

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**AMİD QRUPLU BİRLƏŞMƏLƏRLƏ MODİFİKASIYA
OLUNMUŞ FENOL-FORMALDEHİD OLİQOMERLƏRİ
ƏSASINDA SULFOKATIONİTLƏRİN
ALINMASI VƏ TƏDQIQI**

İxtisas: 2304.01 – Makromolekullar kimyası

Elm sahəsi: Kimya

İddiaçı: **Könül Qinyaz qızı Abbasova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Sumqayıt – 2026

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Üzvi maddələr və yüksəkmolekullu birləşmələrin texnologiyası” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər: Texnika elmləri doktoru, professor
Fariz Əli oğlu Əmirli

Kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Tamilla Muxtar qızı Naibova

Rəsmi opponətlər: Kimya elmləri doktoru, professor
Qafar Əbdüləli oğlu Ramazanov
Kimya elmləri doktoru, dosent
Mənzər Nəzaməddin qızı Əmiraslanova
Kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Sevil Saleh qızı Maşayeva

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Sumqayıt Dövlət Universiteti tabeliyində Polimer Materialları İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.28 Dissertasiya Şurası



Dissertasiya şurasının sədri:

(imza)

AMEA-nın müxbir üzvü, kimya elmləri doktoru, professor
Bəxtiyar Əjdər oğlu Məmmədov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

(imza)

Kimya elmləri doktoru, dosent
Xəyalə Vaqif qızı Allahverdiyeva

Elmi seminarın sədri:

(imza)

Kimya elmləri doktoru, professor
Nəcəf Tofiq oğlu Qəhrəmanov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Müasir dövrdə makromolekullar kimyasının mühüm vəzifələrindən biri mövcud materialları əvəz edə bilən yeni tərkibli və məqsədli göstəricilərə malik makromolekullu birləşmələr (MB) əsaslı materialların alınması və onlardan sənayenin müxtəlif sahələrində istifadə edilməsidir. Elm və texnikanın hazırda inkişaf edən istiqamətlərindən biri də MB əsasında iondəyişdiricilərin alınması, tədqiqi və tətbiqidir¹.

Son zamanlar dünya miqyasında sintetik MB əsasında alınan ionitlərin (sulfokationitlərin) istehsal həcmi əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Alınan ionitlərin əsas hissəsi müxtəlif təbiətli və tərkibli texniki suların yumşaldılması və ya təmizlənməsi proseslərində, hidrometallurgiya sənayesində əlvan və qiymətli metalların filizlərdən ayrılmasında, həmçinin zəhərli və ağır metalların çirkab sularından çıxarılmasında geniş tətbiq olunur².

Elm və texnikanın müxtəlif sahələrində yüksəkmolekullu birləşmələrdən (YMB) istifadə edilir və bu birləşmələr əsasında alınan iondəyişdiricilərə müəyyən tələblər irəli sürülür. Bu tələblər yeni xassələrə malik tərkiblərin sintezinin perspektivli olduğunu göstərir. Buna görə də iondəyişdirici sulfokationitlərin alınması, onların fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi və müxtəlif sahələrdə tətbiqi aktual elmi istiqamətlərdən biri hesab olunur. İondəyişdirici sulfokationitlər çoxsaylı funksional qruplara malik polifunksional birləşmələrə aid olduğundan onların tətbiq sahələri olduqca genişdir.

Ədəbiyyat araşdırmalarından məlumdur ki, iondəyişdiricilərin xassələri onların tərkibindən, alınma şəraitindən, fiziki-kimyəvi, fiziki-mexaniki, sorbsiya və digər göstəricilərindən asılıdır. İondəyişdirici sulfokationitlərdən sənayenin müxtəlif sahələrində istifadə zamanı onların suda və üzvi həlledicilərdə həllolmamasına,

¹ Грачек, В.И. Синтез и исследование свойств новых азотсеросодержащих волокнистых ионитов / В.И.Грачек, А.А.Шункевич, О.И.Исакович [и др.] // Журнал прикладной химии, – 2013. №11, – с. 1757-1762.

² Иманбеков, К.И., Ергожин, Е.Е., Кендиржанов, Е.Р. Иониты на основе винилоксиэтиламина и эпоксифенолоальдегидных соединений // – Санкт-Петербург: Журнал Прикладной химии, – 2007. №8, – с. 1394-1396.

müxtəlif ionlara qarşı yüksək sorbsiya xüsusiyyətinə, kimyəvi və termiki davamlılığına, regenerasiyadan sonra təkrar istifadəsinin mümkünlüyünə, ekoloji və iqtisadi cəhətdən əlverişli olmasına diqqət yetirilməlidir. Bir çox hallarda iondəyişdiricilərin bu keyfiyyətlər toplusunu özündə tam cəmləşdirməsi çətinliklərlə müşayiət olunur. Qeyd edilən istismar xassələrinə cavab verən yeni tərkibli iondəyişdiricilərin sintezi, tədqiqi və tətbiqi yollarının araşdırılması həm praktiki, həm də nəzəri cəhətdən əhəmiyyətli elmi-tədqiqat işi kimi qiymətləndirilə bilən aktual problemlərdəndir.

MB əsasında, o cümlədən termoreaktiv oliqomerlər və sooliqomerlər əsasında alınan ionitlər (sulfokationitlər) bərk, suda və üzvi həlledicilərdə həllolmayan polielektrolitlərə aiddir və uzun müddət mühitin pH-nın müxtəlif qiymətlərində kimyəvi, mexaniki, həmçinin termiki davamlılığı ilə fərqlənən, torvari quruluşa malik makromolekullardan ibarət olub, dənəvər, nazik təbəqə (membran) və s. formada mövcuddur. Məlum olan iondəyişdiricilərin bir çoxu YMB-in müvafiq çevrilmələri əsasında alınır ki, bunların sırasında fenol-formaldehid oliqomerinin (FFO) xüsusi əhəmiyyəti vardır.

Sənaye miqyasında istehsal olunan, geniş xammal bazasına malik FFO-nin modifikasiya məhsullarında sərbəst halda monomerlərin az miqdarda olmasına, ekoloji təhlükə yaratmamasına və funksional imkanlarına əsaslanaraq, onlardan ionitlərin (sulfokationitlərin) alınmasında istifadə edilməsi maraqlıdır. Modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqomeri (MFFO) əsasında sulfokationitlərdən müxtəlif məqsədlər üçün istifadə həm iqtisadi, həm də ekoloji cəhətdən əlverişli olduğu üçün aktualdır.

FFO-nin çevrilmə məhsullarının məhdud şişmə qabiliyyətinə, termiki, aqressiv mühitlərə davamlılığa, fiziki-mexaniki göstəricilərə malik olması məlumdur. İlk tədqiqatlar bu tərkiblərin sulfolaşma məhsullarının həm də iondəyişmə qabiliyyətinə malik olduğunu aşkara çıxarmışdır. Lakin, amid qruplu üzvi birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlərin sintezi və tədqiqi aparılmamışdır.

