

Üçüncü fəsildə alkil zəncirinin uzunluğu müxtəlif olan, hidrofilye hissədə mono-2-hidroksipropil və ya di-2-hidroksipropil qrupu saxlayan gemini səthi-aktiv maddələrin sintezi və onların kolloid-kimyəvi parametrlərinin təyini haqda məlumat verilmişdir.

Dördüncü fəsildə speyser zəncirinin uzunluğunun sintez edilmiş gemini səthi-aktiv maddələrin elektrik keçiricilik və səthi gərilmə xüsusiyyətlərinə eyni zamanda neftiyğma, bakterisidlik və antimikrob xassələrinə göstərdiyi təsir öyrənilmiş və nəticələr qeyd olunmuşdur.

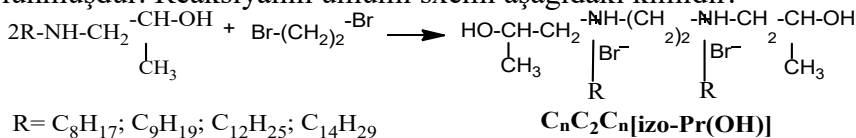
Beşinci fəsildə alkilyodidlər əsasında yeni gemini səthi-aktiv maddələrin sintezi öyrənilmiş, onların fiziki-kimyəvi xarakteristikaları haqda məlumatlar öz əksini tapmışdır.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Etilendiamin, alkilamin, propilen oksid və alkilbromidlər əsasında gemini səthi-aktiv maddələrin sintezi və tədqiqi

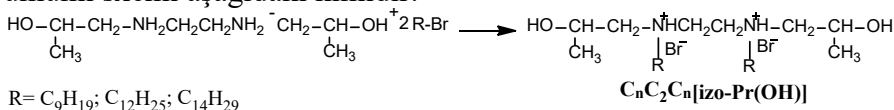
Speyser zəncirinin uzunluğu $s=2$ olan gemini SAM-ların alınmasında iki fərqli sintez yolundan istifadə edilmişdir. Birinci halda əvvəlcə C_8-C_{16} alkilaminlər PO ilə 1:1 və 1:2 mol nisbətində oksipropilləşdirilmiş və 2-hidroksipropil qrup saxlayan ikili və üçlü C_8-C_{16} alkilaminlər alınmışdır. Sonra alınmış ikili və üçlü aminlərin dibrometanla qarşılıqlı təsiri ilə $C_nC_2C_n[\text{izo-Pr(OH)}]$ və $C_nC_2C_n[\text{izo-Pr(OH)}]_2$ sinif SAM-lar sintez edilmişdir. Bu yolla alınan gemini SAM-ların çıxımı çox az (20-40%) olmuşdur. İkinci yol isə əvvəlcə diaminin 1:2 və 1:4 mol nisbətində PO ilə oksipropilləşməsi və alınmış funksionallaşdırılmış diaminlərin C_9-C_{14} alkil bromidlərlə kvaternizasiya reaksiyası üzrə gemini SAM-ların alınmasıdır. Bu yol ilə alınmış gemini SAM-ların çıxımı nisbətən yüksək (96-97%) olmuşdur. Sintez üsulu haqqında ümumi məlumat aşağıda geniş formada qeyd edilmişdir. Birinci yolla gemini SAM-ları sintez etmək üçün ilkin mərhələdə otaq temperaturunda alkilaminlərlə PO-nu 1:1 mol nisbətində götürməklə alkilizopropilolaminin sintezi aparılmışdır.

İkinci mərhələdə isə alkilizopropilolaminin dibrometan ilə sintez reaksiyası maqnit qarışdırıcı ilə təchiz olunmuş kolbada, 75-85°C temperaturda, 24 saat müddətində aparılmış və gemini SAM-lar sintez olunmuşdur. Reaksiyanın ümumi sxemi aşağıdakı kimidir:



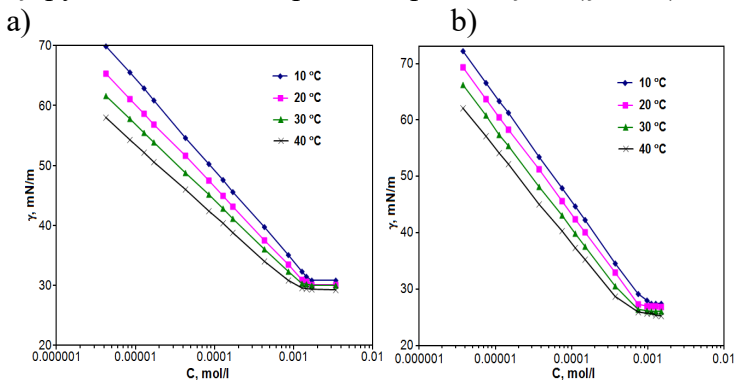
Sintez olunmuş $\text{C}_n\text{C}_2\text{C}_n[\text{izo-Pr(OH)}]$ sinif SAM-ların quruluşu İQ-, NMR-, UB- spektroskopiya üsulları ilə identifikasiya edilmişdir.

EDA və PO-nun 1:2 mol nisbətində qarşılıqlı təsirindən alınmış aminospirtin nonil-, desil- və tetradesilbromidlə reaksiyası 65-75°C temperaturda 18-20 saat müddətində aparılmışdır. Reaksiyanın ümumi sxemi aşağıdakı kimidir:



Alınmış gemini kation-aktiv SAM-ların İQ- və NMR-spektroskopiya üsulları ilə quruluşları təsdiq edilmişdir.

Sintez edilmiş gemini kation-aktiv SAM-ların müxtəlif temperaturlarda (10, 20, 30, 40°C) tensiometr vasitəsilə su-hava sərhədində yüksək səthi aktivliyə malik olduqları təyin edilmiş və alınmış qiymətlər əsasında qrafiklər qurulmuşdur (şəkil 1).



Şəkil 1. $\text{C}_9\text{C}_2\text{C}_9[\text{izo-Pr(OH)}]$ (a) və $\text{C}_{12}\text{C}_2\text{C}_{12}[\text{izo-Pr(OH)}]$ -in (b) müxtəlif temperaturlarda səthi gərilmə izotermələri.

Müəyyən edilmişdir ki, temperatur artdıqca KMQ və səthi gərilmənin qiyməti azalmış, elektrik keçiricilik qiymətləri isə artmışdır. SAM-ların su-hava sərhədində suyun səthi gərilməsinin 20 mN/m azaldılmasını tələb edən qatılıq C₂₀ (qatılığın loqarifmik qiyməti) kimi işarə olunur. Onun mənfi loqarifmik qiyməti isə pC₂₀ (adsorbsiya səmərəliliyi) şəklində ifadə edilir. Tədqiqatlar nəticəsində temperatur yüksəldikcə pC₂₀-nin qiymətinin azaldığı, alkil zəncirinin uzunluğu artdıqca isə pC₂₀-nin qiymətinin artdığı müşahidə olunmuşdur. Buna görə də alkil zəncirinin uzanması SAM-ların su-hava sərhədində adsorbsiyaya meylliliyini artırır. Verilmiş qrafiklər əsasında SAM-ların kolloid-kimyəvi parametrləri hesablanmış və alınmış nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

