

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**TSİKLİK POLİOLLARIN FUNKSIONALƏVƏZLİ
MÜRƏKKƏB EFİRLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ ONLARIN
SÜRTKÜ YAĞLARININ ƏSASI VƏ KOMPONENTİ KİMİ
TƏDQIQI**

İxtisas: 2314.01 – Neft kimyası

Elm sahəsi: Kimya

İddiaçı: **Lalə Məmmədemin qızı Yusifova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş
dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2024

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H.Məmmədaliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunda "Sintetik yağlar" laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

kimya elmləri doktoru, dosent
Hüseyn Namaz oğlu Qurbanov

Rəsmi opponentlər:

kimya elmləri doktoru, dosent
Mənzər Nəzaməddin qızı Əmiraslanova
kimya elmləri doktoru, professor
Pərvin Şamxal qızı Məmmədova
kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Nahidə Əli qızı Cəfərova

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H.Məmmədaliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.16 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya şurasının sədri

kimya elmləri doktoru, akademik
Vaqif Məhərrəm oğlu Abbasov

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. Hal-hazırda texnikanın sürətli inkişafı istifadə olunan sürtkü yağları və yanacaqların keyfiyyəti qarşısında kəskin tələblər qoyur. Tələb olunan sürtkü yağları yüksək termiki və termooksidləşmə stabilliyinə, yüksək yağlama qabiliyyətinə, 250°C və mənfi 60°C temperatur intervalında tələbata uyğun özlülük-temperatur xassələrinə, aşağı donma temperaturuna malik olmalıdırlar. Hazırda istifadə olunan neft və sintetik yağlar bu göstəriciləri ödəmədiyindən, tərkibində müxtəlif funksional qruplar, aktiv mərkəzlər və tsiklik fraqmentləri olan yeni birləşmələrin məqsədyönlü sintezi və onların sürtkü yağlarının əsası və komponenti kimi tədqiqi elmi və praktiki cəhətdən mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat materiallarının təhlili göstərir ki, sintetik sürtkü yağları kimi tədqiq olunan birləşmələr içərisində mürəkkəb efir tipli birləşmələr üstünlük təşkil edir. Hazırda istifadə olunan, alifatik poliollar və çoxəsaslı karbon turşuları əsasında alınan mürəkkəb efir tipli sürtkü yağları və onların kompozisiyaları sənayenin günü-gündən artan tələbatını ödəmir. Bu efirlər geniş temperatur intervalında öz keyfiyyətini itirir, sərt şəraitə tab gətirmir. Bu da öz növbəsində maşın və mexanizmlərin vaxtından əvvəl sıradan çıxmasına, arzuolunmaz maddi itkilərə gətirib çıxarır^{1,2}.

Bu nöqtəyi-nəzərdən müasir və perspektiv texnikanın tələblərinə cavab verən, yüksək istismar xassələrinə malik yeni sürtkü yağlarının yaradılması məqsədilə tsiklik neopoliolların müxtəlif quruluşlu mürəkkəb efirlərinin sintezi və onların sürtkü yağlarının əsası və komponenti kimi tədqiqi müəyyən aktuallıq kəsb edir.

¹ Мамедьяров, М.А. Синтетические смазочные масла (структура и свойства) / М.А. Мамедьяров, Ф.Х. Алиева, Г.Н. Гурбанов, Москва; Научный мир, -2017. - 335 с.

² Цветков, О.Н. Смазочные масла – основа технического прогресса / О.Н. Цветков // Мир нефтепродуктов, -2008. №2, -с.23-27.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqatın obyektı tsiklik neopoliollar əsasında sintez olunmuş simmetrik, qeyri-simmetrik, kompleks, propilenoksid fraqmentli, azot saxlayan mürəkkəb efirlərdir. Tədqiqatın predmeti isə sintez olunmuş efirlərin sürtkü yağlarının əsası və komponenti kimi, digər yağların istismar xassələrini yaxşılaşdıran əlavələr kimi, dizel yanacaqlarına kompleks əlavələr kimi, bakterisid-inhibitor, fungusid xassəli maddələr və konservasiya mayələrinə korroziya inhibitoru kimi tətbiqinin öyrənilməsidir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Təqdim olunan dissertasiya işi tsiklik neopoliolların – 2,2,5,5-tetrametiloltsiklopentanolun (TMTP) və 2,2,6,6-tetrametiloltsikloheksanolun (TMTH) bəzi simmetrik, qeyri-simmetrik, kompleks, propilenoksid fraqmentli, tərkibində azot saxlayan mürəkkəb efirlərinin sintezi, onların xassələrinin öyrənilməsi və tətbiqi sahələrinin araşdırılmasına həsr olunmuşdur.

Dissertasiya işində həll olunan məsələlərə aşağıdakılar daxildir:

- tsiklik ketonların – tsiklopentanon və tsikloheksanonun formaldehidlə aldol kondensləşməsi yolu ilə tsiklik neopoliolların sintezinin optimal variantının tapılması;
- TMTP və TMTH-ın bəzi simmetrik, qeyri-simmetrik, kompleks, propilenoksid fraqmentli, azot saxlayan efirlərinin sintezi, onların xassələrinin öyrənilməsi;
- TMTP və TMTH-ın efirləri bazasında mineral yağlar və sintetik sənaye yağları ilə yeni yağ kompozisiyalarının yaradılması və onların tədqiqi;
- tsiklik neopoliolların bəzi efirlərinin əlavəsilə dizel yanacaqlarının keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması;
- TMTP və TMTH-ın bəzi efirlərinin əlavəsilə konservasiya mayələrinə yeni korroziya inhibitoru kimi sınaqdan keçirilməsi, bakterisid-inhibitor və fungusid xassələrinin öyrənilməsi;
- TMTP-nin C₅-C₉ monokarbon turşuları ilə mürəkkəb efirlərinin alınması prosesinin optimallaşdırılması.

Tədqiqat metodları. Elmi-tədqiqat işində alınmış məhsulların

identifikasiyası və xarakteristikalarının təyini zamanı müasir fiziki-kimyəvi analiz üsullarından (İQ- və NMR-spektroskopiya, turşu ədədinin təyini və s.) istifadə edilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- tsiklik neopoliolların - TMTP və TMTH-ın C₅-C₉ monokarbon turşuları ilə bəzi simmetrik və qeyri-simmetrik efirləri sintez edilmiş, onların xassələri öyrənilmişdir;
- TMTP və TMTH-ın kompleks efirləri sintez edilmiş, onların fiziki-kimyəvi, istismar xassələri öyrənilmişdir;
- TMTP və TMTH-ın propilenoksid fraqmentli mürəkkəb efirləri sintez edilmiş və tədqiq edilmişdir;
- tsiklik neopoliolların azot saxlayan efirləri sintez edilmiş və onların xassələri öyrənilmişdir;
- efirlərin əlavəsilə yeni yağ kompozisiyaları yaradılmış və tədqiq edilmişdir;
- TMTP-nin simmetrik efirlərinin yüksək göstəricilərə malik olması nəzərə alınaraq kapron turşusu ilə pentaefirinin alınması prosesinin optimallaşdırılması həyata keçirilmişdir;
- tədqiqat işində sintez olunmuş efirlərin quruluşu ilə yağların istismar xassələri arasındakı asılılıq araşdırılmışdır.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

- TMTP və TMTH-ın bəzi simmetrik, qeyri-simmetrik, kompleks, propilenoksid fraqmentli və azot saxlayan efirləri sintez olunmuş, onların fiziki-kimyəvi, özlülük-temperatur, termooksidləşmə stabillikləri və yağlama xassələri öyrənilmişdir;
- sintez olunmuş mürəkkəb efirlər yeni sürtkü yağlarının əsası və komponenti kimi, digər yağların istismar xassələrini yaxşılaşdıran əlavələr kimi, dizel yanacaqlarına kompleks əlavələr kimi, həmçinin sintez olunmuş azot saxlayan efirlər də daxil olmaqla bəzi efirlər ilk dəfə korroziya əleyhinə bakterisid-inhibitor kimi, fungisid xassəli maddələr və konservasiya mayələrinə korroziya inhibitoru kimi sınaqdan keçirilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. TMTP və TMTH-in sintez olunmuş efirləri tərkibində tsiklik həlqələr, β vəziyyətdə H atomu olmayan dördlü C atomları və polyar mürəkkəb efir qrupları, eləcə də, azot atomu və propilenoksid fraqmenti saxladığından onlar yüksək termiki və termooksidləşmə sabitliklərinə, yüksək ($250^{\circ}\text{C} \geq$) və aşağı (-60°C) temperaturda standart uyğun özlülük-temperatur göstəricilərinə, həmçinin aşağı donma temperaturuna malikdirlər. Sintez olunmuş efirlərin quruluş-xassə asılıqları müəyyən edilmişdir ki, bu da efirlərin quruluşu məlum olduqda onların xassələri haqda əvvəlcədən proqnoz verməyə, bununla da aparılan sintezin selektiv və iqtisadi cəhətdən səmərəli olmasını müəyyən etməyə imkan verir. Bütün bu xassələri özündə ehtiva edən mürəkkəb efirlər yeni, müasir və perspektiv texnikanın tələblərini ödəyən sürtkü yağlarının əsası və komponenti kimi tövsiyə oluna bilər.

TMTP və TMTH-in efirlərinin bəzi mineral və sintetik sürtkü yağlarına əlavəsilə onların keyfiyyətinin xeyli yüksəldiyi müəyyən edilmiş və bu yağlara əlavələr kimi tövsiyə olunmuşdur.

Bəzi simmetrik və qeyri-simmetrik efirlərinin dizel yanacağına 0.004% əlavəsilə yüksək göstəricilər əldə olunmuşdur: yanacağın termooksidləşmə sabitliyi və alışma temperaturu yüksəlir, çöküntünün miqdarı azalır, donma temperaturu isə aşağı düşür.

Tsiklik poliolların azotlu efirləri, o cümlədən digər qrup efirlərindən bəzilərinin korroziya əleyhinə bakterisid-inhibitor və fungisid xassələri yoxlanılmış, istehsalatda tətbiqi tövsiyə olunmuşdur. Həmçinin bu efirlər konservasiya mayelərinə korroziya inhibitoru kimi də sınaqdan keçirilmiş və qənaətbəxş nəticələr əldə olunmuşdur.