Bunları nəzərə alaraq, dissertasiya işində amid qruplu birləşmələrlə (asetamid (AA), benzamid (BA), karbamid (KA), oksamid (OA) və tereftaldiamid (TFDA)) MFFO-dən xammal kimi

istifadə etməklə, ilk dəfə iondəyişdirici sulfokationitlərin alınması imkanları araşdırılmışdır.

Tədqiqat işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Üzvi maddələr və yüksəkmolekullu birləşmələrin texnologiyası” kafedrasının elmi-tədqiqat işlərinin planına müvafiq olaraq, “Sənaye əhəmiyyətli kimyəvi maddələrin, materialların alınması, müxtəlif texnoloji proseslərin yaradılması və tətbiqi” istiqamətinə uyğun aparılmışdır.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqatın obyektı kimi amid qruplu birləşmələrlə MFFO götürülmüşdür. Modifikasiya olunmuş oliqomerlər sulfolaşdırılmış, prosesin optimal variantı müəyyən olunmuş, sintez məhsullarının quruluşu, fiziki-kimyəvi, termiki davamlılığı və s. göstəriciləri öyrənilmişdir.

Tədqiqatın predmeti amid qruplu birləşmələrlə MFFO-nin sulfotörəmələrinin kationdəyişdirici xüsusiyyətləri və müvafiq tətbiq sahələrinə dair tövsiyələrin verilməsidir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi amid qrupu saxlayan üzvi birləşmələrlə ((AA, BA, KA, OA və TFDA) modifikasiya olunmuş termoreaktiv FFO-ni analoji çevrilmə reaksiyaları ilə sulfolaşdırılmaqla, iondəyişdirici xüsusiyyətlərə malik olan yeni tərkibli sulfokationitlərin alınması, onların xassələrinin tədqiqi və tətbiqinə dair tövsiyələrin verilməsindən ibarətdir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı vəzifələr nəzərdə tutulmuşdur:

- Bir və ya iki amid qrupu saxlayan üzvi birləşmələrlə (AA, BA, KA, OA və TFDA-lə) MFFO-nin sulfolaşdırılması üsulunun işlənib hazırlanması;
- Eksperimentlərin riyazi modelləşdirilməsi üsulundan istifadə etməklə prosesin optimallaşdırılması;
- Alınan sulfotörəmələrin quruluşunun və sulfolaşma prosesinin mexanizminin kimyəvi və fiziki tədqiqat üsulları ilə araşdırılması, ehtimalların təsdiq edilməsi;
- Amid qruplu üzvi birləşmələrlə MFFO-nin sulfolaşma məhsullarının fiziki-kimyəvi və termiki xassələrinin (DTA və TQA üsulları ilə) öyrənilməsi;

- Sulfotörəmələrin nümunələrinin kationdəyişdirici xüsusiyyətlərinin (tökülmə həcmi, həqiqi sıxlığı, müxtəlif həlledicilərdə həllolması, şişmə dərəcəsi, xüsusi həcmi, mexaniki davamlılığı, statik və dinamik dəyişmə tutumu, iondəyişmə sürəti və s.) təyini və nəticələrin təhlil edilməsi;
- Kationdəyişdirici tərkiblərin suyun codluğunun aradan qaldırılmasında (yumşaldılmasında) tətbiq imkanlarının araşdırılması, qanunauyğunluqların müəyyənləşdirilməsi, məlum sənaye əhəmiyyətli sulfokationit (KY-1) və modifikasiya olunmamış FFO əsaslı sulfokationitlə müqayisəsi;
- Sulfolaşma prosesinin mövcud texnoloji sxeminə bəzi əlavələr etməklə, sənaye miqyasında istehsalının mümkünlüyünün təklif edilməsi;
- Yeni tərkibli sulfokationitlərin keyfiyyətinin qeyri-səlis məntiqlə dəqiqləşdirilməsi.

Tədqiqat metodları. Amid qruplu birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlər laboratoriya şəraitində sintez edilmiş, onların çevrilmə məhsullarının fiziki-kimyəvi xassələri və istismar göstəriciləri müvafiq kimyəvi analiz üsulları ilə öyrənilmişdir. Bununla bərabər, prosesin optimallaşdırılmasında riyazi modelləşdirmə üsulundan, sulfotörəmələrin ehtimal olunan quruluşunun araşdırılmasında İQ-spektroskopiya ("Nicolet" firmasının "Protege-460" tipli spektrometrində və Bruker firmasının istehsalı olan Lumos İQ-Furye mikroskopunda), termiki xassələrinin öyrənilməsində DTA və TQA-dan (NETZSCH şirkətinin "Yupiter STA 449F₃" aparatında), hissəciklərin ölçüsünün təyində Lazer Difraksiya (Mastersizer-3000 Lazer cihazında), struktur tədqiqatlarında isə Rentgen-faza (XRD TD 3500 difraktometrində) kimi fiziki-tədqiqat üsullarından istifadə olunmuşdur.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar

- Amid qruplu üzvi birləşmələrlə (AA, BA, OA, KA və TFDA-lə) modifikasiya olunmuş termoreaktiv (rezol tipli) FFO-nin sulfolaşdırılması prosesinin, alınan məhsulların quruluş və xassələrinin tədqiqi;

- Azot saxlayan MFFO-nin sulfotörəmələrinin (sulfokationitlərin) kationdəyişdirici xüsusiyyətlərinin təsdiqlənməsi, kationit olaraq effektivliyi, məlum analoqlarla müqayisəsi;
- Yeni tərkibli sulfokationitlərin texniki sular da suyun codluğunun aşağı salınması və tətbiqinə dair tövsiyələr;
- Sulfolaşdırılmış məhsulların alınma prosesinin sənaye miqyasında istehsalının prinsipial texnoloji sxeminin təklif edilməsi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Amid qruplu üzvi birləşmələrlə (AA, BA, OA, KA və TFDA-lə) modifikasiya olunmuş termoreaktiv (rezol tipli) FFO-ni ilk dəfə sulfolaşdırmaqla, kationdəyişdirici xüsusiyyətlərə malik olan sulfokationitlər sintez edilmiş və cod suyun yumşaldılmasında istifadə olunmuşdur. Tədqiqat nəticələrinin patentlə təsdiqlənməsi işin elmi yeniliyinin göstəricisidir.