C_nC₂C_n[izo-Pr(OH)] sinif SAM-ların kolloid-kimyəvi parametrləri

SAM	T, K	β	KMQ $\times 10^3$, mol/l	$\Gamma_{\text{maks}}\times 10^{10}$, mol/sm ²	A _{min} , Å ²	π , mN/m	pC ₂₀	ΔG_{mis} , kC/mol	ΔG_{ad} , kC/mol
C ₉ C ₂ C ₉ [izo-Pr(OH)]	283	0.55	1.69	0.94	177.4	43.4	4.19	-51.38	-56.01
	293	0.53	1.44	0.82	201.7	42.7	4.40	-52.98	-58.17
	303	0.51	1.26	0.73	226.7	41.2	4.62	-54.40	-60.03
	313	0.48	1.05	0.66	250.5	40.1	4.88	-55.27	-61.32
C ₁₂ C ₂ C ₁₂ [izo-Pr(OH)]	283	0.52	0.91	1.16	142.9	46.3	4.35	-52.88	-56.86
	293	0.50	0.74	1.08	153.5	45.8	4.47	-54.68	-58.92
	303	0.46	0.62	1.02	162.5	45.0	4.64	-55.14	-59.55
	313	0.43	0.55	0.93	177.8	43.7	4.82	-55.76	-60.44
C ₁₄ C ₂ C ₁₄ [izo-Pr(OH)]	283	0.49	0.82	1.01	165.2	43.3	4.34	-51.81	-56.12
	293	0.44	0.65	0.92	180.6	42.1	4.54	-51.99	-56.57
	303	0.40	0.53	0.85	194.8	41.5	4.74	-52.41	-57.27
	313	0.36	0.45	0.79	210.6	40.7	4.97	-52.46	-57.62

Cədvəl 1-dən göründüyü kimi C₁₄C₂C₁₄[izo-Pr(OH)] quruluşlu SAM-ın KMQ qiyməti digər SAM-lara nisbətən daha aşağıdır. Sintez edilmiş gemini SAM-lar üçün alkil zəncirin uzunluğu C₉-dan C₁₂-ə qədər artdıqca A_{min}-un qiyməti azalır, lakin C₁₂-dən C₁₄-ə keçid zamanı A_{min}-un qiyməti artmağa başlayır. SAM-ların alkil zəncirinin uzunluğu C₉-dan C₁₄-ə qədər uzandıqca, səth təzyiqinin qiyməti əvvəlcə yüksəlir, daha sonra isə azalır. Alkil zəncirinin uzunluğu n=12 olan gemini SAM-larda səth təzyiqinin (π_{KMQ}) qiyməti digər SAM-

lara nisbətən daha yüksəkdir. Gemini SAM-larda alkil zəncirinin uzunluğu C_9 -dan C_{12} -ə qədər artdıqca ΔG_{mis} -in qiyməti azalır. Lakin C_{12} -dən C_{14} -ə qədər uzandıqca ΔG_{mis} -in qiyməti artır.

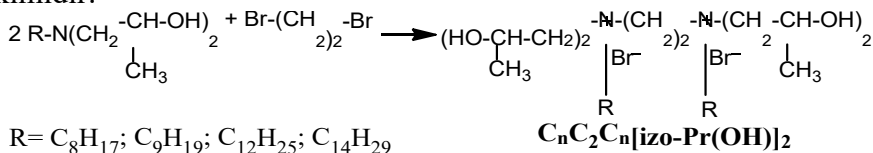
Əldə edilmiş gemini kation-aktiv SAM-ların antibakterial xassələri suda durulma metodu ilə SRB-yə qarşı tətbiq edilmişdir. $C_9C_2C_9$ [izo-Pr(OH)] gemini SAM aşağı qatılıqlarda (15 mq/l) SRB-nin inkişafını tamamilə dayandırmışdır. $C_{12}C_2C_{12}$ [izo-Pr(OH)] gemini SAM 15 mq/l qatılıqda SRB-nin inkişafına tam təsir göstərmədiyi halda, 75 mq/l qatılıqda yüksək təsir göstərmişdir. $C_{14}C_2C_{14}$ [izo-Pr(OH)] gemini SAM aşağı qatılıqlarda nisbətən zəif təsir göstərmiş, 150 mq/l qatılıqda isə SRB-nin inkişafını tamamilə dayandıra bilmişdir. Əldə edilmiş nəticələrə əsasən demək olar ki, sintez edilmiş gemini SAM-larda SRB-yə qarşı antibakterial xüsusiyyətlər alkil zəncirinin uzanması ilə zəifləyir. Alınmış gemini SAM-lar arasında ən yüksək antibakterial təsir $C_9C_2C_9$ [izoPr(OH)] quruluşlu SAM ilə müşahidə edilmişdir.

$C_nC_2C_n$ [izo-Pr(OH)] sinif gemini SAM-ların laboratoriya şəraitində neftiyğma və neftdispersləmə xassələri tədqiq edilmişdir. Belə ki, aparılan tədqiqat üç müxtəlif su səthində, qalınlığı 0.17 mm olan Pirallahı neftindən istifadə edilməklə öyrənilmişdir. Sintez edilmiş SAM-ın təsiri ilkin neft təbəqəsinin səth sahəsinin neçə dəfə kiçildiyini göstərən neftiyğma əmsalı (K), reagentin təsirinə əsasən su səthinin neftdən təmizlənmə dərəcəsini göstərən – K_D (%-lə) və saxlama müddəti τ ilə qiymətləndirilir. Gemini SAM-ların neftiyğma və neftdispersləmə xassələrini öyrənmək üçün durulaşmamış halda və onların 5%-li sulu məhlullarından istifadə olunmuşdur. Alınmış SAM-lar yüksək neftiyğma xassəsi göstərmişlər. Maksimal neftiyğma əmsalı $K \sim 30.4$; saxlama müddəti $\tau \sim 98$ saatdır.

N,N,N',N'-tetrakis(2-hidroksipropil)etilendiaminin dibrometan və alkilbromidlərlə qarşılıqlı təsir əsasında səthi-aktiv maddələrin sintezi və tədqiqi

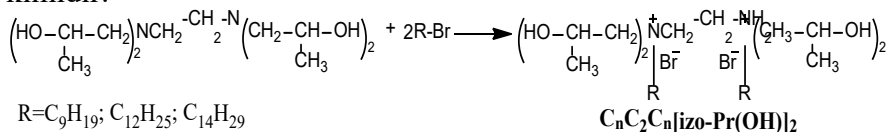
$C_8C_2C_8$ [izo-Pr(OH)]₂ gemini kation-aktiv SAM-ı sintez etmək üçün ilkin mərhələdə otaq temperaturunda alkilamin və PO-nun 1:2 mol nisbətində sintezi aparılmışdır. İkinci mərhələdə oktildiizopropilolaminin dibrometan ilə reaksiyası 90°C temperaturda,

32 saat müddətində aparılmışdır. Reaksiyanın ümumi sxemi aşağıdakı kimidir:



Alınmış SAM qəhvəyi rənglidir, etil spirti və asetonunda yaxşı, suda qismən həll olur.

EDA və PO-nun 1:4 mol nisbətində qarşılıqlı təsiri nəticəsində alınmış aminospiritin nonil-, desil- və tetradesilbromidlə reaksiyası 75-85⁰C temperaturda 20-25 saat müddətində aparılmış və yeni gemini SAM-lar sintez edilmişdir. Reaksiyanın ümumi sxemi aşağıdakı kimidir:



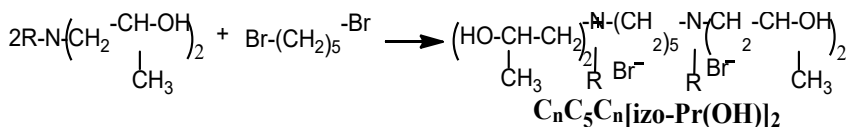
Bu maddələrin səthi aktivlik göstəricilərini müəyyən etmək üçün onların sulu məhlulları hazırlanmış və tenziometr vasitəsilə ölçülmüşdür. Xüsusi elektrik keçiriciliyinin qiymətləri isə konduktometrik üsulla müəyyən edilmişdir (şəkil 2). Alınmış qiymətlərə əsasən qrafiklər qurulmuş və hesablanmış kolloid-kimyəvi parametrlər cədvəl 2-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2.