Müəllifin şəxsi iştirakı. Dissertasiya işində əks olunan nəticələr müəllif tərəfindən əldə edilmişdir. Müəllifin iştirakı ilə məsələlərin qoyulması, təcrübə və sınaqların aparılması, nəticələrin sistemləşdirilməsi və ümumiləşdirilməsi həyata keçirilmişdir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas müddəaları və nəticələri aşağıdakı respublika və beynəlxalq elmi-texniki konfranslarda (10 tezis) məruzə və müzakirə edilmişdir:

Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq Elmi Konfrans (NKPI, Bakı, 2019); Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-ci ildönümünə həsr olunmuş “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq Elmi Konfrans (Gəncə Dövlət Universiteti, Gəncə, 2019); 32. Online Ulusal Kimya Kongresi (Türkiyə, 2020); Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 97-ci ildönümünə həsr olunmuş “Müasir təbiət elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq Elmi Konfrans (Gəncə Dövlət Universiteti, Gəncə, 2020); Usbik 2021 online international congress on natural sciences (Türkiyə, 2021); Akademik Nadir Mir-İbrahim oğlu Seyidovun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika Elmi Konfransı (NKPI, Bakı, 2022); Akademik Əli Musa oğlu Quliyevin 110 illik yubileyinə həsr olunmuş “Müxtəlif təyinatlı üzvi maddələr və kompozision materiallar” mövzusunda Respublika Elmi Konfransı (AKİ, Bakı, 2022); Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-ci ildönümünə həsr olunmuş “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq Elmi Konfrans (Gəncə Dövlət Universiteti, Gəncə, 2023).

Dissertasiya işinin nəticələrinə dair 16 elmi məqalə (onlardan 2-si tək müəllifli) “Processes of petrochemistry and oil refining”, “Нефтепереработка и нефтехимия”, “Azərbaycan Neft Təsərrüfatı”, “Мир нефтепродуктов”, “Proceedings of the Azerbaijan National Academy of Sciences”, “Azerbaijan Chemical Journal”, “Технологии нефти и газа” adlı jurnallarda çap olunmuşdur.

1 Azərbaycan Patenti dərc olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun “Sintetik yağlar” laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi 170 səhifə həcmində olub, girişdən, 4 fəsildən, nəticələrdən, ədəbiyyat siyahısı, əlavə və ixtisarlardan ibarətdir. Dissertasiyaya 53 cədvəl və 21 şəkil daxildir. Dissertasiyanın strukturu - giriş 10849, birinci fəsil 60051, ikinci fəsil 42404, üçüncü fəsil 48364, dördüncü fəsil 14415,

nəticələr isə 3660 işarədən ibarətdir. Dissertasiya ümumi 179743 işarə həcmindədir (mündəricat, cədvəllər, şəkillər və ədəbiyyat siyahısı istisna olmaqla).

Girişdə aparılan tədqiqatların aktuallığı, məqsədi, elmi yeniliyi, nəzəri və praktiki əhəmiyyəti haqqında məlumat verilmiş və əsaslandırılmışdır.

Birinci fəsildə alifatik və tsiklik spirtlərin mövcud mürəkkəb efirləri, onların sürtkü yağları, digər yağlara və yanacaqlara komponent və əlavələr kimi tədqiqi, sənaye sürtkü yağları bazasında yeni yağ kompozisiyalarının yaradılmasının son vəziyyəti və perspektivinə dair ədəbiyyat araşdırmaları müzakirə olunmuş və məsələnin qoyuluşu əsaslandırılmışdır.

İkinci fəsildə ilkin neopoliollar- TMTP və TMTH-ın C₅-C₉ monokarbon turşuları ilə bəzi simmetrik və qeyri-simmetrik efirlərinin, dikarbon turşuları ilə kompleks efirlərinin, tərkibində azot atomu və propilenoksid fraqmenti saxlayan mürəkkəb efirlərinin sintezi və onların fiziki-kimyəvi xassələri haqda məlumat verilir. Bu fəsildə TMTP-nin C₅-C₉ monokarbon turşuları ilə sintez olunmuş efirlərinin daha yüksək göstəricilərə malik olmasını nəzərə alaraq TMTP-nin pentakaproat efirinin alınması prosesinin optimallaşdırılması da aparılmışdır. Burada həmçinin alınan efirlərin əlavəsilə neft və sintetik yağların keyfiyyətini daha da yaxşılaşdırmaq məqsədilə yeni yağ kompozisiyalarının yaradılması öz əksini tapmışdır.

Üçüncü fəsildə TMTP və TMTH-ın sintez olunmuş müxtəlif funksional tərkibli efirlərinin özlülük-temperatur, termooksidləşmə stabilliyi və yağlama xassələri öyrənilmişdir. Efirlər öz aralarında müqayisə olunmuş, efirlərin quruluşu ilə istismar xassələri arasındakı asılılıq sistemli şəkildə öyrənilmiş, müəyyən nəticələr əldə olunmuşdur. Efirlərin əlavəsilə mineral və sintetik sənaye yağlarının keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq məqsədilə yeni yağ kompozisiyaları hazırlanmış və tədqiq edilmişdir. Bu fəsildə həmçinin neopoliolların bəzi efirləri konservasiya mayələrinə yeni korroziya inhibitoru kimi sınaqdan keçirilmişdir. Efirlərin korroziyaya qarşı yüksək bakterisid-inhibitor, fungisid xassələrə malik olması müəyyən edilmişdir.

Efirlərin dizel yanacaqlarına əlavəsilə onların keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması sahəsində müəyyən müsbət nəticələr əldə olunmuşdur.

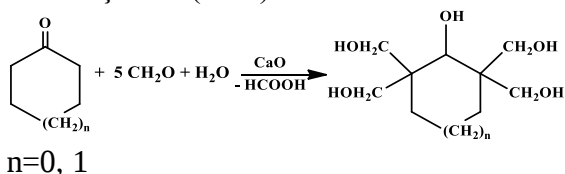
Dördüncü fəsilə tsiklik neopoliolların efirlərinin özlülük-temperatur və termooksidləşmə xassələrinin onların quruluşundan asılılığı, həmçinin müxtəlif quruluşlu efirlərinin dizel yanacaqlarının xassələrinə təsiri dinamikası araşdırılmışdır. Yekun olaraq TMTP və TMTH-in mürəkkəb efirlərinin praktiki tətbiqi yollarına dair tövsiyələr verilmişdir.

Dissertasiya işinin sonunda aparılmış tədqiqatların nəticələri, ədəbiyyat siyahısı, əlavə və ixtisarlər verilmişdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Tsiklik neopoliolların sintezi

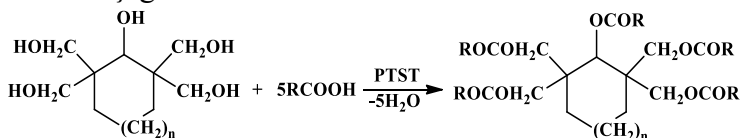
İlkin xammal tsiklik neopoliollar- 2,2,5,5-tetrametilotsiklopentanolun (TMTP) və 2,2,6,6-tetrametilotsikloheksanolun (TMTH) sintezi məlum metodika üzrə Kannitsaro reaksiyasına uyğun olaraq tsiklik ketonların (tsiklopentanon və tsikloheksanon) formaldehidlə qələvi mühitdə (CaO iştirakı ilə) aldol kondensasiyası yolu ilə həyata keçirilir. Tərəfimizdən reaksiyanın optimallaşdırılması aparılmış və müəyyən olunmuşdur ki, keton:formaldehid:CaO mol nisbəti 1:5.5:0.6, temperatur 21°C və mühitin pH-ı 10.8 olduqda son məhsulun maksimum çıxımı (81%) əldə edilir.



Sintez olunmuş TMTP və TMTH ağ rəngli kristallik maddələr olub, ərimə temperaturu uyğun olaraq, 132-133°C və 129-130°C -dir.

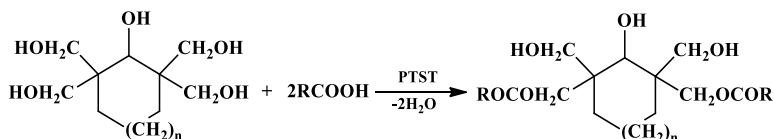
Tsiklik neopoliolların simmetrik, qeyri-simmetrik efirlərinin sintezi

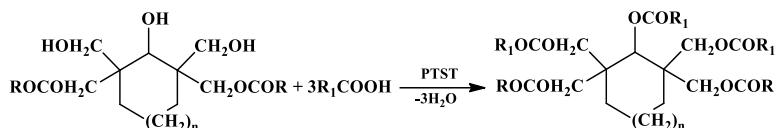
TMTP və TMTH-ın C₅-C₉ monokarbon turşuları ilə simmetrik efirlərinin sintezi həyata keçirilmişdir. Polioll və turşunun mol nisbəti 1:6 (turşu artıq götürülür ki, efirləşmə tam getsin, artıq qalan turşu isə sonda qovularaq ayrılır), katalizator kimi götürülən komponentlərin 1%-i miqdarında para-toluolsulfoturşu (PTST) və azeotrop agent kimi toluol götürülməklə 5 saat müddətində 110-120°C temperaturda suyun tam ayrılması başa çatana qədər reaksiya davam etdirilir. Reaksiya bitdikdən sonra alınan kütlə 5%-li NaOH məhlulu ilə neytrallaşdırılır, sonra neytral mühit alınana qədər su ilə yuyulur, susuz Na₂SO₄ üzərində qurudularaq vakuumda distillə edilir. Reaksiyanın ehtimal olunan sxemi aşağıdakı kimidir:



R = C₅H₁₁- ÷ C₉H₁₉-; n = 0 (efir 1-5), n = 1 (efir 10-14)

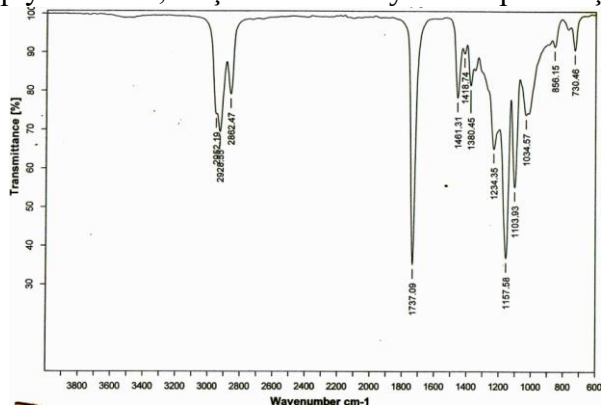
Tsiklik neopoliolların qeyri-simmetrik efirlərinin sintezi 2 mərhələdə həyata keçirilir: I mərhələdə poliollun C₆-C₉ monokarbon turşuları ilə diefirini əldə etmək məqsədilə katalizator kimi PTST (götürülən komponentlərin 1%-i miqdarında) və azeotrop agent kimi toluol götürülməklə 5 saat müddətində 110-120°C temperaturda suyun tam ayrılması başa çatana qədər reaksiya davam etdirilir. II mərhələdə isə sərbəst qalan hidroksil qruplarını tam efirləşdirmək üçün kapron turşusu əlavə olunaraq reaksiya davam etdirilir. Reaksiya bitdikdən sonra alınan kütlə 5%-li NaOH məhlulu ilə neytrallaşdırılır, sonra neytral mühit alınana qədər su ilə yuyulur, susuz Na₂SO₄ üzərində qurudularaq vakuumda distillə edilir. Reaksiyanın ehtimal olunan ümumi sxemi aşağıdakı kimidir:





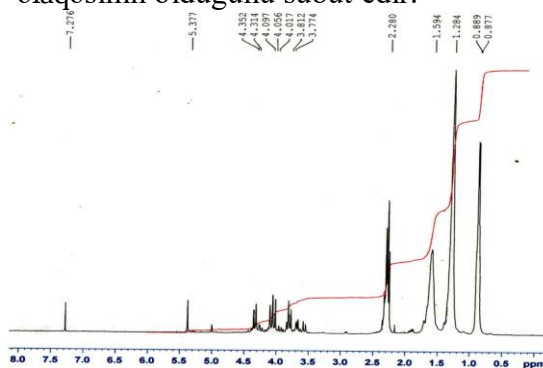
R= C₆H₁₃- ÷ C₉H₁₉-; R₁= C₅H₁₁-; n=0 (efir 6-9), n=1 (efir 15-18)

Sintez olunmuş efirlərin identifikasiyası İQ- və NMR-spektroskopiya üsulları, turşu ədədinin təyini ilə aparılmışdır.



Şəkil 1. TMTH-ın kapron və enant turşuları ilə qeyri-simmetrik efirin (efir 15) İQ-spektri

Efirin İQ-spektrində 730, 1380, 1417, 1461 sm⁻¹ deformasiya və 2862, 2928, 2952 sm⁻¹ valent rəqsləri CH₃ və CH₂ qruplarındakı C-H əlaqələrinin, 1103, 1157, 1737 sm⁻¹ valent rəqsləri isə mürəkkəb efirin C-O və C=O əlaqəsinin olduğunu sübut edir.



Şəkil 2. TMTH-ın kapron və enant turşuları ilə qeyri-simmetrik efirin (efir 15) ¹H NMR spektri

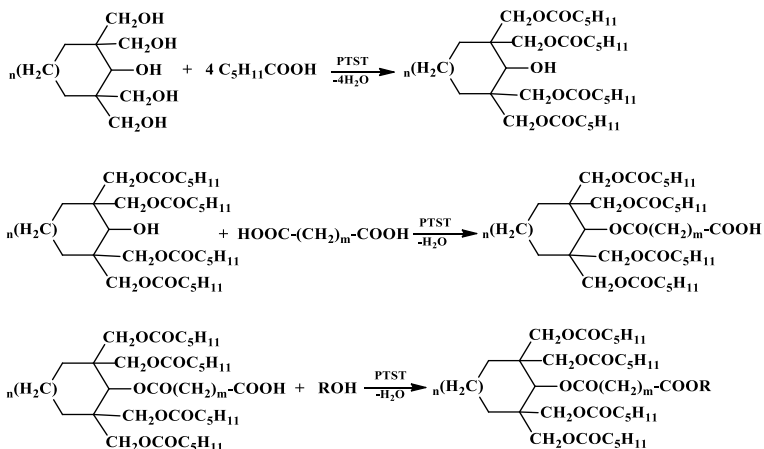
Efirin ^1H NMR spektrində (BRUKER-Fourier 300 MHs, CDCl_3 , δ , m.h.): 0.88 (15H, CH_3), 1.28 (26H, CH_2), 1.59 (14H, CH_2), 2.27 (10H, CH_2CO), 3.77-4.35 (8H, OCH_2), 5.37 (1H, OCH).

Efirin ^{13}C NMR spektrində (BRUKER-Fourier 75 MHs, CDCl_3 , δ , m.h.): 13.86, 13.98 (CH_3), 27.92, 28.83 (C-CH_2), 22.27, 22.45, 24.44, 24.51, 24.73, 24.80, 28.79, 31.26, 31.40, 33.47, 34.12, 38.31, 42.29 (CH_2), 62.42, 66.09, 66.38, 69.72 (OCH_2), 72.80 (OCH), 171.96, 173.22, 173.37, 173.53 (C=O).

Efirlərin fiziki-kimyəvi xassələri öyrənilmişdir. Onlar yüksək qaynama temperaturuna malik rəngsiz mayelərdir, efirlərin çıxımı 72-90% təşkil edir.

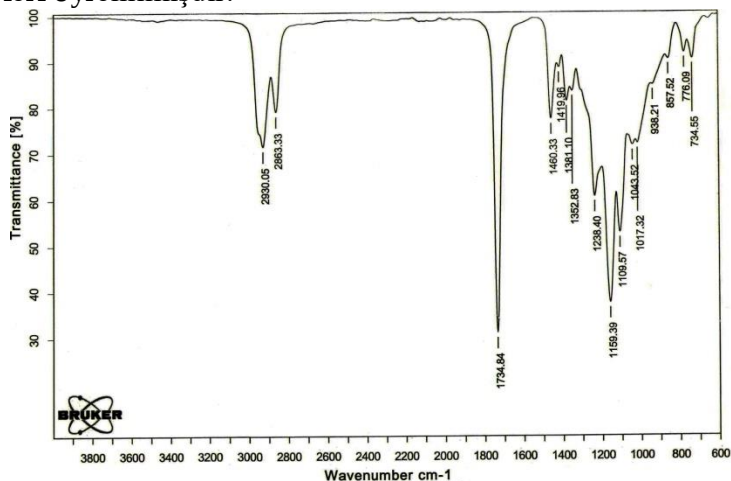
Tsiklik neopoliolların kompleks efirlərinin sintezi

Kompleks efirlərin sintezi üç mərhələdə, PTST katalizatoru iştirakında, azeotrop agent olaraq p-ksilol götürülməklə 140-150°C temperaturda həyata keçirilmişdir. I mərhələdə poliulun kapron turşusu ilə tetraefiri sintez olunur, II mərhələdə sərbəst qalan hidroksil qrupu ikiəsaslı karbon turşusu ilə efirləşdirilir, III mərhələdə isə sərbəst qalan karboksil qrupu spirt ilə efirləşdirilir. Reaksiya bitdikdən sonra eterifikat 5% NaOH məhlulu və neytral olana qədər su ilə yuyulur. p-kxilolun və reaksiyanın yüngül uçucu məhsullarının çıxarılmasından sonra efirlər əldə olunur.



$m=3,5,7$; $R=-CH_3, -C_6H_{13}, -C_8H_{17}$; $n=0$ (efir 19-27), $n=1$ (efir 28-36)

Kompleks efirlərin quruluşları təsdiq edilmiş və fiziki-kimyəvi xassələri öyrənilmişdir.



Şəkil 3. TMTP-nin kapron, qlutar turşuları və heksil spirti ilə kompleks efirinin (efir 20) İQ- spektri

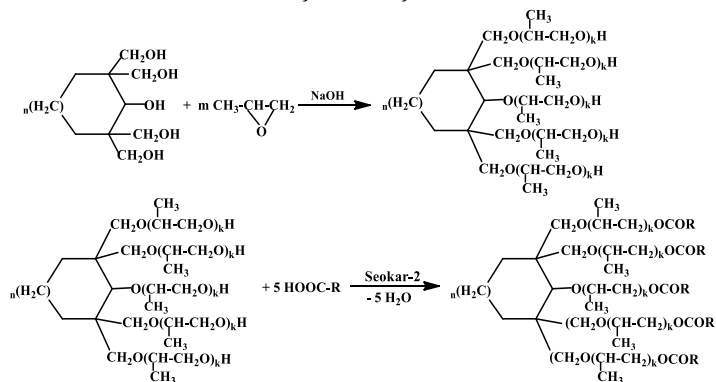
Kompleks efirin İQ- spektrində 734, 1381, 1419, 1460 sm^{-1} deformasiya və 2863, 2930 sm^{-1} valent rəqsləri CH_3 və CH_2 qruplarındakı C-H əlaqələrinin, 1109, 1159 və 1734 sm^{-1} valent rəqsləri isə mürəkkəb efirin C-O və C=O əlaqələrini xarakterizə edir.

Kompleks efirlər yüksək şüasındırma əmsalı və sıxlığa malikdirlər, çıxımları 70-85% təşkil edir.

Tsiklik neopoliolların propilenoksid fraqmenti saxlayan efirlərinin sintezi

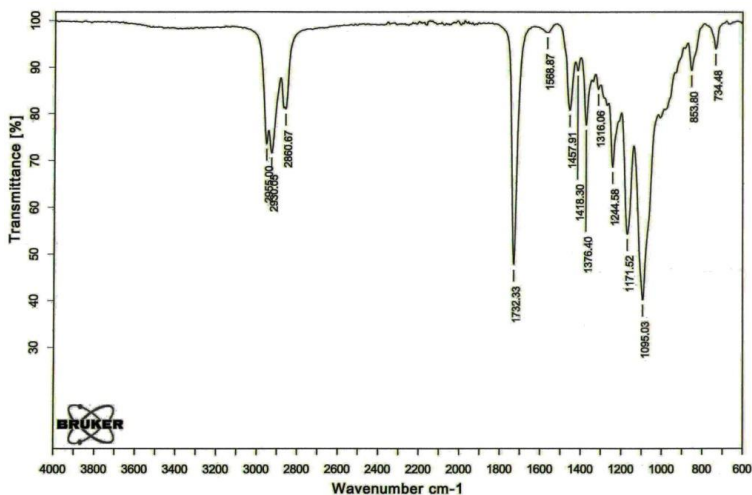
TMTP və TMTH-ın propilenoksid fraqmenti saxlayan mürəkkəb efirlərinin sintezi 2 mərhələdə həyata keçirilmişdir: I mərhələdə poliollun oksipropilləşməsi avtoklavda 150-160°C temperaturda, 5 saat ərzində, poliol:propilen oksidi 1:6 və 1:10 nisbətində, reaksiyaya daxil olan komponentlərin ümumi kütləsinin 1%-i miqdarında götürülmüş NaOH katalizatorunun iştirakında aparılmışdır. Alınmış oksipropilləşmə məhsulu fraksiyalara ayrılmaq üçün vakuum distilləsinə məruz qalmışdır. İkinci mərhələdə isə əldə olunmuş

oksipropilləşdirilmiş polioliun sadə efirləri C₄-C₈ monokarbon turşuları ilə 140-150°C temperaturda, katalizator kimi ümumi kütlənin 1%-i miqdarında Seokar-2, azeotrop agent olaraq p-kxilol götürülməklə 6-8 saat müddətində tam efirləşdirilmişdir.



m=6-10; k=1-2; R= C₄H₉-÷ C₈H₁₇-; n=0 (efir 37-41), n=1 (efir 42-46)

Alınan efirlər yüksək qaynama temperaturuna malik yüksək özlülüklü məhsullardır.