- Azot saxlayan FFO-nin sulfolaşması prosesi eksperimentlərin riyazi modelləşdirilmə üsulu ilə optimallaşdırılmış, oliqomer:turşu – 1:3 mol nisbəti, temperatur 135⁰C və reaksiya müddəti 2-3 saat prosesin optimal parametrləri qəbul edilmişdir;
- Amid qrupları saxlayan üzvi birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlərin quruluşu İQ-spektroskopiya üsulu ilə tədqiq edilmiş, prosesin ehtimal olunan mexanizmi təsdiqlənmişdir;
- Azot tərkibli modifikatorların makromolekulların strukturuna daxil edilməsinin müsbət təsiri və kationdəyişdirici xüsusiyyətlərə malik olduğu aşkar edilmişdir. Bu təsirin azotlu fraqmentlərin polyar mərkəzlər yaratması, bununla da kationların mühtədən ayrılması ilə, eləcə də termoreaktiv modifikasiya olunmamış FFO-də metilol qruplarının nisbətən çox olması (~10-12%) və sulfolaşmada onların da iştirak etməsi ilə əlaqədar olduğu müəyyən edilmişdir;
- Amid qrupu saxlayan üzvi birləşmələrlə MFFO-nin sulfolaşma məhsullarının hissəciklərinin ölçüsü və onların həcm faizini təyin etmək üçün Lazer Difraksiya üsulundan istifadə etməklə, qranulometrik analizi aparılmış, həcmi 10, 50 və 90%-ni tutduğu ölçülər müəyyən edilmişdir. Hər bir halda amid qruplu birləşmələrlə modifikasiya olunmuş nümunələrin eyni həcmə müvafiq hissəciklərinin ölçülərinin analoqları ilə müqayisədə nəzərə çarpacaq dərəcədə yüksək olduğu aşkarlanmışdır.

- Amid qruplu üzvi birləşmələrlə MFFO-nin sulfolaşma məhsullarının termiki davamlılığının yüksək olduğu aşkar edilmişdir. TFDA-lə modifikasiya olunmuş oliqomer nümunəsində $\sim 900^{\circ}\text{C}$ -də qalıq kütlə 16%, BA-lə modifikasiya olunmuş oliqomer nümunəsində isə 15% olmuşdur;
- Amid qruplu üzvi birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlərin aqressiv mühitdə istifadə olunmasının mümkünlüyü də müəyyən olunmuşdur;
- Bir və ya iki amid qrupu saxlayan üzvi birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlərin suyun ümumi codluğunu (8,5 və 10,0 mq-ekv/l) 0,3-0,5 mq-ekv/l-ə qədər azaltmaq qabiliyyətinə malik olması müəyyən edilmiş və onların tətbiqi məqsədəuyğun hesab olunmuşdur.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Amid qruplu üzvi birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlərin əsas göstəriciləri öyrənilmişdir. Bu göstəricilər həm modifikasiya olunmamış FFO əsaslı sulfokationitin göstəriciləri ilə, həmçinin, sənaye əhəmiyyətli KY-1 markalı iondəyişdiricinin əsas göstəriciləri ilə müqayisə olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, tərkibində sərbəst fenolun və formaldehidin miqdarı az olan sulfokationitlər ekoloji baxımdan təhlükəsizdir. Belə tərkiblər əsasında hazırlanan sulfokationitlər suyun yumşaldılması prosesində istifadə oluna bilər. Bu, həm iqtisadi, həm də ekoloji cəhətdən əlverişlidir. Belə ionitlərin dəyişmə tutumu təxminən 1,5 dəfə yüksək olur. Onlar kimyəvi və mexaniki baxımdan daha davamlıdır.

Təklif olunan iondəyişdiricilərdən texniki suların təmizlənməsində, metallurqiyada və s. sahələrdə istifadə olunması məqsədəuyğundur.

MFFO əsaslı sulfokationitin sənaye miqyasında alınması mövcud texnoloji sxemə müəyyən əlavələr etməklə təklif edilmişdir.

Dissertasiya işinin aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin mövzusunə aid aparılan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələri Beynəlxalq (9) və Respublika (1) Elmi Konfranslarında məruzə olunmuş və müvafiq materiallarda çap edilmişdir:

VI International Conference on European Science and Technology (Munich, Germany-2013); Ümummilli Lider H. Əliyevin

anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların “Kimyanın aktual problemləri” XIII Beynəlxalq Elmi Konfransının Materialları (Sumqayıt-2019); International Conference on Actual Problems of Chemical Engineering, dedicated to the 100th anniversary of the Azerbaijan State Oil and Industry University (Baku-2020); International Conference on "Reconstruction and recovery in post-conflict situations-RRPCS" (Baku-2021); “Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların IV Beynəlxalq Elmi konfransı” (Bakı-2023); “Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş Doktorant və Gənc Tədqiqatçıların Elmi konfransı” (Bakı-2023); Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-illik yubileyinə həsr olunmuş “Heydər Əliyev və Azərbaycan Təbiəti” Beynəlxalq konfrans, molekulyar biologiya və biotexnologiyalar institutu (Bakı-2023); “Makromolekullu birləşmələr texnologiyasının müasir problemləri” Beynəlxalq elmi konfrans (Bakı-2024); Всероссийская научная конференция с международным участием “Современные проблемы органической химии” (Новосибирск-2025); XII Международной конференции “Полимерные материалы пониженной горючести” (Балашиха-2025).

Dissertasiya işinə uyğun olan nəşrlər. Dissertasiya işinin mövzusuna aid aparılan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələri 26 elmi əsərdə öz əksini tapmışdır. Bunlardan 13-ü məqalə (3-ü Web of Science), 10-u konfrans materiallarında dərc olunmuş tezislər (1-i respublika miqyaslı və 9-u beynəlxalq miqyaslı), 2-si ixtisasa uyğun dərs vəsaitidir. Həmçinin mövzuya uyğun 1 sınaq aktı və 1 patent alınmışdır. Məqalələrdən çoxu xarici resenziyalı jurnallarda dərc olunmuşdur. Bunların arasında “Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук”, “Научных публикаций аспирантов и докторантов”, “International Scientific Journal Theoretical and Applied Science”, “Пластические массы” və s. kimi jurnallar vardır.

Dissertasiya işinin həcmi və strukturu. Dissertasiya işi giriş, dörd fəsil, nəticə, istifadə olunmuş ədəbiyyatlar siyahısından və iki əlavədən ibarətdir.

İşin ümumi həcmi 29 şəkil, 26 cədvəl və 169 istifadə olunmuş ədəbiyyatlar daxil olmaqla 159 səhifədən ibarətdir. Dissertasiya işi 180981 işarədən (o cümlədən giriş 14795, I fəsil 63331, II fəsil 20213, III fəsil 46273, IV fəsil 34328, nəticələr 2041 işarə olmaqla) ibarətdir.

DISSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı, məqsədi, elmi yeniliklər, onların nəticələrinin praktiki əhəmiyyəti və dissertasiyanın əsas nəticələrinin əks olunduğu konfrans materiallarının aprobasiyası verilmişdir.

Birinci fəsilə FFO-nin, xüsusən müxtəlif təsnifatdan olan üzvi birləşmələrlə modifikasiya olunmuş oliqomerlərin alınması, xassələri, tətbiqinə dair müasir istiqamətlər araşdırılmış, onların digər tətbiq sahələri ilə yanaşı, iondəyişdirici xüsusiyyətlərini əks etdirən ədəbiyyat istinadları toplanmışdır. Bundan başqa, müxtəlif reaksiya qabiliyyətli YMB əsasında alınan iondəyişdiricilərə aid dövrü ədəbiyyat materialları şərh edilmiş, sonda analitik təhlillər vasitəsilə dissertasiya mövzusunun seçimi əsaslandırılmışdır.