$\text{C}_{12}\text{C}_2\text{C}_{12}[\text{izo-Pr(OH)}]_2$ və $\text{C}_{14}\text{C}_2\text{C}_{14}[\text{izo-Pr(OH)}]_2$ SAM-ların kolloid-kimyəvi parametrləri (25⁰C)

Gemini SAM-lar	β	$\Gamma_{\text{maks}} \times 10^{10}$, mol/sm ²	A_{min} , Å ²	KMQ $\times 10^4$, mol/l	ΔG_{mis} , kC/mol	π , mN/m	ΔG_{ad} , kC/mol
$\text{C}_{12}\text{C}_2\text{C}_{12}[\text{izo-Pr(OH)}]_2$	0.42	0.85	194.6	3.16	-27.52	38.9	-32.08
$\text{C}_{14}\text{C}_2\text{C}_{14}[\text{izo-Pr(OH)}]_2$	0.38	0.84	197.4	3.00	-26.44	36.7	-30.80

Cədvəl 2-dən görüldüyü kimi alkil zəncirinin uzunluğu $n=14$ olan SAM daha yüksək səthi aktivliyə malikdir. $\text{C}_{12}\text{C}_2\text{C}_{12}[\text{izo-Pr(OH)}]_2$ və $\text{C}_{14}\text{C}_2\text{C}_{14}[\text{izo-Pr(OH)}]_2$ sınıf SAM-ların KMQ qiymətləri 3.16×10^{-4} mol/l və 3.00×10^{-4} mol/l-ə bərabərdir.



R=C₈H₁₇; C₉H₁₉; C₁₂H₂₅; C₁₆H₃₃; C₁₈H₃₃

Sintez olunmuş SAM-lar qəhvəyi rəngli, eyni fazalı özlü mayedir, etilasetatda, etanolda, izopropanolda və suda yaxşı həll olur, izooktanda isə həll olmur. Onların səthi gərilmə qiymətləri və xüsusi elektrik keçiricilik xassələri öyrənilmiş, alınmış qiymətlərə əsasən müvafiq qrafiklər qurulmuş və kolloid-kimyəvi parametrləri hesablanmışdır (cədvəl 3).

Cədvəl 3.

Sintez edilmiş gemini SAM-ların kolloid-kimyəvi parametrləri (25⁰C)

SAM	KPMQ ^a ×10 ⁴ mol·dm ⁻³	KMQ ^a ×10 ⁴ , mol·dm ⁻³	KMQ ^b ×10 ⁴ , mol·dm ⁻³	Γ _{maks} ×10 ¹⁰ , mol·sm ⁻²		A _{min} ×10 ² , nm ²		pC ₂₀	π _{KMQ} , mN·m ⁻¹
				n=2	n=3	n=2	n=3		
C ₈ C ₅ C ₈ [izo-Pr(OH)]	158.0	330.0	340.0	2.27	1.51	73.2	109.8	2.54	42.1
C ₉ C ₅ C ₉ [izo-Pr(OH)]	79.0	245.0	252.9	2.16	1.44	77.0	115.4	3.04	46.3
C ₁₂ C ₅ C ₁₂ [izo-Pr(OH)]	3.49	13.95	14.35	2.07	1.38	80.2	120.3	4.02	41.3
C ₁₆ C ₅ C ₁₆ [izo-Pr(OH)]	0.30	0.90	0.88	2.84	1.89	58.5	87.7	5.02	42.0
C ₈ C ₅ C ₈ [izo-Pr(OH)] ₂	10.68	27.70	28.54	2.03	1.36	81.6	122.5	3.79	43.0
C ₉ C ₅ C ₉ [izo-Pr(OH)] ₂	6.677	22.70	24.04	1.98	1.32	83.7	125.5	4.04	44.0
C ₁₂ C ₅ C ₁₂ [izo-Pr(OH)] ₂	0.890	6.60	7.20	1.97	1.32	84.2	126.3	4.90	44.1
C ₁₆ C ₅ C ₁₆ [izo-Pr(OH)] ₂	0.265	0.79	0.85	3.18	2.12	52.3	78.4	5.05	44.1

^aTenziometrik metodla təyin olunmuş KMQ qiymətləri.

^bKonduktometrik metodla təyin olunmuş KMQ qiymətləri.

Səthi gərilmə qiymətinin sabitləşməyə başladığı qatılıq KMQ qiyməti kimi qəbul edilir. Cədvəl 3-dən görüldüyü kimi, C_nC₅C_n[izo-Pr(OH)]₂ sinfinin SAM-ları üçün KPMQ və KMQ qiymətləri

$C_nC_5C_n$ [izo-Pr(OH)] sinfinin SAM-larından daha aşağıdır. Hər iki sinif SAM-ların KPMQ və KMQ qiymətləri alkil zəncirinin uzunluğunun artması ilə azalır. Hər iki sinif SAM-larda alkil zəncirinin uzunluğu artdıqca pC_{20} -nin qiyməti artır. Bu göstərici $C_nC_5C_n$ [izo-Pr(OH)]₂ sinif SAM-larda digər SAM-lara nisbətən daha yüksəkdir. $C_nC_5C_n$ [izo-Pr(OH)]₂ sinif SAM-larda alkil zəncirinin uzunluğu C_8 -dən C_{12} -ə qədər uzandıqca π_{KMQ} -nin qiyməti artır. $C_nC_5C_n$ [izo-Pr(OH)] sinif SAM-larda isə alkil zənciri C_9 olan SAM yüksək π_{KMQ} qiymətinə malikdir.

Sintez edilmiş SAM-lar üçün onların sulu məhlullarının xüsusi elektrik keçiricilik qiymətləri öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, $C_8C_5C_8$ [izo-Pr(OH)]₂ quruluşlu SAM digər SAM-lara nisbətən daha yüksək xüsusi elektrik keçirmə qabiliyyətinə malikdir.

Cədvəl 4.

Sintez olunan gemini SAM-ların termodinamiki parametrləri və β -nin qiyməti

SAM	β	ΔG_{aq} , kC·mol ⁻¹	ΔG_{mis} , kC·mol ⁻¹	ΔG_{ad} , kC·mol ⁻¹
$C_8C_5C_8$ [izo-Pr(OH)]	0.537	-42.80	-39.02	-41.80
$C_9C_5C_9$ [izo-Pr(OH)]	0.518	-45.53	-39.82	-43.04
$C_{12}C_5C_{12}$ [izo-Pr(OH)]	0.462	-57.94	-51.34	-54.33
$C_{16}C_5C_{16}$ [izo-Pr(OH)]	0.426	-67.07	-62.02	-64.24
$C_8C_5C_8$ [izo-Pr(OH)] ₂	0.585	-59.23	-54.10	-57.28
$C_9C_5C_9$ [izo-Pr(OH)] ₂	0.573	-61.08	-54.57	-57.90
$C_{12}C_5C_{12}$ [izo-Pr(OH)] ₂	0.549	-70.21	-59.79	-63.15
$C_{16}C_5C_{16}$ [izo-Pr(OH)] ₂	0.527	-74.93	-69.36	-71.44

Cədvəl 4-dən göründüyü kimi həm $C_nC_5C_n$ [izo-Pr(OH)], həm də $C_nC_5C_n$ [izo-Pr(OH)]₂ sinif gemini SAM-larda alkil zəncirinin uzunluğu artdıqca β -nin qiyməti azalır. $C_nC_5C_n$ [izo-Pr(OH)]₂ sinif gemini SAM-larda β -nin qiyməti, $C_nC_5C_n$ [izo-Pr(OH)] sinif gemini SAM-lardan daha böyükdür. Alkil zəncirinin uzunluğu artdıqca ΔG_{aq} , ΔG_{mis} və ΔG_{ad} parametrlərinin qiyməti azalmışdır. Ümumiyyətlə, hidrofilye hissədə di-2-hidroksipropil qrupu olan SAM-lar daha az ΔG_{aq} , ΔG_{mis} və ΔG_{ad} qiymətlərinə malikdir.