Şəkil 4. Propilenoksid fragmenti saxlayan TMTH-ın pentakaproat efirinin (efir 43) İQ- spektri

Efirin İQ- spektrində 734, 1376, 1418, 1457 sm^{-1} deformasiya və 2860, 2930, 2955 sm^{-1} valent rəqsləri CH_3 və CH_2 qruplarındakı C-H əlaqələrinin, 1095 sm^{-1} valent rəqsləri sadə efirin C-O əlaqəsinin, 1171 və 1732 sm^{-1} valent rəqsləri isə uyğun olaraq, mürəkkəb efirin C-O və C=O əlaqələrini xarakterizə edir.

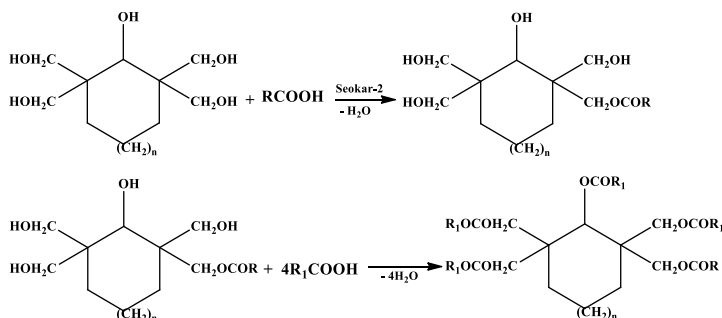
Efirlərin çıxımı 60-78% təşkil edir, yüksək şüasındırma əmsalına malik yüksək molekullu birləşmələrdir.

Tsiklik neopoliolların azot saxlayan efirlərinin sintezi

TMTP və TMTH-in azot saxlayan mürəkkəb efirlərinin sürtkü yağları kimi istifadəsinin mümkünlüyü elmi cəhətdən maraq kəsb etdiyindən onların 2-aminopropion, 2-aminoizovalerian və kapron turşuları ilə mürəkkəb efirləri sintez olunmuşdur.

Efirlərin alınması 2 mərhələdə həyata keçirilmişdir: I mərhələdə spirtlərin aminoturşularla 1:1 mol nisbətində, azeotrop agent kimi p-ksilol və katalizator kimi reaksiyaya girən qarışığın 1%-i qədər Seokar-2 götürülməklə 140-150°C temperaturda təxminən 5 saat müddətində suyun ayrılması başa çatana qədər reaksiya davam etdirilir. Növbəti mərhələdə sərbəst qalan hidroksil qrupları kapron turşusu (1:4-ə mol nisbətində) ilə tam efirləşdirilir.

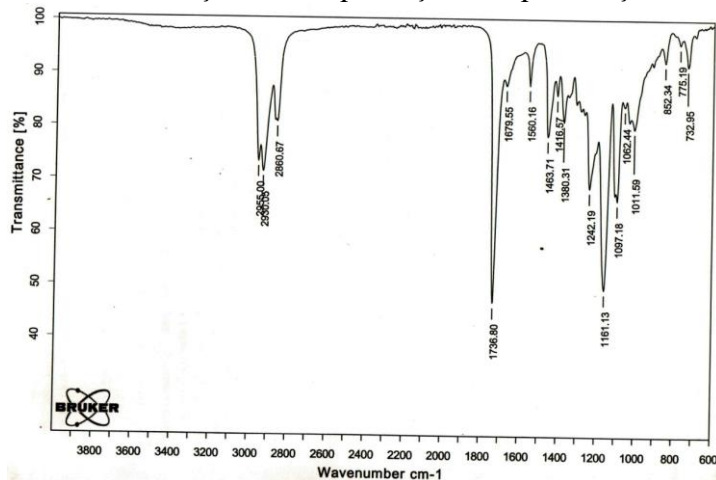
Efirlərin ehtimal olunan ümumi sintez sxemini aşağıdakı kimi göstərmək olar:



$\text{R} = -\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_3, -\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$; $\text{R}_1 = \text{C}_5\text{H}_{11}$; $n=0$ (efir 47-48); $n=1$ (efir 49-50)

Azot saxlayan mürəkkəb efirlər özlü, sürtkü yağı tipli birləşmələrdir. Efirlərin çıxımı 70-80% təşkil edir.

Sintez olunmuş efirlərin quruluşu təsdiq edilmişdir.



Şəkil 5. TMTH-ın 2-aminoizovalerian və kapron turşuları ilə efirin (efir 50) İQ- spektri

Efirin İQ- spektrində 1380 , 1416 , 1463 cm^{-1} deformasiya və 2860 , 2930 , 2955 cm^{-1} valent rəqsləri CH_3 və CH_2 qruplarındakı C-H əlaqələrini göstərir. H-N qrupuna xarakterik olan deformasiya udulma zolağı 1560 cm^{-1} , C-N qrupuna uyğun valent rəqslərinə xas olan udulma zolağı isə 1242 cm^{-1} -də müşahidə olunur. 1736 və 1161 cm^{-1} -dəki udulma zolaqları mürəkkəb efirin uyğun olaraq, C=O və C-O qrupuna aiddir.

Tsiklik neopoliolların efirlərinin istismar xassələrinin tədqiqi

TMTP və TMTH-ın simmetrik və qeyri-simmetrik efirlərinin özlülük-temperatur, termooksidləşmə sabitlikləri və yağlama xassələri öyrənilmişdir.

Cədvəl 1-də efirlərin özlülük-temperatur xassələri verilmişdir.

Cədvəl 1-dən göründüyü kimi efirlərin özlülüüyü 100°C -də 7.90 - $10.71\text{ mm}^2/\text{s}$, alışma temperaturu 281 - 332°C və özlülük indeksi 124 - 138 vahid, donma temperaturu isə mənfi 38°C - mənfi 58°C -dir. Alışma, donma temperaturu və özlülük indeksi üzrə ən yüksək göstərici TMTP-nin qeyri-simmetrik efirinə məxsusdur.

Cədvəl 1

Simmetrik və qeyri-simmetrik efirlərin özlülük-temperatur xassələri

	№	R-turşu radikalı	Özlülük, mm ² /s			Özlülük indeksi	Temperatur, °C	
			100°C	40°C	-30°C		alışma	donma
TMTP-nin efirəri	1	C ₅ H ₁₁ -	7.90	34.2	26346	125	290	-53
	2	C ₆ H ₁₃ -	8.38	35.1	25042	132	299	-51
	3	C ₇ H ₁₅ -	9.12	38.26	27012	130	311	-49
	4	C ₈ H ₁₇ -	9.86	45.23	28060	126	320	-46
	5	C ₉ H ₁₉ -	10.25	47.12	30026	130	332	-45
	6	C ₅ H ₁₁ -, C ₆ H ₁₃ -	8.12	31.61	25216	134	295	-52
	7	C ₅ H ₁₁ -, C ₇ H ₁₅ -	8.61	36.28	26763	135	309	-50
	8	C ₅ H ₁₁ -, C ₈ H ₁₇ -	8.95	38.16	27021	138	332	-50
	9	C ₅ H ₁₁ -, C ₉ H ₁₉ -	9.20	41.66	28013	132	325	-58
TMTH-in efirəri	10	C ₅ H ₁₁ -	10.28	42.23	26500	125	281	-47
	11	C ₆ H ₁₃ -	10.35	42.41	27200	128	286	-45
	12	C ₇ H ₁₅ -	10.58	44.82	24600	124	298	-40
	13	C ₈ H ₁₇ -	10.62	45.13	24200	126	305	-38
	14	C ₉ H ₁₉ -	10.71	47.11	25300	130	315	-36
	15	C ₅ H ₁₁ -, C ₆ H ₁₃ -	10.42	43.28	25100	132	285	-45
	16	C ₅ H ₁₁ -, C ₇ H ₁₅ -	10.47	44.51	24300	135	291	-44
	17	C ₅ H ₁₁ -, C ₈ H ₁₇ -	10.60	45.16	23800	131	306	-42
	18	C ₅ H ₁₁ -, C ₉ H ₁₉ -	10.64	45.28	23600	133	310	-40
	PET-in YTQ C ₅ -C ₉ fr. ilə efiri		4.50	14.90	9260*	130	246	-58

* mənfə 40°C-də

Efirlərin göstəricilərinin pentaeritrit (PET) efirləri ilə müqayisəsi göstərir ki, onlar üstün xassələrə malikdirlər.

Efirlərin termooksidləşmə stabillikləri öyrənilmiş və müəyyən olunmuşdur ki, bu efirlər oksidləşmə zamanı kifayət qədər stabildirlər. Efirlər aşağı uçuculuğa malikdirlər (0.010-0.060% kütlə) və izooktada həll olunmayan çöküntünün miqdarı – 0.002-0.015% kütlədir. Alüminium AK-4 (0.009-0.24 mq/sm²) və polad IX-15 (0.016-0.040 mq/sm²) elektodları yüngül korroziyaya məruz qalmışdır. Oksidləşmədən sonra efirlərin turşu ədədi 0.15-1.60 mqKOH/q təşkil edir. Efirlərin istismar xassələrini müqayisə etdikdə məlum olmuşdur ki, qeyri-simmetrik efirlər simmetriklərə nisbətən daha yaxşı göstəricilərə malikdir ki, bu da onların molekul quruluşu,

yəni efir qruplarının tərkibi və yerləşmə konformasiyası ilə izah olunur. Efirlərin göstəriciləri PET efirləri (uçuculuq- 1.2% kütlə, çöküntünün miqdarı – 0.021% kütlə, turşu ədədi- 1.89 mqKOH/q) ilə müqayisə olunmuş və aydın olmuşdur ki, efirlər termooksidləşmə xassələrinə görə müəyyən üstünlüklərə malikdir.