İkinci fəsil bütövlükdə işin icra olunmasında istifadə olunan avadanlıqlar, reaktivlər, tədqiqat üsullarının təsviri, o cümlədən, azotlu birləşmələrlə MFFO-nin sulfolaşdırılması prosesinin, həmçinin sulfokationitlərin iondəyişmə xassələrinin tədqiqi üsullarına həsr edilmişdir.

Üçüncü fəsilə amid qrupu saxlayan üzvi birləşmələrlə (AA, BA, OA, KA və TFDA-lə) MFFO əsaslı sulfokationitlərin tərkibindən asılı olaraq, təyinat üzrə göstəricilərinə təsir edən amillər, iondəyişmə prosesinin mexanizmi, sulfolaşdırma prosesinin optimal parametrlərinin riyazi modelləşmə üsulu ilə müəyyənləşdirilməsi, sulfokationitlərin spektral (İQ, DTA və TQA, Mastersizer, rentgen faza) analizlərinin nəticələri verilmiş və müvafiq təhlillər aparılmışdır.

Dördüncü fəsildə MFFO əsaslı sulfokationitlərin suyun codluğunun aşağı salınmasında sınaqlarının nəticələri verilmişdir. Qeyri-səlis TOPSIS üsulu ilə çoxsaylı qiymətləndirmə meyarlarına əsaslanaraq, ən yaxşı sulfokationit seçilmişdir.

Dissertasiyanın yekun hissəsində yerinə yetirilmiş tədqiqat işlərinin əsasında əldə edilmiş elmi nəticələr və istinad olunmuş ədəbiyyat siyahısı təqdim edilmişdir.

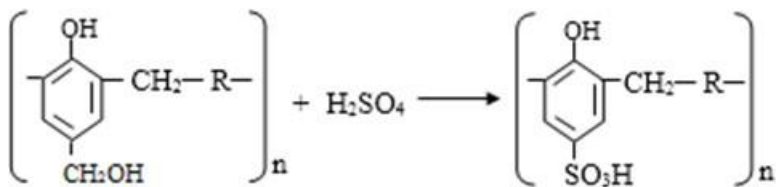
1. Amid qrupu saxlayan üzvi birləşmələrlə modifikasiya olunmuş termoreaktiv FFO-nin sulfolaşdırılması

Tərkibində amid qrupu olan üzvi birləşmələrlə MFFO-nin sulfolaşma prosesi 135⁰C-də 2-3 saat müddətində aşağıda göstərilən ardıcılıqla aparılmışdır.

Həcmi 250 ml olan və əks-soyuducu ilə təchiz olunmuş laboratoriya reaktoruna MFFO (40 q) və 98%-li sulfat turşusu (120 q) əlavə edilərək, 135⁰C-yə qədər qızdırılır. Oliqomer tam əridikdən sonra otaq temperaturuna qədər soyudulur, kasaya boşaldılır və reaksiya kütləsinə hesablanmış miqdarda (30 ml) formaldehidin suda 37%-li məhlulu (formalin) əlavə edilir. Kasa yağ hamamında 110⁰C temperaturda iki saat müddətində bərkidilir. Alınan sulfokationit soyuduqdan sonra su ilə yuyulur və yuma suyunun mühiti neytral (pH=7) olana kimi davam etdirilir. Sonra hissəciklərinin ölçüsü 1-2 mm olana qədər xırdalanır.

Tədqiqat işində sulfokationitlərin alınmasında əsas xammal kimi ilk dəfə olaraq amid qruplu üzvi birləşmələrlə MFFO-dən istifadə olunmuşdur. Amid qruplu üzvi birləşmələrlə (AA, BA, OA, TFDA və KA-lə) gedən modifikasiya prosesi əsasında alınan sulfokationitlərin göstəriciləri qismən də olsa fərqlənirlər. Sopolikondensləşmə dərəcəsi artdıqda alınan oliqomerlər əsaslı sulfokationitlərin statik və dinamik dəyişmə tutumları da dəyişir. Amid qruplu üzvi birləşmələrlə modifikasiya olunmuş oliqomerlər analogi çevrilmə reaksiyaları ilə sulfolaşdırılmış, nəticədə hər bir benzol həlqəsinə sulfoqrup daxil edilmişdir.

Sintez olunan sulfokationitlərin ehtimal olunan reaksiyalarını ümumi şəkildə aşağıdakı kimi göstərmək olar:



Burada, R – tərkibində amid qrupu olan üzvi birləşmədir.

Amid qruplu birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlər tünd qəhvəyi və ya qara rəngli, suda və üzvi həlledicilərdə həllolmayan birləşmələrdir.

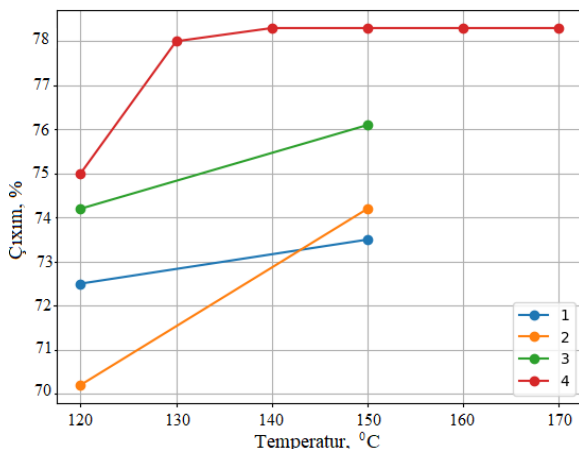
2. Sulfolaşma prosesinin optimal parametrlərinin riyazi modelləşmə üsulu ilə təyini

Sulfokationitlərin alınması prosesinin optimallaşdırılması üçün reaksiyanın riyazi modelinin işlənilib hazırlanması tədqiqatın mühüm və aktual məsələlərindən biridir.

Sulfolaşma prosesinin optimallaşdırılması məqsədilə müxtəlif giriş parametrləri üzrə eksperimental tədqiqatlar aparılmış, əldə olunan nəticələr əsasında məlumat bazası yaradılmış və riyazi modelləşdirmə üsulları ilə proses parametrləri arasındakı funksional asılılıqlar və optimal rejim göstəriciləri müəyyən edilmişdir.

Tədqiqat zamanı üç giriş parametrdən ikisi sabit saxlanılaraq, sulfokationitin çıxımının üçüncü parametrdən asılılığı təhlil edilmişdir. Qanunauyğunluqları daha aydın müəyyən etmək üçün sulfolaşma prosesi eyni turşu sərfi şəraitində aparılmış, iki temperatur parametri sabit saxlanılmaqla çıxımın dəyişən parametrdən asılılıq qrafikləri qurulmuş və nəticələr şəkil 2.1-də göstərilmişdir.

Şəkildən görüldüyü kimi, 1-ci və 2-ci ayrılərdə kütlənin 40 q miqdarı, eləcə də prosesin getmə müddətinin 2 və 3 saat olduğu hallarda temperaturun 120°C-dən 150°C-yə qədər yüksəlməsi ilə sulfokationitin çıxımının 2-4% arasında yüksəltdiyi qeydə alınmışdır (müvafiq olaraq 72,16%-dən 73,22%-ə və 70,08%-dən 74,17%-ə).