1,5-dibrompentan əsasında sintez olunmuş SAM-ların antimikrob xüsusiyyətləri öyrənilmişdir (cədvəl 5). Sintez edilmiş SAM-ların qram-mənfi bakteriyalara nisbətən qram-müsbət bakteriyalara qarşı daha yüksək antimikrob xüsusiyyətləri nümayiş etdirdikləri müşahidə edilmişdir. Gemini SAM-lar *P.aeruginosa* bakteriyalarına qarşı zəif antimikrob xassə göstərirlər. Qeyd etmək olar ki, C₁₂ alkil zəncirli gemini SAM-lar digər sintez olunmuş SAM-lara nisbətən daha çox antimikrob aktivliyə malikdir. C₁₂C₅C₁₂[izo-Pr(OH)] quruluşlu SAM *E.coli* bakteriyası və *C.albicans* göbələyinə qarşı daha yüksək təsir göstərir.

Cədvəl 5.

Disk diffuziya üsulu ilə C_nC₅C_n[izo-Pr(OH)] və C_nC₅C_n[izo-Pr(OH)]₂ gemini SAM-ların antimikrob xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi

SAM	Təsir zonasının diametri (mm)				
	Qatılıq, mq/ml	<i>S.aureus</i>	<i>E.coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>C.albicans</i>
C ₈ C ₅ C ₈ [izo-Pr(OH)]	8	-	18	13	8
	4	-	11	8	8
	2	11	-	-	-
C ₉ C ₅ C ₉ [izo-Pr(OH)]	8	30	14	9	12
	4	9	10	8	-
	2	-	-	-	-
C ₁₂ C ₅ C ₁₂ [izo-Pr(OH)]	8	36	21	11	44
	4	29	18	-	37
	2	21	9	-	26
C ₁₆ C ₅ C ₁₆ [izo-Pr(OH)]	8	40	19	10	20
	4	15	-	-	12
	2	14	-	-	9
C ₈ C ₅ C ₈ [izo-Pr(OH)] ₂	8	35	13	-	25
	4	29	11	-	17
	2	18	8	-	10
C ₉ C ₅ C ₉ [izo-Pr(OH)] ₂	8	31	18	12	20
	4	21	7	-	11
	2	16	-	-	-
C ₁₂ C ₅ C ₁₂ [izo-Pr(OH)] ₂	8	41	15	10	32
	4	25	8	8	29
	2	22	8	-	15
	8	28	19	-	21

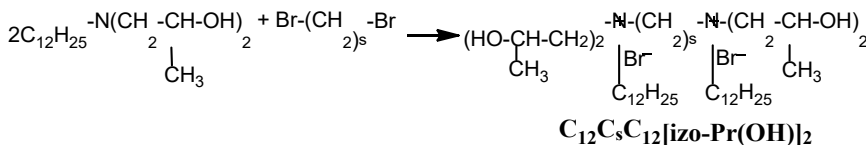
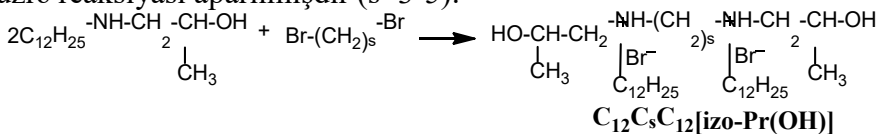
C ₁₆ C ₅ C ₁₆ [izo-Pr(OH)] ₂	4	19	-	-	11
	2	18	-	-	10

C₁₂-dən C₁₆-ə keçid zamanı antimikrob xüsusiyyətlərin qismən zəifləməsi mühitdə səthi-aktiv maddə molekullarının diffuziyası ilə bağlıdır. Alkil zəncirinin uzanması və 2-hidroksipropil qrupunun sayının artması KMQ-nin azalmasına və onların antimikrob aktivliyinin artmasına səbəb olur.

Təcrübələrə görə müəyyən edilmişdir ki, həm C_nC₅C_n[izo-Pr(OH)], həm də C_nC₅C_n[izo-Pr(OH)]₂ sinif SAM-larda alkil zəncirinin uzunluğu artdıqca neftyiğma qabiliyyəti artır. C_nC₅C_n[izo-Pr(OH)]₂ gemini SAM-lar cod sulara ilkin saatlarda əsasən neftdispersləmə, C_nC₅C_n[izo-Pr(OH)] gemini SAM-lar isə neftyiğma qabiliyyəti nümayiş etdirmişdir (K_{maks.}=30.4; K_D=94.1%; τ=120 saat).

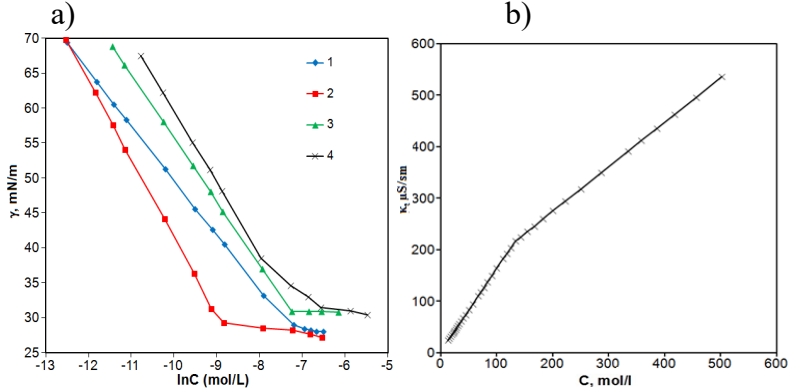
Speyser zəncirinin uzunluğu iki, üç, dörd, beş və altı olan gemini kation-aktiv SAM-ların sintezi

Gemini SAM-larda speyser zəncirinin uzunluğunu və təbiətini dəyişdirməklə də onların xassələrini dəyişmək mümkündür. Speyser zəncirinin uzunluğu s=3-6 olan gemini kation-aktiv SAM-ları sintez etmək üçün ilkin mərhələdə dodesilamin PO ilə 1:1 və 1:2 mol nisbətində oksipropilləşdirilmişdir. İkinci mərhələdə isə sintez edilmiş mono- və di-(2-hidroksipropil) dodesilamin ilə 1,3-dibrompropanın (1,2-dibrometan, 1,4-dibrombutan, 1,5-dibrompentan) aşağıdakı sxem üzrə reaksiyası aparılmışdır (s=3-5):



C₁₂C_sC₁₂[izo-Pr(OH)] və C₁₂C_sC₁₂[izo-Pr(OH)]₂ quruluşlu SAM-ların su-hava sərhədində səthi aktivlikləri təyin edilmiş və xüsusi elektrik keçiriciliyi öyrənilmiş, alınmış qiymətlərə əsasən

izotermələr qurulmuşdur (şəkil 3).