Efirlərin yağlama xassələrinin tədqiqi göstərir ki, onlar yaxşı yağlama qabiliyyətinə malikdirlər: kritik yükün miqdarı, $P_{k,H}=690-840$ intervalında dəyişdikdə yeyilmə diametri $D_y=0.55-0.80$ mm təşkil etmişdir. PET efirlərinin yağlama xassələri ($P_{k,H}=500$, $D_y=0.79$ mm) ilə müqayisə aparıldıqda bu efirlərin daha üstün olduğu aşkarlanmışdır. Yüksək yağlama qabiliyyəti efirlərin kimyəvi quruluşu ilə izah olunur, yəni molekulda çoxlu sayda polyar efir qruplarının və tsiklik fraqmentlərin olması sürtünən səthlər arasında güclü yağ təbəqəsinin yaradılmasında mühüm rol oynayır. Qeyri-simmetrik efirlər simmetriklərə nisbətən daha yaxşı göstəricilərə malikdir, bu da onların molekulunun fəza quruluşu, həmçinin efir qruplarının tərkibi və yeri ilə izah olunur. O da məlumdur ki, qeyri-simmetrik efirlər sürtünən səthlər ilə daha güclü donor-akseptor bağı əmələ gətirir və bununla da yağların yeyilməyə qarşı xassələrini yaxşılaşdıran əlavə polyar mərkəzini təmsil edir.

Beləliklə, simmetrik və qeyri-simmetrik efirlər pentaeritrit efirləri ilə müqayisədə yaxşı istismar xassələrinə malikdir və onlar yeni sürtkü yağlarının əsası və komponenti kimi təklif oluna bilər.

TMTP və TMTH əsasında sintez olunmuş kompleks və propilenoksid saxlayan efirlərinin də istismar xassələri tədqiq olunmuşdur.

Kompleks efirlərin özlülük-temperatur xassələri cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2-dən göründüyü kimi, kompleks efirlər 100°C -də ($14.12-23.61$ mm²/s) yüksək özlülük səviyyəsinə, özlülük indeksinə ($123-142$ vahid) və alışma temperaturuna ($281-355^{\circ}\text{C}$), nisbətən aşağı donma temperaturuna (mənfi 30°C ÷mənfi 43°C) malikdirlər. Efirlərin öz aralarında müqayisəsi göstərir ki, özlülük indeksi və donma temperaturu üzrə ən yüksək göstərici TMTP-nin efirlərinə, alışma temperaturu üzrə isə TMTH-in efirinə məxsusdur.

Cədvəl 2

Kompleks efirlərin özlülük-temperatur xassələri

№	Efirlərin tərkibi	Özlülük, mm ² /s,		Özlülük indeksi	Temperatur, °C	
		40°C	100°C		alışma	donma
1	2	3	4	5	6	7
19	TMTP, qlutar, kapron turşuları, metanol (1:1:4:1)	43.16	14.12	130	281	-39
20	TMTP, qlutar, kapron turşuları, heksanol (1:1:4:1)	51.72	16.48	133	296	-36
21	TMTP, qlutar, kapron turşuları, 2-etilheksanol (1:1:4:1)	57.61	18.63	142	312	-41
22	TMTP, pimelin, kapron turşuları, metanol (1:1:4:1)	49.12	15.70	129	290	-38
23	TMTP, pimelin, kapron turşuları, heksanol (1:1:4:1)	56.23	17.90	136	320	-37
24	TMTP, pimelin, kapron turşuları, 2-etilheksanol (1:1:4:1)	60.49	19.57	138	328	-43
25	TMTP, azelain, kapron, turşuları, metanol (1:1:4:1)	53.18	17.12	140	301	-36
26	TMTP, azelain, kapron, turşuları, heksanol (1:1:4:1)	59.35	19.56	132	330	-35
27	TMTP, azelain, kapron, turşuları, 2-etilheksanol (1:1:4:1)	71.11	22.90	135	337	-39
28	TMTH, qlutar, kapron turşuları, metanol (1:1:4:1)	61.72	15.28	136	296	-36
29	TMTH, qlutar, kapron turşuları, heksanol (1:1:4:1)	74.68	18.26	132	312	-33
30	TMTH, qlutar, kapron turşuları, 2-etilheksanol (1:1:4:1)	80.12	19.18	140	321	-38

Cədvəl 2-nin davamı

1	2	3	4	5	6	7
31	TMTH, pimelin, kapron turşuları, metanol (1:1:4:1)	65.52	16.33	128	328	-33
32	TMTH, pimelin, kapron turşuları, heksanol (1:1:4:1)	71.63	17.98	125	334	-31
33	TMTH, pimelin, kapron turşuları, 2-etilheksanol (1:1:4:1)	81.39	20.01	133	341	-30
34	TMTH, azelain, kapron, turşuları, metanol (1:1:4:1)	69.22	17.48	123	346	-34
35	TMTH, azelain, kapron, turşuları, heksanol (1:1:4:1)	79.48	19.56	131	349	-32
36	TMTH, azelain, kapron, turşuları, 2-etilheksanol (1:1:4:1)	94.91	23.61	135	355	-36

Kompleks efirlərin termooksidləşmə sabitlikləri öyrənilmiş və müəyyən olunmuşdur ki, efirlər oksidləşmədən sonra aşağı turşu ədədinə (2.23-3.26 mqKOH/q), izooktada həll olmayan çöküntüyə (0.091-0.20% kütlə), uçuculuğa (0.361-0.83%) malikdirlər və yüngül korroziya (AK-4- 0.072-0.14 mq/sm², IIX-15- 0.086-0.20 mq/sm²) müşahidə olunmuşdur.

Kompleks efirlərin yağlama xassələrinin tədqiqi göstərir ki, onlar yüksək yeyilmə və sürtünməyə qarşı xassələrə malikdirlər: kritik yük $P_k, H=820-980$ olduqda, yeyilmə çevrəsinin diametri $D_y=0.40-0.60$ mm təşkil edir. Yüksək molekul kütləsinə malik olan bu efirlər sərt şəraitə tab gətirərək sürtünən səthlər arasında güclü və davamlı yağ təbəqəsi əmələ gətirir ki, bu da tərkibində çoxlu polyar efir qruplarının olması ilə bağlıdır.

Kompleks efirlərin istismar xassələrinin tsiklik neopoliolların fərdi analoqları və PET efirləri ilə müqayisəsi aparılmış və onların əhəmiyyətli dərəcədə üstünlüyü müəyyən olunmuşdur.

Tsiklik neopoliolların propilenoksid fraqmentli mürəkkəb efirlərinin istismar xassələri tədqiq olunmuşdur.

Cədvəl 3-də efirlərin özlülük-temperatur xassələri verilmişdir.

Cədvəl 3
Efirlərinin özlülük-temperatur xassələri

	№	R-turşu radikalı	Özlülük, mm ² /s		Özlülük indeksi	Temperatur, °C	
			40°C	100°C		alışma	donma
TMTP-nin efirləri	37	C ₄ H ₉ -	92.48	23.50	145	305	-43
	38	C ₅ H ₁₁ -	130.95	28.06	133	320	-41
	39	C ₆ H ₁₃ -	136.80	30.12	140	330	-40
	40	C ₇ H ₁₅ -	150.12	33.72	135	350	-42
	41	C ₈ H ₁₇ -	160.43	40.22	150	380	-38
TMTH-n efirləri	42	C ₄ H ₉ -	130.00	28.42	136	306	-34
	43	C ₅ H ₁₁ -	141.16	30.71	139	315	-32
	44	C ₆ H ₁₃ -	145.28	31.93	137	322	-29
	45	C ₇ H ₁₅ -	150.12	33.55	140	330	-26
	46	C ₈ H ₁₇ -	156.71	35.48	143	341	-24

Göründüyü kimi, efirlər 100°C-də orta özlülük səviyyəsinə (23.50-40.22 mm²/s), aşağı donma temperaturuna (mənfi 28 ÷ mənfi 43°C), yüksək özlülük indeksinə (133-150 vahid) və alışma temperaturuna (305°C -380°C) malikdirlər.

Termooksidləşmə stabilliklərinin tədqiqi göstərir ki, efirlər oksidləşmədən sonra yüksək olmayan turşu ədədinə (2.50-3.28 mqKOH/q), korroziyaya (AK-4 - 0.06-0.16 mq/sm² və IIX-15 - 0.07-0.17 mq/sm²), izooktanda həll olmayan çöküntüyə (0.10-0.248 % kütlə) və buxarlanmaya (0.30-0.50 % kütlə) malikdirlər.

Efirlərin yağlama xassəsinə gəlincə, onlar yeyilmə və sürtünməyə qarşı qənaətbəxş xassələrə malikdirlər: P_k,H=700-900, D_y=0.50-0.70 mm. Bu, efirlərin yüksək molekul kütləsi, çoxpolyarlı efir qruplarına və tsiklik fraqmentlərə malik olması ilə izah olunur. Bu səbəbdən onlar yüksək temperaturda davamlı yağ təbəqəsi əmələ gətirir və bununla da geniş temperatur intervalında işləyən sürtünən

hissələrin və mexanizmlərin etibarlılığını və davamlılığını təmin edirlər.

Oksipropilləşmiş efirlərin TMTP və TMTH-in pentakaproat efiri və PET efiri ilə müqayisədə yüksək istismar xassələrinə malik olması onlar əsasında yeni perspektivli sürtkü yağlarının yaradılması üçün böyük imkanlar açır.

Tsiklik neopoliolların efirlərinin bakterisid-inhibitor, antifunqal və konservasiya mayelərinə korroziya inhibitoru kimi sınaqdan keçirilməsi

Tsiklik poliolların efirlərinin digər tətbiq sahələrini araşdırmaq məqsədilə onlardan bəzilərinin bakterisid-inhibitor, fungisid xassələri öyrənilmiş, konservasiya mayelərinə korroziya inhibitoru kimi sınaqdan keçirilmişdir.

TMTH-in azot saxlayan efirlərinin (efir 49 və efir 50), TMTP-nin enant turşusu ilə simmetrik (efir 2), TMTH-in kapron və enant, kapron və kapril, kapron və pelarqon turşuları ilə qeyri-simmetrik (efir 15, efir 16, efir 17), TMTH-in kapron, qlutar turşuları və heksil spirti ilə kompleks efirlərinin (efir 29) sulfat reduksiyaedici bakteriyalara (SRB) qarşı bakterisid-inhibitor xassələri öyrənilmişdir. Əldə olunan nəticələr sənaye reagentləri (АМДОР-ИК-7 və АМДОР-ИК-10) ilə müqayisəli şəkildə cədvəl 4-də verilmişdir.