Şəkil 2.1. Sulfokationitin çıxımının temperaturdan asılılığı:

1. Oliqomerin kütləsi – 40 q, prosesin getmə müddəti – 2 saat
2. Oliqomerin kütləsi – 40 q, prosesin getmə müddəti – 3 saat
3. Oliqomerin kütləsi – 60 q, prosesin getmə müddəti – 2 saat
4. Oliqomerin kütləsi – 50 q, prosesin getmə müddəti – 2,5 saat

Eyni hal 60 q götürülərək, 2 saat davam edən prosesə də aiddir. Belə ki, 3-cü əyridə çıxım 74,07-76,03% intervalında dəyişir, komponentlərin miqdarının artması ilə cüzi olsa da daha yüksək qiymət alır. 4-cü əyridə kütlənin 50 q və davam etmə müddətinin 2,5 saat qiymətində çıxımın temperaturdan asılılığının nəzərə çarpan şəkildə olmadığı, eyni nöqtədə formalaşdığı görünür: 78,08-78,09%.

KA-lə MFFO əsaslı sulfokationitin alınması prosesi çoxamilli təcrübələrin planlaşdırılması üsulu ilə tədqiq edilmişdir. Tədqiqatın məqsədi prosesə təsir edən amillər arasındakı qarşılıqlı əlaqəni riyazi polinom asılılığı şəklində ifadə etmək və əldə olunan model əsasında optimal texnoloji rejimləri müəyyən etmək olmuşdur. Eksperimental nəticələrə əsasən prosesin əsas giriş və çıxış parametrləri müəyyən edilmiş və onların qarşılıqlı təsiri təhlil olunmuşdur.

Tədqiq olunan işdə əsas çıxış parametrinə – KA-lə MFFO əsaslı sulfokationitin çıxımına təsir edən amillər aşağıdakılardır (cədvəl 2.2):

- X_1 – oliqomerin turşunun sabit miqdarına nəzərən kütləsi, q;
- X_2 – reaksiyanın temperaturu, °C;
- X_3 – reaksiyanın getmə müddəti, saat.

Cədvəl 2.2

Amillərin əsas səviyyəsi və dəyişmə həddi

Adları	Amillərin təbii miqyası		
	X ₁	X ₂	X ₃
Əsas səviyyə	50	135	2,5
Dəyişmə həddi	10	15	0,5
Aşağı dəyişmə həddi	40	120	2
Yuxarı dəyişmə həddi	60	150	3

Təklif olunan riyazi model əsasında sulfolaşma prosesi optimallaşdırılmışdır. Prosesin texnoloji parametrlərinin optimal qiymətləri müəyyən edilmiş və maksimal çıxıma uyğun optimal göstəricilər aşağıdakı kimi təyin olunmuşdur:

$$X_1=32 \text{ q.}, \quad X_2=135^{\circ}\text{C}, \quad X_3=2,5 \text{ saat}$$

Optimal rejim şəraitində aparılmış təcrübələr alınmış nəticələrin düzgünlüyünü göstərir. Beləliklə, sulfolaşma prosesinin optimal parametrləri təcrübələrin çoxamilli planlaşdırılması üsulu ilə öyrənilmiş və məlum olmuşdur ki, oliqomerin miqdarı 32 q, prosesin temperaturu 135°C və getmə müddəti 2,5 saat olduqda maksimum çıxım 78,13% təşkil edir (cədvəl 2.3).

Cədvəl 2.3

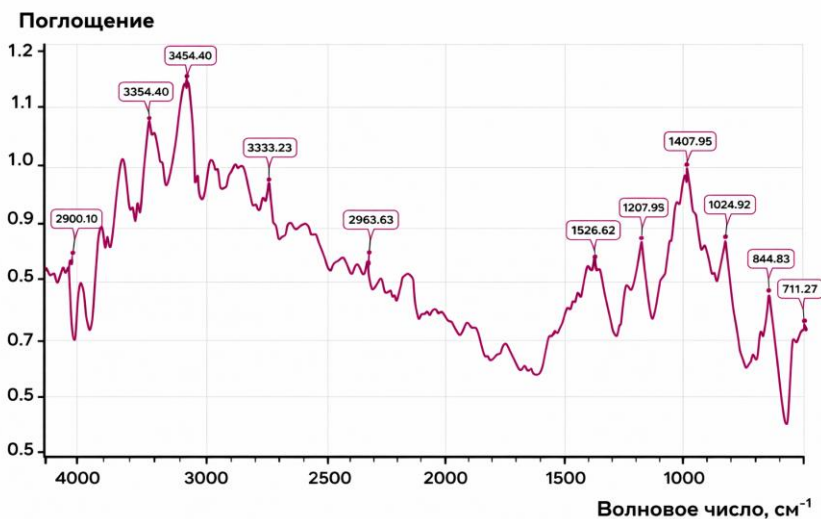
Planlaşdırma matrisası və təcrübələrin nəticələri

m	W	v	m	W	v	mW	mv	Wv	mWv						
x1	x2	x3	x1	x2	x3	x1x2	x1x3	x1x4	x1x4	$x^2=x2d^2$	$x^3=x3d^2$	$x^3=x3d^2$	$x^3=x3d^2$	y1	y1
300	150	3	1	1	1	1	1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	0,2697	75,34	75,3
150	150	3	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	0,2697	74,17	74,5
120	150	3	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	0,2697	74,17	74,9
60	120	3	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	0,2697	74,56	74,9
100	160	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	0,2697	74,56	74,9
60	130	3	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	0,2697	74,21	74,5
50	60	4	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	0,2697	74,21	74,4
50	50	5	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	0,2697	74,23	74,3
50	50	5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	0,2697	74,07	74,0
70	70	5	10	0	0	0	0	0	0	0,2697	0,2697	0,2697	0,2697	72,37	72,0
70	65	15	105	1	1	1	1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	0,2697	72,70	72,3
31,334	135	2,5	-1	-1	-1,215	0	0	1,2154	0	0,7486972	-0,7303	1,4771743	-0,7303	78,13	77,9
135	125	2,5	135	0	-1,215	0	0	0	0	0,7486972	0,7486972	-0,7303	-0,7303	78,13	77,9
25	12,5	1,5	12,5	0	0	0	0	0	0	-79,77	-0,7303	-0,7303	-0,7303	78,73	78,8
10	3,646	10	10	0	0	0	0	0	0	-79,77	-0,7303	-0,7303	-0,7303	78,89	78,8
15	15	15	5	0	0	0	0	0	0	-79,77	-0,7303	-0,7303	-0,7303	78,83	78,8
6	3,843	10	0	0	0	0	0	0	0	-79,77	-0,7303	-0,7303	-0,7303	78,83	78,8