Şəkil 3. $C_{12}C_sC_{12}$ [izo-Pr(OH)]-in müxtəlif qatılıqlarda səthi gərilmə izotermələri. 1. $s=2$; 2. $s=3$; 3. $s=4$; 4. $s=5$ (a); $C_{12}-C_5-C_{12}$ [izo-Pr(OH)] gemini SAM-ın xüsusi elektrik keçiriciliyinin qatılıqdan asılılığı (b)

Sintez olunmuş gemini SAM-ların səthi-aktivlik parametrləri cədvəl 6-da göstərilmişdir.

Cədvəl 6.

Sintez olunmuş gemini SAM-ların səthi-aktivlik parametrləri (25°C)

SAM	$KMQ^b \times 10^4$, mol·dm ⁻³	$KMQ^c \times 10^4$, mol·dm ⁻³	π_{KMQ} , mN·m ⁻¹	β	ΔG_{mis} , kC·mol ⁻¹	ΔG_{ad} , kC·mol ⁻¹
$C_{12}C_2C_{12}$ [izo-Pr(OH)]	6.66	6.67	43.4	0.480	-55.01	-59.14
$C_{12}C_3C_{12}$ [izo-Pr(OH)]	1.45	1.49	42.7	0.474	-62.03	-64.88
$C_{12}C_4C_{12}$ [izo-Pr(OH)]	7.11	7.32	41.1	0.469	-54.08	-58.36
$C_{12}C_5C_{12}$ [izo-Pr(OH)]	13.95	14.35	40.5	0.462	-50.48	-53.47
$C_{12}C_6C_{12}$ [izo-Pr(OH)]	4.43	4.61	36.0	0.409	-52.86	-55.41
$C_{12}C_2C_{12}$ [izo-Pr(OH)] ₂	3.16	3.25	38.9	0.420	-55.04	-59.60
$C_{12}C_3C_{12}$ [izo-Pr(OH)] ₂	3.10	3.19	43.2	0.406	-54.29	-57.68
$C_{12}C_4C_{12}$ [izo-Pr(OH)] ₂	3.05	3.14	43.5	0.386	-53.17	-56.88
$C_{12}C_5C_{12}$ [izo-Pr(OH)] ₂	6.60	7.20	44.1	0.549	-58.93	-62.29
$C_{12}C_6C_{12}$ [izo-	3.54	3.47	39.3	0.284	-46.47	-53.31

Pr(OH) ₂					
---------------------	--	--	--	--	--

Cədvəldən görüldüyü kimi, C₁₂C_sC₁₂[izo-Pr(OH)] sinif gemini SAM-larda speyser zəncirinin uzunluğu C₂-dən C₃-ə qədər artdıqda, KMQ-nin qiyməti azalır, lakin C₃-dən C₅-ə qədər uzandıqda isə KMQ-nin qiyməti artır. C₁₂C_sC₁₂[izo-Pr(OH)]₂ sinif gemini SAM-larda isə, speyser zəncirinin uzunluğu C₂-dən C₄-ə qədər artdıqda KMQ azalır, lakin s=5 olduqda, qiymət artmağa başlayır.

Cədvəl 7-də sintez olunmuş gemini SAM-ların SRB-yə qarşı bakterisid xüsusiyyətlərinin öyrənilməsinin nəticələri verilmişdir. Qram-müsbət bakteriyalarla müqayisədə, qram-mənfi bakteriyalar antimikrob SAM-lara qarşı daha çox davamlıdır.

Cədvəl 7.

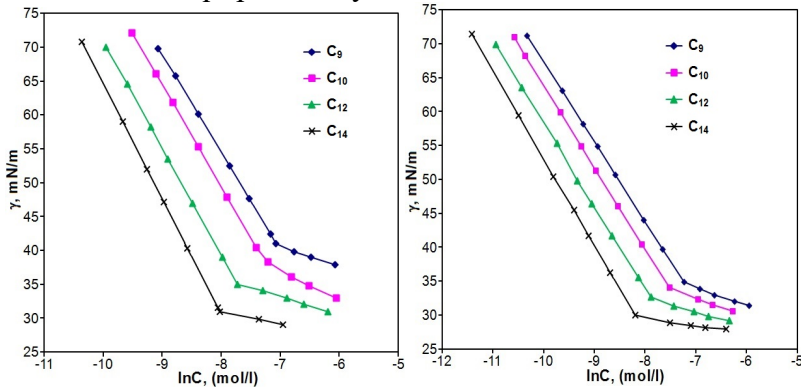
Sintez olunan gemini SAM-ların SRB-yə qarşı antibakterial təsiri

Gemini SAM	Gemini SAM-ların qatılığı, mq/l. İlkin halda bakteriyaların sayı 10 ⁸		
	15	75	150
	1 qram suda qalan bakteriyaların sayı		
C ₁₂ C ₂ C ₁₂ [izo-Pr(OH)]	10 ³	0	0
C ₁₂ C ₃ C ₁₂ [izo-Pr(OH)]	10 ⁴	10 ³	10 ¹
C ₁₂ C ₄ C ₁₂ [izo-Pr(OH)]	10 ²	10 ¹	10 ¹
C ₁₂ C ₅ C ₁₂ [izo-Pr(OH)]	10 ⁵	10 ⁴	10 ²
C ₁₂ C ₂ C ₁₂ [izo-Pr(OH)] ₂	10 ⁴	10 ³	10 ²
C ₁₂ C ₃ C ₁₂ [izo-Pr(OH)] ₂	10 ⁵	10 ⁴	10 ¹
C ₁₂ C ₄ C ₁₂ [izo-Pr(OH)] ₂	10 ⁴	10 ²	10 ¹
C ₁₂ C ₅ C ₁₂ [izo-Pr(OH)] ₂	10 ²	10 ¹	10 ¹

Cədvəldən görüldüyü kimi, SAM-lar əsasən 150 mq/l qatılıqda bakteriyaların sayını kifayət qədər azaltmışdır. C₁₂C₂C₁₂[izo-Pr(OH)] quruluşlu SAM, 75 və 150 mq/l qatılıqda bakteriyaları tamamilə məhv etmişdir. C₁₂C₂C₁₂[izo-Pr(OH)] və C₁₂C₄C₁₂[izo-Pr(OH)] gemini SAM-lar başqa SAM-lara nisbətən yüksək antibakterial təsir göstərmişlər. C₁₂C_sC₁₂[izo-Pr(OH)]₂ sinif gemini SAM-lardan, C₁₂C₄C₁₂[izo-Pr(OH)]₂ və C₁₂C₅C₁₂[izo-Pr(OH)]₂ quruluşlu SAM-lar güclü antibakterial təsirə malikdirlər.

$C_nC_6C_n$ [izo-Pr(OH)] sinif gemini SAM-lar bərk, $C_nC_6C_n$ [izo-Pr(OH)]₂ sinif gemini SAM-lar isə özlülü maye halda olan maddələrdir. Bu SAM-ların səthi gərilmə qiymətləri təyin edilmiş və alınmış qiymətlər əsasında qrafiklər qurulmuşdur (şəkil 4).

Qrafiklərdən görüldüyü kimi, $C_nC_6C_n$ [izo-Pr(OH)]₂ quruluşlu SAM-ların səthi gərilmə qiymətləri, $C_nC_6C_n$ [izo-Pr(OH)] quruluşlu SAM-ların səthi gərilmə qiymətlərindən daha aşağıdır. Bu nəticə tərkibdə hidroksil qrupunun sayı ilə izah olunur.



Şəkil 4. $C_nC_6C_n$ [izoPr(OH)] və $C_nC_6C_n$ [izo Pr(OH)]₂ quruluşlu maddələrin su-hava sərhədində səthi gərilmənin qatılıqdan asılılığı (25°C)

Tetradesilbromid əsasında alınmış SAM-ların səthi gərilmə və KMQ qiyməti digər SAM-larla müqayisədə daha aşağıdır. Bu isə speyser zəncirinin uzunluğu ilə izah olunur.