Cədvəldən göründüyü kimi, efirlər bütün qatılıqlarda sənaye reagentləri ilə müqayisədə yüksək nəticə göstərmişdir. Azot saxlayan efirlər üçün ən yüksək nəticələr xüsusilə 200 mq/l qatılıqda qeydə alınmışdır. 10%-li komplekslər 94.4 və 95.1% bakterisid xassə göstərərək bakteriyaların sayını milyondan 10^1 -ə endirmiş və bununla da bakteriya hüceyrələrinin inkişafı xeyli dayanmışdır. Digər efirlərə gəlincə, ən yüksək nəticə kompleks efirə (efir 29) məxsusdur. Efirlərin nəinki 50 və 100 mq/l qatılıqlarda, hətta 25 mq/l qatılıqda belə göstərdiyi nəticələr (77.1-99.6%) sənaye reagentlərinin nəticələrindən yüksəkdir.

Beləliklə, 100 mq/l qatılıqda bütün efirlər, 50 mq/l qatılıqda isə efir 2 və efir 29 100% bakterisid xassə göstərərək bakteriyaların sayını sıfıra endirmişdir.

Cədvəl 4
Efirlərin bakterisid xassələri

Komplekslərin adı	Maddənin qatılığı, C-mq/l	Bakteriyaların sayı (hüceyrə sayı/ml)	H ₂ S miqdarı mq/l	Bakterisid effekti, Z-%
1	2	3	4	5
5% efir 2	25	10 ¹	31.8	92
	50	10 ¹	15.7	95.8
	100	-	-	100
10% efir 2	25	10 ¹	2.6	99.3
	50	-	-	100
	100	-	-	100
5% efir 15	25	10 ²	69.5	82
	50	10 ¹	23.1	94
	100	-	-	100
10% efir15	25	10 ²	58.1	84.7
	50	10 ¹	13	96.5
	100	-	-	100
5% efir 16	25	10 ³	87.3	77.1
	50	10 ¹	40	89.5
	100	-	-	100
10% efir 16	25	10 ²	80	79
	50	10 ¹	30.3	92
	100	-	-	100
5% efir 17	25	10 ¹	66.9	82.4
	50	10 ¹	37	90.3
	100	-	-	100
10% efir 17	25	10 ¹	48	87.4
	50	10 ¹	29	92.4
	100	-	-	100
5% efir 29	25	10 ¹	1.95	99.4
	50	-	-	100
	100	-	-	100
10% efir 29	25	10 ¹	1.23	99.6
	50	-	-	100
	100	-	-	100
5% efir 49	50	10 ³	102	72.8
	100	10 ²	54.9	85.3
	200	10 ¹	31.7	91.5

Cədvəl 4-ün davamı

1	2	3	4	5
10% efir 49	50	10^2	62.5	83.3
	100	10^1	30	91
	200	10^1	18.2	95.1
5% efir 50	50	10^3	116	69
	100	10^2	70	81.3
	200	10^1	36	90.4
10% efir 50	50	10^2	81.3	78.3
	100	10^1	40.9	89
	200	10^1	21	94.4
Nəzarət-I SRB-siz mühitdə H_2S -in miqdarı	28 mq/l			
Nəzarət-II SRB-li mühitdə H_2S -in miqdarı	382 mq/l			
Nəzarət-III -Qidalı mühitdə bakteriyaların sayı	10^8 hüceyrə sayı/ml			
АМДОР-ИК-7	50	-	-	60
	100	-	-	75
АМДОР-ИК-10	50	-	-	40
	100	-	-	80

Efirlərin fungusid xassələrini tədqiq etmək məqsədlə 7 adda efir nümunəsinin: TMTH-ın azot saxlayan efirlərinin (efir 49 və efir 50), TMTP-nin enant turşusu ilə və TMTH-ın kapron turşusu ilə simmetrik (uyğun olaraq efir 2 və efir 10), TMTH-ın kapron və enant, kapron və kapril, kapron və pelarqon turşuları ilə qeyri-simmetrik efirlərinin (uyğun olaraq efir 15, efir 16, efir 17) *Aspergillius niger* və *Penicilium digitatium* göbələkləri əleyhinə xassələri öyrənilmişdir. Əldə olunan nəticələrə görə yalnız efir 49 hər iki göbələyə qarşı güclü təsir göstərərək onların inkişafının qarşısını almışdır. Efir 50, efir 2, efir 15, efir 16 və efir 17 isə *Aspergillius niger* göbələyinə qarşı güclü təsir göstərərək onun inkişafını dayandırmış, *Penicilium digitatium* göbələyinə qarşı isə zəif təsir göstərmişdir. Efir 10 isə əksinə, *Penicilium digitatium* göbələyinə qarşı güclü təsir göstərmiş, *Aspergillius niger* göbələyinə qarşı isə zəif təsir göstərərək göbələyin inkişafına səbəb olmuşdur.

TMTP və TMTH-ın bəzi efirlərinin T-30 mineral yağı ilə 3 və 10%-li kompozisiyaları hazırlanaraq konservasiya mayelərinə korroziya inhibitoru kimi sınaqdan keçirilmişdir. Bu məqsədlə aqressiv mühit kimi “T-4” hidrokamerası, dəniz suyu və 0.001%-li H₂SO₄ məhlulu seçilmişdir.

Cədvəl 5

Kompozisiyaların korroziyadan mühafizə xassələri

Nümunələr	İnhibitorun qatılığı, %	Korroziyadan qorunma, günlər		
		«Γ-4» Hidrokamera	Dəniz suyu	0.001% H ₂ SO ₄ məhlulu
Efir 16 + Efir 50	3	167	28	26
	10	202	57	55
Efir 2	10	110	28	25
Efir 15	10	120	34	31
Efir 16	10	117	32	21
Efir 17	10	115	30	27
Efir 29	3	105	25	22
	10	162	70	62
T-30 yağı	100	35	15	9
HΓ-203A		83	16	

Cədvəldən göründüyü kimi, ən yüksək nəticələr azot saxlayan efirdə və 10%-li kompozisiyalarda müşahidə olunmuşdur. Kompozisiyaların T-30 mineral yağı ilə müqayisəsi göstərir ki, bütün qatılıqlarda və hər üç aqressiv mühitdə kompozisiyaların nəticələri (xüsusilə «Γ-4» hidrokamerasında) yağın öz nəticələrindən xeyli yüksəkdir. Sınaq nəticələri eyni zamanda sənayedə istifadə olunan HΓ-203A inhibitoru ilə müqayisə olunmuşdur. Cədvəldən göründüyü kimi, «Γ-4» hidrokamerasında və dəniz suyunda efirlərin əlavəsilə hazırlanan kompozisiyalar sənaye inhibitoru ilə müqayisədə yüksək göstəricilərə malikdirlər.

Tsiklik neopoliolların efirləri bazasında yaradılmış yeni yağ kompozisiyalarının istismar xassələrinin araşdırılması

Bir sıra mineral yağların (T-30, T-46) və sintetik sənaye yağlarının (AB, DOS, PET, PAO) keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün tsiklik neopoliolların müxtəlif efirlərindən istifadə olunmuşdur.

Bu məqsədlə DOS yağına TMTP-nin kompleks efirləri (efir 22 və efir 24), PET yağına TMTP-nin simmetrik və qeyri-simmetrik efirləri (efir 1 və efir 7), PAO və AB yağlarına TMTP və TMTH-in qarışıq efirləri, T-30 və T-46 mineral yağlarına isə TMTP və TMTH-in simmetrik (efir 1 və efir 10) və qeyri-simmetrik (efir 7 və efir 16) efirləri 5, 10, 20% əlavə olunaraq yeni yağ kompozisiyaları yaradılmış və onların özlülük-temperatur, termooksidləşmə stabillikləri və yağlama xassələri öyrənilmişdir.

Kompozisiyaların özlülük-temperatur xassələri müqayisəli şəkildə cədvəl 6-da verilmişdir.

Cədvəl 6

Kompozisiyaların özlülük-temperatur xassələri

Kompozisiyalar	Özlülük, mm ² /s		Özlülük indeksi	Temperatur, °C	
	100°C	40°C		alışma	donma
DOS + 10% efir 22	5.46	17.19	132	237	-58
DOS + 20% efir 22	5.51	18.80	143	251	-56
DOS + 10% efir 24	5.42	18.09	136	253	-60
DOS + 20% efir 24	5.80	19.27	149	278	-50
DOS yağı	3.2	8.89	130	216	-60
PET + 10% efir 1	4.78	14.96	128	210	-58
PET + 20% efir 1	4.96	15.21	130	235	-58
PET + 10% efir 7	4.91	15.10	132	223	-58
PET + 20% efir 7	5.18	17.42	136	258	-56
PET əsasında Б-3В сәнaye yağı	4.70	13.85	130	210	-58
PAO + 10%[efir 10+ PET efiri]	10.01	38.23	130	255	-52
PAO + 20% [efir 10+ PET efiri]	10.22	40.11	132	281	-54
PAO + 10% [efir 1 + PET efiri]	9.38	36.21	130	263	-56
PAO + 20% [efir 1+ PET efiri]	9.30	34.41	135	290	-58
AB + 20% [efir 10 + PET efiri]	12.05	49.03	140	275	-52
AB + 20% [efir 1 + PET efiri]	11.80	48.74	155	293	-58
T-30 + 20% efir 7	7.56	42.11	86	276	-48
T-30 + 10% efir 16	7.95	46.16	75	273	-43
T-30 neft yağı	6.20	47.9	64	214	-34
T-46 + 10% efir 7	8.60	41.23	135	260	-45
T-46 + 20% efir 7	8.70	43.01	140	280	-48
T-46 neft yağı	8.61	81.33	69	199	-30

Cədvəldən göründüyü kimi, yağların öz xassələri ilə müqayisə etdikdə efirlərin əlavəsilə kompozisiyaların demək olar ki, bütün parametrləri yüksəlmişdir: özlülük indeksi və alışma temperaturu artmış, donma temperaturu isə azalmışdır. Ən yüksək nəticələr 10 və 20%-li kompozisiyalarda müşahidə olunmuşdur.

Cədvəl 7-də kompozisiyaların TOS göstəriciləri əks olunmuşdur.