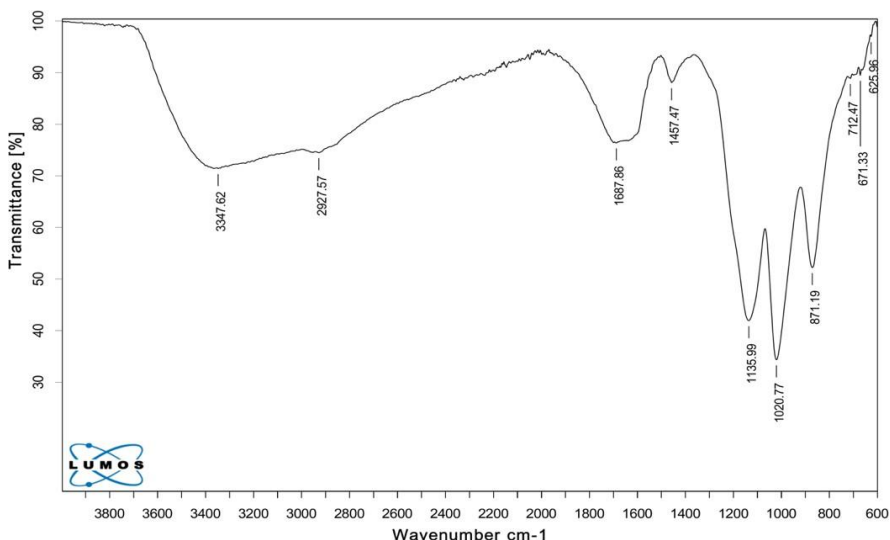
3. Amid qruplu birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlərin ehtimal olunan quruluşunun spektral analiz üsulları ilə tədqiqi

Modifikasiya olunmuş oliqomerlərin sulfolaşma məhsullarının quruluşu infraqırmızı (İQ) spektroskopiya üsulu ilə tədqiq edilmişdir (şəkil 3.1-3.2). Nümunələrin İQ-spektral analizləri “Nicolet” firmasının “Protege-460” markalı spektrometrində, həmçinin BRUKER şirkətinin istehsalı olan LUMOS tipli İQ-Furye mikroskopunda aparılmışdır. Spektrlər $600\text{--}4000\text{ sm}^{-1}$ dalğa tezliyi diapazonunda qeydə alınmışdır.

Digər modifikatorların iştirakı ilə MFFO əsasında sintez olunmuş sulfokationitlərin İQ-spektral xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Analiz nəticələri göstərmişdir ki, bəzi udulma zolaqlarında cüzi sürüşmələr müşahidə olunsada, funksional qrupların xarakterik zolaqları ümumilikdə oxşar olmuş və struktur baxımından analogi nəticələr əldə edilmişdir.



Şəkil 3.1. Modifikasiya olunmamış FFO əsaslı sulfokationitin İQ-spektri



Şəkil 3.2. KA-lə MFFO əsaslı sulfokationitin İQ-spektri

Modifikasiya olunmamış və MFFO əsaslı sulfokationitlərin İQ-spektrində $-\text{SO}_3$ qruplarına məxsus $1609\text{-}1687\text{ cm}^{-1}$ udulma zolaqlarının müşahidə olunması göstərir ki, oliqomerlərin qatı sulfat turşusu ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində sulfokationitlər kimyəvi əlaqələrin yaranması hesabına əmələ gəlir.

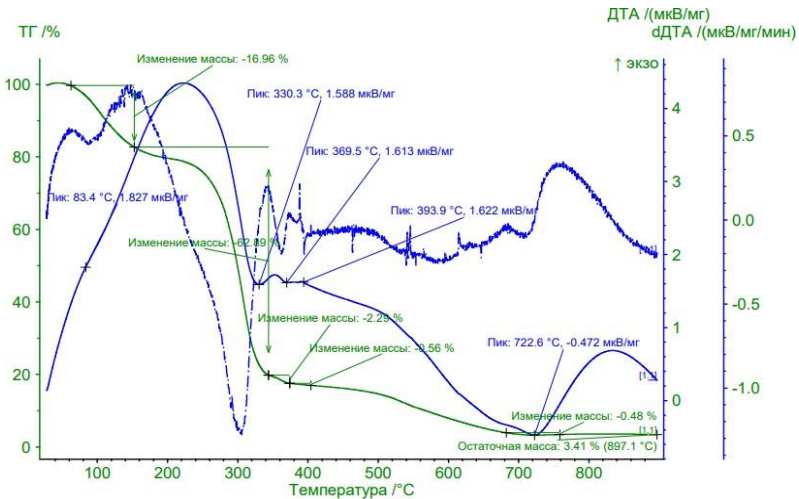
AA, BA, OA, KA və TFDA-lə MFFO əsaslı sulfokationitlərin İQ-spektrində müvafiq olaraq, $1617,04\text{-}1639,20$; $1653,06$; $1687,86$; $1609,13\text{-}1655,08$ və $1655,08\text{ cm}^{-1}$ udulma zolaqlarında $-\text{SO}_3$ qruplarının mövcudluğu müəyyən edilmişdir. Bu nəticələr göstərir ki, metilol qrupları sulfat turşusu ilə asanlıqla reaksiyaya girərək benzol halqasına sulfoqrupların (HSO_3) birləşməsinə səbəb olur.

Oliqomer və sulfokationitin İQ-spektrində benzol halqasının mövcudluğu $1600\text{-}1450\text{ cm}^{-1}$ zolaqlarında valent, $1610\text{-}1590\text{ cm}^{-1}$ zolaqlarında isə deformasiya titrəyişləri ilə təsdiqlənir. $\equiv\text{CH}$ və $=\text{CH}_2$ qrupları $765\text{-}705\text{ cm}^{-1}$ və $2840\text{-}2940\text{ cm}^{-1}$ udulma zolaqlarında müşahidə olunur. HSO_3^- qrupunun mövcudluğu isə $1300\text{-}1570\text{ cm}^{-1}$ zolaqlarında valent, $1070\text{-}1036\text{ cm}^{-1}$ zolaqlarında isə deformasiya titrəyişləri ilə müəyyən edilir.

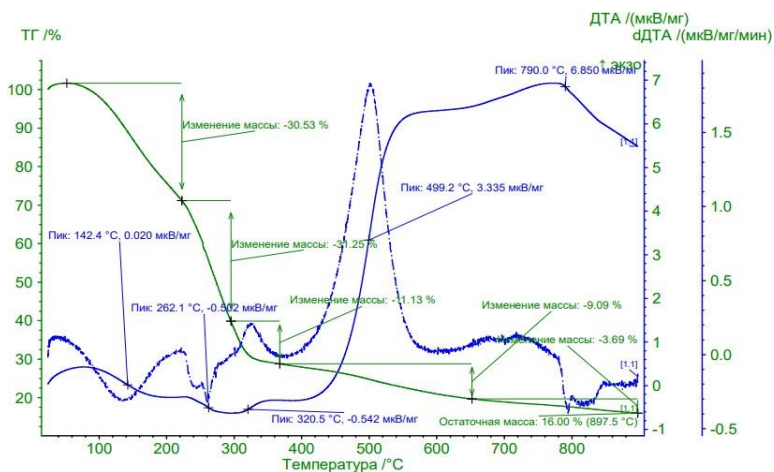
Beləliklə, oliqomerlərin sulfolaşmasının ehtimal olunan mexanizminə uyğun bütün funksional qruplar İQ-spektrdə müşahidə olunmuş və bu da alınmış tərkiblərin formalaşmasını təsdiq etmişdir.