N,N'-bis(2-hidroksipropil)heksametilendiamin (N,N,N',N'-tetrakis(2-hidroksipropil)heksametilendiamin) və nonil-, desil-, dodesil- və tetradesilbromid əsasında sintez edilmiş SAM-ların kolloid-kimyəvi parametrləri cədvəl 7-də verilmişdir. Cədvəldən görüldüyü kimi həm $C_nC_6C_n$ [izo-Pr(OH)], həm də $C_nC_6C_n$ [izo-Pr(OH)]₂ quruluşlu gemini SAM-larda alkil zəncirinin uzunluğu C₉-dan C₁₄-ə qədər artdıqca Γ_{maks} -ın qiyməti artır, A_{min} -nin qiyməti isə azalır. $C_nC_5C_n$ [izo-Pr(OH)] və $C_nC_5C_n$ [izo-Pr(OH)]₂ gemini SAM-larda isə alkil zəncirinin artması ilə Γ_{maks} -ın qiyməti azalır, A_{min} -nin qiyməti isə artır. Speyser zəncirinin uzunluğunun artması ilə gemini SAM-larda hidrofobluq artdığı üçün su-hava sərhədində onların daha sıx yığılması baş verir. Bunu $C_nC_6C_n$ [izo-Pr(OH)] və $C_nC_6C_n$ [izo-

Pr(OH)]₂ gemini SAM-ların Γ_{maks} qiymətlərinin müqayisəsindən də görmək mümkündür. Belə ki, C_nC₆C_n[izo-Pr(OH)] gemini SAM-ların hidrofobluğu, C_nC₆C_n[izo-Pr(OH)]₂ gemini SAM-lardan çox olduğu üçün onlarda Γ_{maks} -ın qiymətləri nisbətən kiçikdir. pC₂₀-nin qiyməti isə hər iki sinif SAM-larda alkil zəncirin uzunluğu artdıqca artır (cədvəl 8). C_nC₆C_n[izo-Pr(OH)]₂ gemini SAM-larda pC₂₀-nin qiyməti digər sinif gemini SAM-lardan daha yüksəkdir.

Cədvəl 8.

Alkil bromidlər, N,N'-bis(2-hidroksipropil)heksametilendiamin və N,N,N',N'-tetrakis(2-hidroksipropil)heksametilendiamin quruluşlu SAM-ların kolloid-kimyəvi parametrləri

SAM	KMQ ^a ×10 ⁴ , mol·dm ⁻³	KMQ ^b ×10 ⁴ , mol·dm ⁻³	$\Gamma_{maks} \times 10^{10}$, mol·sm ⁻²		$A_{min} \times 10^2$, nm ²		pC ₂₀	γ_{KMQ} , mN·m ⁻¹	π_{KMQ} , mN·m ⁻¹
			n=2	n=3	n=2	n=3			
C ₉ C ₆ C ₉ [izo-Pr(OH)]	8.50	8.78	2.93	1.95	56.7	85.0	2.54	42.2	29.8
C ₁₀ C ₆ C ₁₀ [izo-Pr(OH)]	5.99	6.14	3.05	2.03	54.4	81.6	3.04	38.0	34.0
C ₁₂ C ₆ C ₁₂ [izo-Pr(OH)]	4.43	4.61	3.20	2.14	51.8	77.8	4.02	36.0	36.0
C ₁₄ C ₆ C ₁₄ [izo-Pr(OH)]	3.27	3.24	3.43	2.29	48.4	72.6	5.02	35.5	36.5
C ₉ C ₆ C ₉ [izo-Pr(OH)] ₂	6.18	6.25	2.36	1.57	70.4	105.6	3.78	34.9	37.1
C ₁₀ C ₆ C ₁₀ [izo-Pr(OH)] ₂	5.60	5.86	2.43	1.62	68.3	102.4	3.92	34.1	37.9
C ₁₂ C ₆ C ₁₂ [izo-Pr(OH)] ₂	3.54	3.47	2.48	1.65	67.0	100.5	4.13	32.7	39.3
C ₁₄ C ₆ C ₁₄ [izo-Pr(OH)] ₂	2.65	2.66	2.59	1.73	64.0	96.0	4.31	30.0	42.0

^aTenziometrik metodla təyin olunmuş KMQ qiymətləri.

^bKonduktometrik metodla təyin olunmuş KMQ qiymətləri.

Hər iki sinif gemini SAM-larda alkil zəncirin uzunluğu C₉-dan C₁₄-yə kimi artdıqca, π_{KMQ} -nin qiyməti artır. C_nC₆C_n[izo-Pr(OH)]₂ sinif gemini SAM-larda π_{KMQ} -nin qiyməti C_nC₆C_n[izo-Pr(OH)] sinif gemini SAM-lardan daha yüksəkdir.

gərilmənin qiyməti azalır. Desilyodid əsasında alınmış SAM-ın KMQ qiyməti, digər SAM-lara nisbətən daha kiçikdir.

Alınan əks-ionu yodid olan gemini kation-aktiv SAM-ların durulaşmamış və 5%-li məhlulları ilə laboratoriya şəraitində neftiyyəmə və neftdispersləmə xüsusiyyətləri öyrənilmişdir. Alkil zəncirinin uzunluğu eyni, əks-ionu bromid və ya yodid olan gemini SAM-ların neftiyyəmə qabiliyyəti və səthi gərilmə qiymətlərini müqayisə edərkən müəyyən edilmişdir ki, əks-ionu bromid olan gemini SAM-ların neftiyyəmə qabiliyyəti əks-ionu yodid olan gemini SAM-lara nisbətən daha yüksəkdir. Səthi gərilmə qiymətlərini müqayisə etdikdə isə əks-ionu bromid olan gemini SAM-ların səthi aktivlik göstəricilərinin daha aşağı qiymət aldığı müşahidə edilmişdir.

NƏTİCƏ

1. EDA və PO-nun 1:2 və 1:4 mol nisbətərində qarşılıqlı təsiri ilə alınmış hidrosil qrupu saxlayan diaminlərin nonil-, dodesil- və tetradesilbromidlə reaksiyaları aparılmış və müvafiq kation-aktiv gemini SAM-lar alınmışdır. Onların sulu məhlullarının su-hava sərhəddində (10°C – 40°C temperaturlarda) səthi aktivlikləri və xüsusi elektrik keçiricilikləri ölçülmüş, DLS üsulu ilə aqreqatların ölçüsü müəyyənləşdirilmiş və kolloid-kimyəvi parametrləri (KMQ, Γ_{maks} , A_{min} , pC_{20} , π) hesablanmışdır. Misella əmələgəlmə və adsorbsiya proseslərinin termodinamik parametrləri (ΔG , ΔH , ΔS) müəyyən edilmişdir. Alınmış gemini SAM-lar su-hava sərhəddində səthi gərilmənin qiymətini 72.0-dan 25.8 mN/m-ə qədər azaltmışdır [4, 7, 12, 20].

2. OA, NA, DDA, HDA və ODA-nın PO ilə 1:1 və 1:2 mol nisbətərində qarşılıqlı təsiri ilə alınmış izopropilolalkilaminlərin, dibrompentan ilə reaksiyası əsasında gemini SAM-lar alınmışdır. Sintez olunmuş gemini SAM-ların aqreqatlarının diametri, xüsusi elektrik keçiriciliyi, sulu məhlullarının su-hava sərhəddində səthi aktivliyi müəyyən olunmuş və səthi gərilmə qiyməti 72.0-dan 25.7 mN/m-ə qədər endiyi aşkar edilmişdir [5, 13].