Cədvəl 7

Kompozisiyaların termooksidləşmə stabillikləri

Kompozisiyalar	Özlülük, 100°C, mm ² /s, (oksid. sonra)	Türşü ədədi, mqKOH/q	İzooktan da həll olmayan çöküntü- nün miqdarı, % kütlə	Korroziya, mq/sm ²		Buxarlan- ma, % kütlə
				AK-4	IIIХ-15	
DOS +20% efir 22	6.28	2.01	0.72	0.14	0.12	1.85
DOS + 20% efir 24	6.33	2.90	1.04	0.15	0.11	2.03
DOS yağı	4.95	6.42	1.41	0.24	0.21	2.1
PET +10% efir 1	6.56	1.15	0.0018	0.065	0.019	0.08
PET + 20% efir 7	6.92	1.20	0.0019	0.075	0.023	0.082
PET yağı	5.88	1.93	0.027	0.13	1.82	1.60
PAO + 20% [efir 10 + PET efiri]	13.48	1.10	0.02	0.10	0.55	0.96
PAO + 20% [efir 1 + PET efiri]	12.06	1.08	0.018	0.25	0.40	0.85
PAO yağı	11.48	1.40	0.08	1.12	1.26	1.33
AB + 20% [efir 10 +PET efiri]	13.90	1.25	0.010	0.07	0.70	1.10
AB + 20% [efir 1 +PET efiri]	13.15	1.06	0.055	0.03	0.65	0.95
AB yağı	14.60	1.38	0.03	0.18	0.93	1.40
T-30 + 20% efir 1	7.80	-	0.22	-	-	0.17
T-30 + 20% efir 10	8.12	-	0.30	-	-	0.16
T-30 + 20% efir 7	8.41	-	0.20	-	-	0.12
T-30 + 20% efir 16	9.14	-	0.40	-	-	0.16
T-30 yağı	7.50	-	0.36	-	-	0.24
T-46 + 20% efir 1	9.26	-	0.38	-	-	0.00
T-46 + 20% efir 10	10.20	-	0.28	-	-	0.00
T-46 + 20% efir 7	9.70	-	0.32	-	-	0.00
T-46 + 20% efir16	10.60	-	0.43	-	-	0.00
T-46 yağı	9.61	-	0.51	-	-	0.25

Əldə olunan nəticələrə görə oksidləşmədən sonra yağların özü ilə müqayisədə kompozisiyaların turşu ədədi, çöküntünün miqdarı, buxarlanma xeyli aşağıdır, cüzi korroziya müşahidə olunmuşdur. Qeyri-simmetrik efirlərin əlavəsilə hazırlanmış kompozisiyaların TOS göstəriciləri simmetrik efirlərindən daha yaxşıdır. Kompleks efirlərin müsbət təsiri tərkibində tsiklopentan həlqəsinin, çoxlu sayda polyar efir qruplarının, tsiklik həlqədə 2,5 vəziyyətində oksidləşməyə davamlı 4-lü C atomlarının varlığı ilə izah olunur.

Kompozisiyaların yağlama xassələri öyrənilmiş və nəticələr cədvəl 8-də verilmişdir.

Cədvəl 8
Kompozisiyaların yağlama xassələri

Kompozisiyalar	Kritik yükün miqdarı, $P_{k,H}$	Yeyilmə çevrəsinin diametri, $D_{y,mm}$ $P=196H$
DOS +20% efir 22	670	0.55
DOS + 20% efir 24	710	0.60
DOS	500	0.69
PET efiri +20% efir 1	650	0.70
PET efiri + 20% efir 7	650	0.55
PET efiri	500	0.79

Cədvəldən göründüyü kimi, kompozisiyalar yüksək yağlama qabiliyyətinə malikdir. Efirlərin əlavəsilə yeyilmə çevrəsinin diametri azalmışdır. Ən yüksək nəticələr TMTP-nin qeyri-simmetrik və kompleks efirlərinin 20%-li kompozisiyalarında müşahidə olunmuşdur ki, bu da, efirlərin yüksək polyarlığa malik olmaqla metal səthinə daha yaxşı adsorbsiya olunması və sürtünən səthlər arasında davamlı təbəqə əmələ gətirməsi ilə izah oluna bilər.

Beləliklə, tədqiqatın yekunu kimi qeyd oluna bilər ki, hazırlanmış yağ kompozisiyaları hazırda sənayedə tətbiq olunan və perspektivdə nəzərdə tutulan baza yağlarına qoyulan bütün tələblərə cavab verdiyindən onlar sənayenin müxtəlif sahələrində istifadə oluna bilər.

Tsiklik neopoliolların mürəkkəb efirlərinin əlavəsilə dizel yanacaqlarının keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması

Dizel yanacaqlarının keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq məqsədilə TMTP və TMTH-ın kapron turşusu ilə simmetrik (efir 1 və efir 10),

kapron və kapril turşuları ilə qeyri-simmetrik (efir 7 və efir 16) və kapron, pimelin turşuları və heksil spirti ilə kompleks efirləri (efir 23 və efir 32) dizel yanacağına 0.004% əlavə olunaraq termooksidləşmə stabilliyini yaxşılaşdıran antioksidant əlavələr kimi sınaqdan keçirilmişdir.

Əldə olunan nəticələrə görə efirlərin əlavə olunması dizel yanacağının fraksiya tərkibinə demək olar ki, heç bir təsir göstərməmiş, 96%-i 350-362°C temperatur intervalında distillə edilmiş, bütün nümunələrin sıxlığı 845-847 kq/m³ olmuşdur. Çöküntünün miqdarı 8.6-dan 0.6-3.6 mq/100 ml-ə qədər azalmış, qapalı putada alışma temperaturu 76°C-dən 88°C-ə yüksəlmiş, donma temperaturu isə mənfi 18.2°C-dən mənfi 25.1°C-yə qədər azalmışdır. Ön yaxşı göstəricilər TMTP-nin simmetrik və qeyri-simmetrik efirlərində müşahidə olunmuşdur ki, bu da onların quruluşu ilə birbaşa əlaqədardır. Qeyd olunanları nəzərə alaraq bu efirlər dizel yanacaqlarına kompleks əlavələr kimi tövsiyə oluna bilər.

Tədqiqat işində həmçinin sintez olunmuş efirlər üçün quruluş-xassə asılılığı da araşdırılmış, müəyyən nəticə və qanunauyğunluqlar əldə olunmuşdur ki, bunlar da efirlərin quruluşu məlum olduqda onların xassələri haqda əvvəlcədən proqnoz verməyə, bununla da aparılan sintezin selektiv və iqtisadi cəhətdən səmərəli olmasını müəyyən etməyə imkan verir.

NƏTİCƏLƏR

1. 2,2,5,5-tetrametiloltsiklopentanolun (TMTP) 2,2,6,6-tetrametiloltsikloheksanolun (TMTH) C₅-C₉ alifatik monokarbon turşuları ilə bəzi simmetrik və qeyri-simmetrik efirləri sintez edilmiş, onların fiziki-kimyəvi və özlülük-temperatur, termooksidləşmə stabillikləri (TOS), yağlama xassələri öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, bu efirlər yaxşı özlülük-temperatur göstəricilərinə, özlülük indeksinə, yüksək alışma temperaturuna, aşağı donma temperaturuna, yüksək TOS və yağlama xassəsinə malikdirlər [2,3, 7, 13, 15].
2. TMTP və TMTH-in kapron, qlutar, pimelin, azelain turşuları, 2-etilheksanol, heksanol və metanolla 3 mərhələdə kompleks efirləri sintez olunmuş, onların fiziki-kimyəvi, özlülük-temperatur,

TOS xassələri öyrənilmişdir. Kompleks efirlər 100°C-də 16.48-22.90 mm²/s özlülüyə, 130-140 vahid özlülük indeksinə, 300-337°C alışma temperaturuna, mənfi 38°C-mənfi 41°C donma temperaturuna malikdirlər. Bu efirlər yüksək temperatūra davamlı xüsusi təyinatlı yağlar kimi və digər yağlara onların istismar xassələrini yaxşılaşdıran komponent və ya əlavələr kimi tövsiyə olunur [1, 4, 6, 11].

3. Propilenoksid fraqmentli TMTP və TMTH-ın C₄-C₈ monokarbon turşuları ilə mürəkkəb efirləri sintez olunmuş və istismar xassələri tədqiq edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, onlar yüksək termiki və termooksidləşmə sabilliyinə, özlülük-temperatur göstəricilərinə (100°C-də özlülük - 23.50-40.22 mm²/s, özlülük indeksi- 133-150 vahid, alışma temperaturu - 305-380°C), yağlama xassələrinə (P_K,H=700-900, D_y=0.55-0.70mm) və qənaətbəxş donma temperaturuna (mənfi 38°C - mənfi 41°C) malikdirlər. Bunları nəzərə alaraq bu efirləri yüksək temperatūra davamlı sürtkü yağları və digər yağlara onların istismar xassələrini yaxşılaşdıran komponent və ya əlavələr kimi tövsiyə etmək olar [22-23, 25-26].
4. TMTP və TMTH-ın efirlərinin 5-20% əlavəsilə mineral yağların (T-30, T-46) və sənaye sintetik yağlarının (AB, DOS, PET, PAO) keyfiyyətini yüksəltmək məqsədilə yeni yağ kompozisiyaları hazırlanmış və tədqiq olunmuşdur. Nəticədə qeyd olunan yağların istismar xassələrinin xeyli yüksəlməsi müşahidə olunmuşdur [8, 9, 15-20, 23, 24].
5. Tsiklik neopoliolların bəzi mürəkkəb efirlərinin dizel yanacaqlarına 0.004% əlavəsilə kompozisiyalar hazırlanmış və məlum olmuşdur ki, dizel yanacaqlarının termooksidləşmə sabilliyi yüksəlir, çöküntünün miqdarı 8.6-dan 0.6-3.6 mq/100 ml-ə qədər azalmış, alışma temperaturu 76°C-dən 88°C-ə yüksəlmiş, donma temperaturu isə mənfi 18.2°C-dən mənfi 25.1°C-yə qədər azalmışdır. Bu səbəbdən bu efirlər dizel yanacaqlarında kompleks əlavələr kimi tövsiyə olunur [5, 10, 13].
6. Tsiklik neopoliolların kapron, 2-aminopropion və 2-aminoizovalerian turşuları ilə azotlu mürəkkəb efirləri sintez olunmuş və xassələri öyrənilmişdir. Azotlu efirlər, eləcə də, tsiklik

neopoliolların digər efirlərinin ilk dəfə sulfatreduksiyaedici bakteriyalara (SRB) qarşı bakterisid–inhibitor kimi sınaqdan keçirilmiş (69-100% bakterisid xassə), fungusid xassələri yoxlanılmış (xüsusilə *Aspergillus niger* göbələyinin inkişafını tam dayanmışdır) və yüksək göstəricilərə malik olması müəyyən olunmuşdur. Məhz bu səbəbdən də onlar müvafiq analoqlarından üstün olduğundan sənaye sahələrində istifadəsi tövsiyə olunur. Həmçinin bəzi efirlər konservasiya mayelərinə korroziya əleyhinə inhibitor kimi də sınaqdan keçirilmiş və qənaətbəxş nəticələr (0.001 %-li sulfat turşusu məhlulunda 11-62, dəniz suyunda 15-70 və «Г-4» hidrokamerasında isə 85-202 gün korroziyaya qarşı mühafizə qabiliyyəti) əldə olunmuşdur.