İondəyişdiricilərin destruksiya prosesi istifadə olunan makromolekulun quruluşundan, ionogen qrupun xarakterindən və formasından asılı olub, müxtəlif temperaturlarda baş verir. Bu proses əsasən birləşmədə mövcud olan polyar və ya ionogen qrupların iştirakı ilə həyata keçir.

Nümunələrin termogravimetrik tədqiqi “Yupiter STA 449F₃” aparatında (NETZSCH şirkəti), 100-900°C temperatur diapazonunda, inert (azot) mühidə temperaturun artırılma sürəti 20 K/dəq olmaqla aparılmış və nümunələrin termiki xüsusiyyətlərinin onların tərkibindən asılılığı tədqiq edilmişdir (şəkil 3.3-3.4). Nəticələr modifikasiya olunmamış FFO-nin müvafiq göstəriciləri ilə müqayisə edilmişdir. Digər modifikatorlardan istifadə olunduğu halda da müəyyən oxşar nəticələr alınmışdır.



Şəkil 3.3. Modifikasiya olunmamış FFO əsaslı sulfokationitin termiki destruksiyası



Şəkil 3.4. TFDA-lə MFDO əsaslı sulfokationitin termiki destruksiyası

Modifikasiya olunmamış və ya MFDO əsasında alınan iondəyişdiricilər müxtəlif məqsədli proseslərdə istifadə olunur, o cümlədən alçaq və yüksək temperaturlarda istismar olunduqda termiki davamlı olmalıdırlar. Termoqravimetrik analiz göstərmişdir ki, modifikasiya olunmamış və amid qruplu birləşmələrlə MFDO əsaslı sulfokationitlərin termiki parçalanması temperaturun artması ilə mərhələli şəkildə baş verir. 200-300⁰C intervalında əsasən nəmlik və uçucu komponentlərin ayrılması müşahidə olunur, 300-400⁰C temperatur sahəsi isə əsas destruksiya mərhələsi kimi xarakterizə olunur və bu intervalda nümunələrdə nəzərəcarpacaq kütlə itkisi baş verir.

400⁰C-dən yuxarı temperaturlarda azot saxlayan modifikasiya olunmuş nümunələr daha yüksək termiki davamlılıq nümayiş etdirir ki, bu da onların strukturunda mövcud olan C–N rabitələrinin möhkəmliyi ilə izah olunur. Analizin nəticələri göstərir ki, amid qruplu birləşmələrlə modifikasiya olunmuş sulfokationitlər daha yüksək termiki davamlılığa malikdir və ən yaxşı göstəricilər BA və TFDA ilə modifikasiya olunmuş nümunələrdə müşahidə olunur.

Müxtəlif tərkibli FFO əsaslı sulfokationitlərin termiki destruksiyası haqqında daha dəqiq məlumat vermək üçün cədvəl 3.1-də həm modifikasiya olunmamış FFO, həm də MFDO əsaslı

sulfokationitlərin termodestruksiyasının bəzi göstəriciləri – yarımparçalanma müddəti və temperaturu göstərilmişdir.

Cədvəl 3.1

Müxtəlif tərkibli FFO əsaslı sulfokationitlərin yarımparçalanma müddəti və temperaturu

№	Sulfokationitlərin adı	Yarım parçalanma müddəti, dəq.	Yarım parçalanma temperaturu, °C
1	Modifikasiya olunmamış FFO əsaslı sulfokationit	8,0	210
2	AA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	11,0	240
3	BA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	11,0	260
4	OA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	10,2	225
5	KA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	10,4	220
6	TFDA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	12,1	280

Cədvəldən görüldüyü kimi, müxtəlif amid qrupları ilə MFFO əsaslı sulfokationitlərin yarım parçalanma müddətləri və yarım parçalanma temperaturları fərqlidir. Ümumilikdə, əldə olunan nəticələr göstərir ki, modifikatorların növü və quruluş xüsusiyyətləri sulfokationitlərin termiki davamlılığına birbaşa təsir edir və strukturların iştirakı sulfokationitlərin termiki davamlılığının yüksəlməsinə səbəb olur.

Hissəciklərin ölçüsünün təyini Mastersizer-3000 Lazer cihazında aparılmış və cədvəl 3.2-də tədqiq olunmuş sulfokationit nümunələrinin hissəcik ölçü göstəriciləri (D_{10} , D_{50} , D_{90}) və onların paylanma xüsusiyyətləri təqdim edilmişdir.

Cədvəldə təqdim olunan nəticələr göstərir ki, modifikasiya olunmuş oliqomer əsaslı sulfokationit nümunələrində hissəcik ölçüsü və onların paylanma xarakteri istifadə olunan amid qrupunun təbiətindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Belə ki, bəzi modifikatorlar hissəcik ölçülərinin artmasına (OA, KA), digərləri isə daha xırda və nisbətən homogen paylanmanın formalaşmasına (BA) səbəb olmuşdur. Span parametrinin qiymətlərinə əsasən, TFDA-lə modifikasiya olunmuş nümunə daha geniş ölçü paylanması (heterogen struktur) ilə xarakterizə olunur, OA-lə modifikasiya

olunmuş nümunə isə daha dar paylanma intervalı (nisbətən homogen sistem) göstərir. Beləliklə, qranulometrik göstəricilərin müqayisəli təhlili nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, hissəcik ölçüsü və paylanma xarakteri sulfokationitlərin tətbiq xüsusiyyətlərinə birbaşa təsir göstərir.

Cədvəl 3.2

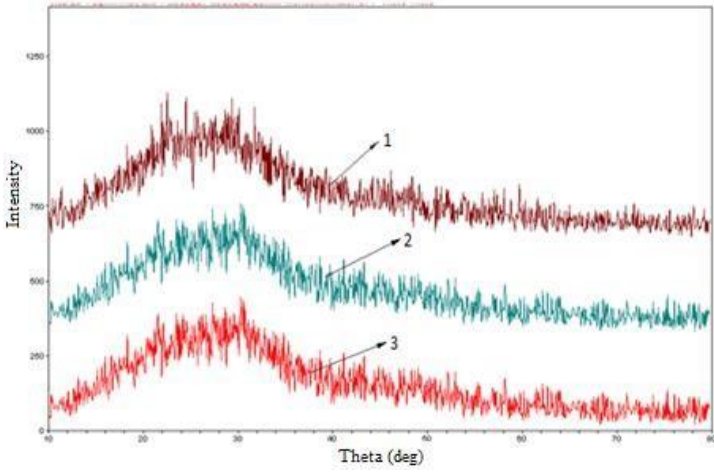
**Müxtəlif tərkibli FFO əsaslı sulfokationitlərin
hissəciklərinin ölçüləri**