3. HMDA və PO-nun 1:2 və 1:4 mol nisbətərində qarşılıqlı təsirindən

alınmış hidrosil qrup saxlayan diaminlərin nonil-, desil-, dodesil- və tetradesilbromidlə qarşılıqlı təsiri ilə yeni kation-aktiv gemini SAM-lar sintez edilmişdir. Bu SAM-ların sulu məhlullarının xüsusi elektrik keçiriciliyi və səthi gərilmənin qiymətləri təyin olunmuş və müvafiq kolloid-kimyəvi parametrləri hesablanmışdır. DLS üsulu ilə aqreqatların diametri müəyyən edilmişdir [10, 22].

4. DDA və PO-nun 1:1 və 1:2 mol nisbətərində qarşılıqlı təsiri ilə alınmış hidrosil qrup saxlayan aminlərin 1,2-dibrometan, 1,3-dibrompropan, 1,4-dibrombutan və 1,5-dibrompentan ilə reaksiyası əsasında speyzer zəncirinin uzunluğu müxtəlif olan gemini SAM-lar sintez olunmuşdur. Həmin SAM-ların kolloid-kimyəvi parametrlərinin speyzer zəncirinin uzunluğundan asılılığı müəyyən edilmişdir. Hər iki sinif gemini SAM-larda speyzer zəncirinin uzanması ilə KMQ-nin qiyməti əvvəlcə azalır, daha sonra β -nin qiymətinin aşağı düşməsi ilə KMQ-nin qiyməti əsasən artır. Speyzer zəncirinin uzanması $C_{12}C_5C_{12}$ [izo-Pr(OH)] sinif SAM-larda səth təzyiqinin azalmasına, $C_{12}C_5C_{12}$ [izo-Pr(OH)]₂ sinif SAM-larda isə artmasına səbəb olur. $C_{12}C_5C_{12}$ [izo-Pr(OH)]₂ sinif gemini SAM-lar premiselyar aqreqatlaşmaya digər SAM-lara nisbətən daha çox meyillidir. Speyzer zəncirinin uzanması ilə premiselyar aqreqatların əmələ gəlməsi artır. $C_{12}C_5C_{12}$ [izo-Pr(OH)]₂ sinif gemini SAM-larda aqreqatların diametrinin qatılıqdan asılılığı speyzer zəncirinin uzanması ilə zəifləyir [11, 17, 19, 21].

5. EDA-nin PO ilə 1:2 və 1:4 mol nisbətərində qarşılıqlı təsiri ilə alınmış, hidrosil qrup saxlayan diaminlərin heptil-, oktil-, nonil- və desilyodidlə reaksiyası ilə yeni kation-aktiv gemini SAM-lar alınmışdır. Bu SAM-ların səthi aktivlik göstəriciləri və xüsusi elektrik keçiricilik qabiliyyəti öyrənilmiş, kolloid kimyəvi parametrləri təyin olunmuşdur [3, 6, 8, 9, 18].

6. Sintez edilmiş gemini SAM-ların neftiyığma və neftdispersləmə qabiliyyəti minerallaşma dərəcəsi müxtəlif su (distillə, içməli və dəniz) səthlərinə yayılmış nazik neft təbəqəsi olan (0.17 mm) üzərində tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, dəniz suyunda $C_9C_2C_9$ [izo-Pr(OH)]₂ (K_{maks} . 40,5; τ = 112 saat) və $C_{12}C_4C_{12}$ [izo-Pr(OH)] (K_D ~ 94.1%; τ = 120 saat) SAM-larının 5%-li sulu məhulu ən yüksək neftiyığma qabiliyyəti nümayiş etdirir. Gemini SAM-larda alkil

zəncirinin uzunluğu artdıqca neftiyğma qabiliyyəti artır, hidrofily hissədə izopropilol qrupların sayı artdıqca neftiyğma qabiliyyəti azalır, speyser zəncirinin uzunluğu isə neftiyğma qabiliyyətinə kəskin təsir göstərmir [1, 2].

7. Sintez edilmiş gemini SAM-ların antimikrob xassələri müxtəlif bakteriyalar (*S.aureus*, *E.Coli* və *P.aeruginosa*) və göbələk (*C.albicans*) üzərində tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, speyser zəncirinin uzunluğu $s=5$; 6, alkil zəncirinin uzunluğu $n=12$ olan gemini SAM-ların 8 mq/l qatılıqlı məhlulu *Staphylococcus aureus* bakteriyasına və *Candida albicans* göbələyinə qarşı daha effektiv antimikrob xassəyə malikdir. Gemini SAM-larda alkil zəncirinin uzunluğu artdıqca antimikrob qabiliyyəti artır, hidrofily hissədə izopropilol qruplarının sayı artdıqca antimikrob qabiliyyəti azalır, speyser zəncirinin uzunluğu isə antimikrob qabiliyyətinə nəzərə çarpan dərəcədə təsir göstərmir. SAM-lar həmçinin SRB-yə qarşı da yüksək antibakterial xassəyə malikdir. Belə ki, $C_9C_2C_9$ [izo-Pr(OH)] gemini SAM-ın 15, 75 və 150 mq/l qatılıqlı məhlulları SRB-nin inkişafını 99% dayandıra bilir [14-16].

DİSSERTASIYA MATERIALLARI ÜZRƏ AŞAĞIDAKI ELMİ ƏSƏRLƏR ÇAP EDİLMİŞDİR :

1. Rəhimov, R.A., Əsədov, Z.H., Həşimzadə, S.Z.F. N,N'-bis(2-hidroksiipropil) etilendiamin və nonilhalogenidlər əsasında gemini səthi-aktiv maddələrin sintezi və xassələri // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların II Beynəlxalq Elmi Konfransı, -Bakı: - 27-28 aprel, - 2018, -s. 210-211.

2. Həşimzadə, S.Z.F. Alkilbromidlər (C_{12} , C_{14}), etilendiamin və propilen oksidi əsasında yeni gemini səthi-aktiv maddələrin sintezi və xassələri / S.Z.F.Həşimzadə, R.A.Rəhimov, Z.H.Əsədov // Journal of Baku Engineering University Chemistry and Biology, -2018. Vol. 2, № 2, - s. 85-91.

3. Rəhimov, R.A., Həşimzadə, S.Z.F., Əsədov, Z.H. Etilendiamin, propilen oksidi, heptil və oktil yodid əsasında yeni

gemini səthi-aktiv maddələrin sintezi və neftyiğma xassələri // Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və Elmi İnnovasiyalar” mövzusunda respublika elmi-texniki konfransı, - Bakı: - 3-5 may, - 2018, - s. 367-368.

4. Rəhimov, R.A., Həşimzadə, S.Z.F., Əsədov, Z.H., Məmmədbəyli, E.H., Ağamalıyeva, D.B., Eyyubova, S.K. Etilendiamin, propilen oksidi və alkilbromidlər əsasında dialkil gemini-qruplu yeni səthi-aktiv maddələrin sintezi və xassələri // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci il dönümünə həsr olunmuş “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” beynəlxalq elmi konfrans, -Gəncə: - 04-05 may, - 2018, -s. 300-302.

5. Рагимов, Р.А., Гашимзаде, С.З.Ф., Асадов, З.Г., Ахмедова, Г.А. Новые димерные поверхностно-активные вещества нефтесобирающего действия на основе алифатических аминов, пропиленоксида и 1,5-дибромпентана // Akademik Vahab Əliyevin 110 illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans, -Bakı: -9-10 oktyabr, - 2018, - s. 138.