7. Sintez olunmuş efirlər sırasında sistemli şəkildə onların quruluşu ilə istismar xassələri arasında müqayisələr, araşdırmalar aparılmış, müəyyən nəticələr və qanunauyğunluqlar əldə olunmuşdur ki, bunlar da efirlərin quruluşu məlum olduqda onların xassələri haqda əvvəlcədən proqnoz verməyə, bununla da aparılan sintezin selektiv və iqtisadi cəhətdən səmərəli olmasını müəyyən etməyə imkan verir [12].
8. TMTP-nin efirlərinin yüksək göstəricilərə malik olduğunu nəzərə alaraq TMTP-nin kapron turşusu ilə pentaefirinin alınması prosesinin optimal şəraiti tapılmış ($T=160^{\circ}\text{C}$, TMTP:KT mol nisbəti 1:6, $t=5$ saat, katalizatorun miqdarı 1.5% kütlə, çıxım 82.3%) və onun sənayedə istifadəsi tövsiyə olunmuşdur [14].

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı tezis və məqalələrdə dərc edilmişdir:

1. Мамедьяров, М.А., Гурбанов, Г.Н., Юсифова, Л.М. Синтез комплексных олигоэфиров 2,2,5,5-тетраметилол-циклопентанола и исследование их в качестве высокотемпературных смазочных материалов // Доклады НАНА, -2019. №1, -с.48-52.
2. Мамедьяров, М.А., Гурбанов, Г.Н., Юсифова, Л.М. Синтез и исследование сложных эфиров 2,2,5,5-тетра-

- метилолциклопентанола в качестве основы и компонента смазочных масел // Технологии нефти и газа, -2019. №3, -с. 22-26.
3. Мамедьяров, М.А., Гурбанов, Г.Н., Юсифова, Л.М. Алкил-замещенные сложные эфиры циклических полиолов в качестве основы и компонента смазочных масел // Мир нефтепродуктов, -2019. №5, -с.27-31.
 4. Мамедьяров, М.А., Гурбанов, Г.Н., Юсифова, Л.М. Комплексные полиэфиры циклических полиолов перспективные смазочные материалы // Международная научная конференция «Актуальные проблемы современных естественных и экономических наук», посвященная 96-летию со дня рождения общенационального лидера Гейдара Алиева, -Гянджа: -3-4 мая, -2019, -s. 272-275.
 5. Qurbanov, H.N., Yusifova, L.M., Quluzadə, F.Ə., Əliyeva, S.Q., Quliyeva, E.M. Tsiklik poliolların simmetrik və qeyrisimmetrik efirləri dizel yanacaqlarına çoxfunksiyalı əlavələr kimi // Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq Elmi Konfrans, -Bakı: -2-4 oktyabr, - 2019, - s. 140.
 6. Мамедьяров, М.А., Гурбанов, Г.Н., Юсифова, Л.М. Комплексные эфиры 2,2,5,5- тетраметилолциклопентанола в качестве основы и компонента высокотемпературных смазочных масел // Международная научная конференция, посвященная 90-летию Института Нефтехимических Процессов, -Баку: -2-4 октября, -2019, - s. 141.
 7. Мамедьяров, М.А., Гурбанов, Г.Н., Юсифова, Л.М. Несимметричные эфиры 2,2,6,6-тетраметилолциклогексанола в качестве перспективных смазочных масел //Международная научная конференция, посвященная 90-летию Института Нефтехимических Процессов, -Баку: -2-4 октября, - 2019, - s. 147.

8. Qurbanov, H.N., Məmmədyarov, M.Ə., Yusifova, L.M. Tsiklik çoxatomlu spirtlərin mürəkkəb efirləri və sənaye pentaeritrit efirləri bazasında yeni yağ kompozisiyalarının yaradılması və tədqiqi //- Bakı: Azərbaycan Neft Təsərrüfatı Jurnalı, -2020. №8, -s. 53-57.
9. Mammadyarov, M.A., Gurbanov, H.N., Yusifova, L.M. Creation of new perspective oil compositions based on the esters of cyclic polyatomic alcohols and petroleum base oils // Proceedings of the Azerbaijan National Academy of Sciences, -2020. № 1-2, -p.33-38.
10. Mammadyarov, M.A., Gurbanov, H.N., Yusifova, L.M. Esters of cyclic polyatomic alcohols as antioxidants to diesel fuels // Proceedings of the Azerbaijan National Academy of Sciences, -2020. № 3-4, -p. 28-33.
11. Mammadyarov, M.A. Synthesis of alkyl substituted polyesters of 2,2,6,6-tetramethylcyclohexanol and investigation of them as perspectival lubricating material / Maharram Mammadyarov, Huseyn Gurbanov, Lala Yusifova, Firdovsi Guluzadeh // Processes of Petrochemistry and oil Refining, -2020. №1, -p. 71-79.
12. Yusifova, L.M. Research of correlation between chemical structure and operational properties of esters of cyclic // Processes of Petrochemistry and oil Refining, -2020. №2, -p. 242-250.
13. Yusifova, L.M. Improvement of thermal oxidative characteristics of diesel fuels with esters of cyclic polyatomic alcohols // Azerbaijan Chemical Journal, -2020. № 4, -p.37-42.
14. Мамедъяров, М.А. Оптимизация процесса этерификации 2,2,5,5-тетраметилциклопентанола с алифатическими монокарбоновыми кислотами C₅-C₈ / М.А. Мамедъяров, Г.Н. Гурбанов, Л.М. Юсифова, Р.П. Джафаров // Нефтепереработка и нефтехимия, -2020. № 3, -с. 16-18.
15. Qurbanov, H.N., Yusifova, L.M. Siklik polihidrik alkollerin çeşitli asit radikalli esterlerinin yeni, gelecek vaat eden

- yağlama yağları olarak incelenmesi // 32. Ulusal Kimya Kongresi, -Eskişehir, Türkiyə: -17-19 Eylül, -2020, -s.220.
16. Məmmədیارov, M.A., Qurbanov, H.N., Yusifova, L.M., Həsənova, G.Z. Neft baza yağları və tsiklik poliolların mürəkkəb efirləri bazasında yeni perspektiv yağ kompozisiyalarının yaradılması və tədqiqi // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 97-ci ildönümünə həsr olunmuş “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” beynəlxalq elmi konfrans, -Gəncə: -12 noyabr, -2020, -s. 145-148.
 17. Məmmədیارov, M.A. 2,2,5,5-tetrametiloltsikloheksanolun mürəkkəb efirlərinin əlavəsilə sənaye dioktilsebasinat yağları bazasında yeni perspektiv yağ kompozisiyalarının yaradılması və tədqiqi / M.A. Məmmədیارov, H.N. Qurbanov, L.M.Yusifova, G.Z. Həsənova, M.M. Abdullayeva, S.F. Əhmədbəyova // -Bakı: Azərbaycan Neft Təsərrüfatı jurnalı, -2021. № 2, -s. 39-43.
 18. Mammadyarov, M.A., Gurbanov, H.N., Yusifova, L.M. Creation of new oil compositions based on complex esters of cyclic and alyphatic neopolyols and alkylbenzene carbohydrogen oils // Proceedings of the Azerbaijan National Academy of Sciences, -2021. № 1-2, -p. 19-23.
 19. Mammadyarov, M.A., Gurbanov, H.N., Yusifova, L.M. Creation and research of new, perspective oil compositions by adding complex esters of cyclic polyhydric alcohols to petroleum base oils// Usbik Natural Sciences, -Türkiyə: -26-28 Şubat, - 2021, -p.81.
 20. Məmmədیارov, M.A. Qurbanov, H.N., Yusifova, L.M. Tsiklik və alifatik neopoliolların qarışıq efirləri ilə poli- α -olefin karbohidrogen yağları bazasında yeni yağ kompozisiyalarının yaradılması və tədqiqi // -Bakı: Azərbaycan Neft Təsərrüfatı Jurnalı, -2022. № 1, -s.41-44.
 21. Гурбанов, Г.Н., Джафаров, Р.П., Юсифова, Л.М. Оптимизация синтеза циклических неополиолов путем альдольной конденсации циклических кетонов с

- формальдегидом // Технологии нефти и газа, -2022. №1, -с. 19-22.
22. Гурбанов, Г.Н., Юсифова, Л.М., Абдуллаева, М.М. Синтез сложных эфиров оксипропилированного 2,2,5,5-тетраметилолциклопентанола и исследование их в качестве перспективных смазочных материалов // Мир нефтепродуктов, -2022. № 2, -с. 6-10.
23. Гурбанов, Г.Н., Юсифова, Л.М., Гулузаде, Ф.А. Сложные эфиры оксипропилированного 2,2,6,6-тетраметилолциклогексанола в качестве основы и компонента высокотемпературных смазочных масел // Технологии нефти и газа, -2022. № 3, -с. 7-10.
24. Qurbanov, H.N., Yusifova, L.M. Poli- α -olefin yağlarının keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması məqsədilə yeni yağ kompozisiyalarının yaradılması və tədqiqi // Akademik Nadir Mir-İbrahim oğlu Seyidovun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika elmi konfransı, -Bakı: -19-20 may, -2022, -s.179.
25. Qurbanov, H.N., Yusifova, L.M., Quluzadə, F.Ə., Abdullayeva, M.M. Propilenoksid fragmentli 2,2,5,5-tetrametiloltsiklipentanolun mürəkkəb efirlərinin sintezi və onların müasir və perspektiv yağlara aşqar, əlavələr kimi tədqiqi // Akademik Ə.M. Quliyevin 110 illik yubileyinə həsr olunmuş “Müxtəlif təyinatlı üzvi maddələr və kompozision materiallar” mövzusunda respublika elmi konfransı, -Bakı: - 1-2 iyun, -2022, -s.62.
26. Гурбанов, Г.Н., Юсифова, Л.М., Абдуллаева, М.М. Сложные эфиры оксипропилированного 2,2,6,6-тетраметилолциклогексанола в качестве основы и компонента высокотемпературных смазочных масел // Международная научная конференция «Актуальные проблемы современных естественных и экономических наук», посвященная 100-летию со дня рождения общенационального лидера Гейдара Алиева, -Гянджа: -5-6 мая, -2023, -с. 365-368.



Dissertasiyanın müdafiəsi 24 iyun 2024-cü il tarixində saat 10⁰⁰-da Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.16 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1025, Bakı ş., Xocalı prospekti, 30

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir. www.nkpi.az

Avtoreferat 14 may 2024-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb:10.05.2024

Kağızın formatı: A5

Həcm: 39357

Tiraj: 100