6. Рагимов, Р.А., Гашимзаде, С.З.Ф., Асадов, З.Г., Ахмедова, Г.А., Гусейнова, С.М. Новые димерные поверхностно-активные вещества основе N,N'-бис(2-гидроксипропил)этилендиамина и алкилиодидов для локализации нефтяных пленок на водной поверхности // «Химия, химическая технология и экология: наука, производство, образование» Материалы международной научно-практической конференции и школы молодых ученых, - Махачкала: -18-19 октября, - 2018, - с. 227.

7. Əsədov, Z.H., Rəhimov, R.A., Həşimzadə S.Z.F. Dodesilbromid, tetradesilbromid və oksipropilləşmiş etilendiamin əsasında müxtəlif hidrofily qruplu gemini səthi-aktiv maddələrin alınması // I Beynəlxalq Elm və Texnologiya Konfransı, -Bakı: - 29-30 noyabr, -2018.- s. 23-25.

8. Rəhimov, R.A., Həşimzadə, S.Z.F. Etilendiamin və alkilyodidlər əsasında gemini səthi-aktiv maddələrin sintezi və xassələri // Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin

anadan olmasının 96-ci ildönümünə həsr olunmuş gənc tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi Konfransı, -Bakı: -29-30 aprel, – 2019, - s. 532-533.

9. Rəhimov, R.A., Həşimzadə, S.Z.F. N,N,N',N'-tetrakis(2-hidroksipropil) etilendiamin və alkilyodidlər əsasında gemini səthi-aktiv maddələrin alınması və xassələri // “Azərbaycanın innovativ inkişafında mühəndisliyin rolu” Beynəlxalq Elmi və Praktiki Konfransın Məqsəd və Perspektivləri, - Bakı: - 29-30 noyabr, - 2019, - s. 45-46.

10. Khasiyev, H.G., Rahimov, R.A., Hashimzade, S.Z.F. Synthesis and properties of new gemini surfactants based on hexamethylenediamine, propylene oxide and alkyl bromides // “Azərbaycanın innovativ inkişafında mühəndisliyin rolu” Beynəlxalq Elmi və Praktiki Konfransın Məqsəd və Perspektivləri, -Bakı: - 29-30 noyabr, - 2019, - p. 27-28.

11. Asadov, Z.H., Ahmadova, G.A., Rahimov, R.A., Hashimzade, S.Z.F. Formation of Premicellar Aggregates in the Surfactants Containing 2-hydroxypropyl Fragment in Head Group // 1st-İnternational Conference on Noncovalent İnteractions. -Lisbon, - 2019, - P 66.

12. Asadov, Z.H. Micellization and Adsorption properties of New Cationic Gemini Surfactants Having Hydroxyisopropyl Group / Z.H.Asadov, G.A.Ahmadova, R.A.Rahimov, S.Z.F.Hashimzade, E.H.Ismayilov, N.Z.Asadova, S.A.Suleymanova, F.I.Zubkov, A.M.Mammadov, D.B.Agamaliyeva // Journal of Chemical & Engineering Data, - 2019. Vol. 64, -p. 952–962.

13. Asadov, Z.H. Surface properties and premicellar aggregation behavior of cationic gemini surfactants with mono- and di-(2-hydroxypropyl)ammonium head groups / Z.H.Asadov, G.A.Ahmadova, R.A.Rahimov, S.Z.F.Hashimzade, Sh.M.Nasibova, E.H.Ismayilov, S.A.Suleymanova, S.A.Muradova, N.Z.Asadova, F.I.Zubkov // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, -2019. Vol. 575, -p. 212–221.

14. Рагимов, Р.А., Гашимзаде, С.З.Ф., Асадов, З.Г., Ахмедова, Г.А. Влияние длины углеводородного радикала на нефтесобирающую способность димерных ПАВ, полученных на

основе аминспиртов и дибромпентана // The International Scientific Conference “Actual Problems of Modern Chemistry” Dedicated to the 90 th Anniversary of the Academician Y.H.Mammadaliyev Institute of Petrochemical Processes, -Bakı: -2-4 oktyabr, - 2019, - с. 426.

15. Rəhimov, R.A., Həşimzadə, S.Z.F., Əsədov, Z.H. N,N,N',N'-tetrakis(2-hidroksipropil) etilendiamin və nonilhalogenidlər əsasında gemini səthi-aktiv maddələrin alınması və xassələri // AMEA-nın akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Müasir Kimyanın Aktual Problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfrans, - Bakı: -2-4 oktyabr, - 2019, - s. 419.

16. Rəhimov, R.A., Həşimzadə, S.Z.F., Əsədov, Z.H., Əhmədova, G.A. Ali alifatik aminlər, propilen oksidi və dibrompentan əsasında yeni gemini tipli səthi-aktiv maddələrin alınması və xassələrinin tədqiqi // AMEA-nın akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Müasir Kimyanın Aktual Problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfrans, - Bakı: -2-4 oktyabr, - 2019, - s. 429.

17. Həşimzadə, S.Z.F. Tri- və tetrametilendibromid əsasında gemini tipli səthi-aktiv maddələrin alınması və xarakteristikaları // - Bakı: Journal of Baku Engineering University - Chemistry and Biology, - 2019. Vol. 3, № 1, -s. 71-77.

18. Рагимов, Р.А. Синтез и свойства новых димерных ПАВ на основе N,N'-бис(2-гидроксипропил)-этилендиамина и алкилиодидов для очистки водной поверхности от тонких нефтяных пленок / Р.А. Рагимов, З.Г. Асадов, С.З.Ф. Гашимзаде, Г.А. Ахмедова // Журнал Экологическая химия, -2019, Vol. 28, № 3, -с. 147–153.

19. Həşimzadə, S.Z.F., Hüseynova, S.M., Rüstənova, İ.V. 1,3-dibrompropan və 1,5-dibrompentan əsasında yeni gemini tipli səthi-aktiv maddələrin alınması və xarakteristikaları // “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfrans, -Gəncə, -12-15 noyabr, -2020, - s. 225-227.

20. Həşimzadə, S.Z.F. Mono-(2-hidroksipropil)dodesilamin əsasında gemini tip səthi-aktiv maddələrin alınması və tədqiqi // Gənc

tədqiqatçı, -2020. VI cild. № 2, -s. 23-29.

21. Asadov, Z.H. Aggregation and antimicrobial properties of gemini surfactants with mono- and di-(2-hydroxypropyl) ammonium head-groups: Effect of the spacer length and computational studies / Z.H.Asadov, G.A.Ahmadova, R.A.Rahimov, S.Z.F.Hashimzade, Yusif Abdullayev, E.H.Ismayilov, S.A.Suleymanova, N.Z.Asadova, F.I.Zubkov // Journal of Molecular Liquids, -2020. Vol. 302, article 112579.

22. Rahimov, R.A. Surface and biocidal properties of gemini cationic surfactants based on propoxylated 1,6-diaminohexane and alkyl bromides / R.A.Rahimov, G.A.Ahmadova, S.Z.F. Hashimzade, Elmar Imanov, N.K.Karimova, F.I.Zubkov // Surfactants and Detergents, -2021. Vol.24. -p. 433-444.

Dissertasiyanın müdafiəsi 23 dekabr 2021-ci il tarixində saat 10:00-da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.16 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1025, Bakı ş., Xocalı pr., 30

Dissertasiya ilə AMEA Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları www.nkpi.az rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir

Avtoreferat 19 noyabr 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 18.11.2021
Kağızın formatı: 60x90 1/16
Həcm: 36043
Tiraj: 100