№	Sulfokationitlər	D ₁₀ µm	D ₅₀ µm	D ₉₀ µm	Həcm faizi, %	Span
1	Modifikasiya olunmamış FFO əsaslı sulfokationit	121	184	270	18,5	0,808
2	AA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	155	276	417	16,5	0,949
3	BA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	97,5	161	240	17	0,887
4	OA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	367	528	734	21,5	0,697
5	KA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	385	602	914	11,5	0,879
6	TFDA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	178	313	557	12,5	1,208

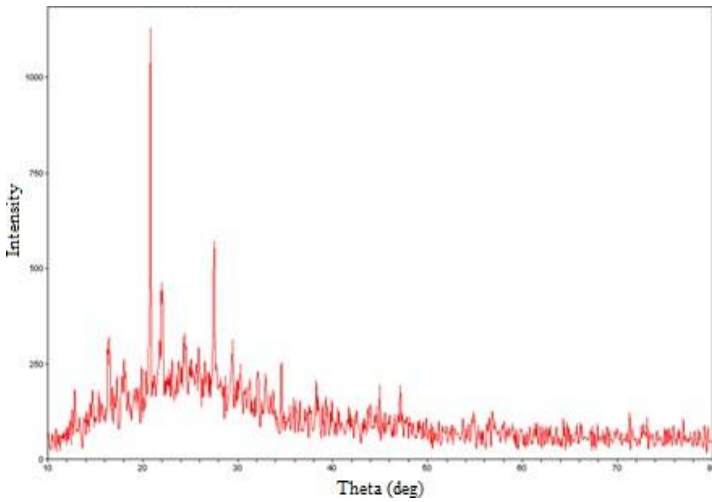
Alınmış birləşmələrin struktur xüsusiyyətlərinin daha dəqiq müəyyən edilməsi, həmçinin onların kristal və amorf fazalarının mövcudluğunun qiymətləndirilməsi məqsədilə rentgen-faza analizi aparılmışdır. Tədqiqatlar otaq temperaturunda XRD TD-3500 tipli rentgen difraktometrində həyata keçirilmişdir.

Modifikasiya olunmamış və TFDA, BA, AA-lə MFFO-nin sulfolaşma məhsullarının nümunələrinin rentgen-faza analizinin nəticələri şəkil 3.5-3.6-da verilmişdir.

Şəkillərdən görüldüyü kimi, modifikasiya olunmamış və BA-lə, AA-lə MFFO-nin sulfolaşma məhsullarının nümunələrinin rentgenoqramlarında kəskin piklər müşahidə olunmur. Bu onunla izah oluna bilər ki, həmin birləşmələrin quruluşu amorf təbiətlidir, strukturlaşmış hissələr yoxdur, qəfəs formalaşması görünür. Tərkibində azot olmayan nümunə üçün bu, gözləniləndir. Beləki, ionlaşmış fraqmentlərin əmələ gəlməsi ehtimal edilmir.



Şəkil 3.5. BA (1), AA-lə (2) modifikasiya olunmuş və modifikasiya olunmamış (3) FFO-nin sulfolaşma məhsullarının rentgenoqramı



Şəkil 3.6. TFDA-lə MFFO-nun sulfolaşma məhsulunun nümunəsinin rentgenoqramı

Proseslərin mexanizminin araşdırılması zamanı azot saxlayan digər iki nümunədə belə bir halın yaranması imkanları olduğundan nəticə fərqli ola bilərdi. Lakin görüldüyü kimi, ciddi fərq yoxdur, strukturlar amorf təbiətlidir. Nəzərə çarpan fərq yalnız TFDA-lə MFFO əsaslı sulfokationit nümunəsində müşahidə olunur.

Cədvəl 3.3-də modifikasiya olunmamış və MFFO əsaslı sulfokationitlərin əsas göstəriciləri təqdim edilmişdir. Bu göstəricilər həmçinin, müqayisə məqsədilə sənayedə istehsal olunan KY-1 markalı kationdəyişdiricinin göstəriciləri ilə də müqayisə edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, amid qruplu üzvi birləşmələrlə MFFO-nin funksionallığı modifikasiya olunmamış FFO ilə müqayisədə fərqlənir.

Hissəcik ölçülərində ciddi fərq müşahidə olunmasa da, tökülmə həcmi azot tərkibli oliqomer nümunələrində daha kiçik qiymətlər almışdır. Bu fərq iki amid qrupu olan azotlu birləşmə ilə modifikasiya olunmuş oliqomerdə daha qabarıq şəkildə özünü göstərir. Sulfolaşma prosesində yeni, yüksək polyarlığa malik funksional qruplar iştirak edir, makromolekul daxilində nizamsız hidrogen rabitələrinin yaranmasına və məsamələrin formalaşmasına səbəb olur.

Azot tərkibli sulfokationit nümunələrində şişmə dərəcəsinin cüzi azalması funksionallığın və sıxlığın artması ilə izah olunur.

Nümunələrin xüsusi həcm göstəricilərində müəyyən fərqlər müşahidə olunmuşdur. Funksionallaşdırılmış oliqomerlərin sulfolaşma məhsullarının xüsusi həcmi modifikasiya olunmamış sulfokationitlə müqayisədə daha yüksək olmuşdur ki, bu da amid qruplarının daxil olması nəticəsində makromolekulların polyarlığının artması, metilollaşma və sulfolaşma dərəcəsinin yüksəlməsi, həmçinin su dipollarının təsiri ilə izah olunur.

Sulfokationitlərin mühüm göstəricilərindən biri onların statik dəyişmə tutumudur. Nəticələr göstərir ki, amid qruplu üzvi birləşmələrlə modifikasiya olunmuş nümunələr analoqları ilə müqayisədə daha yüksək göstəricilərə malikdir. Bu, amid qruplarının sayının çoxluğunun iondəyişmə qabiliyyətinə müsbət təsiri ilə izah olunur.

Cədvəl 3.3

Sulfokationitlərin əsas göstəriciləri

№	Sulfokationitlər	Funksional qrup	Hissəciklərin ölçüsü, mm	Tökülmə həcmi, q/ml	Şişmə dərəcəsi, %	Xüsusi həcm, ml/q	Statik dəyişmə tutumu, mq-ekv/q	Həqiqi sıxlıq, kq/m ³	Dinamik dəyişmə tutumu, mq-ekv/q
1	KY-1 kationiti	-SO ₃ -OH	0,4-2	0,74	0,19	3,2	1,35	1096,4	0,56
2	FFO əsaslı sulfokationit	-SO ₃ -OH	0,8-2	0,71	0,18	3,0	2,10	1082,2	0,82
3	AA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	-SO ₃ -OH >NH >CO	1-2	0,60	0,16	8,0	2,84	1188,6	0,98
4	BA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	-SO ₃ -OH >NH >CO	1-2	0,62	0,14	8,4	2,96	1189,4	0,98
5	OA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	-SO ₃ -OH >NH >CO	1-2	0,52	0,15	8,4	3,6	1192	0,96
6	TFDA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	-SO ₃ -OH >NH >CO	1-2	0,52	0,17	8,6	3,65	1194,6	0,98
7	KA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	-SO ₃ -OH >NH >CO	1-2	0,58	0,15	8,0	3,24	1186,8	0,96

Dinamik dəyişmə tutumu isə iondəyişdirici təbəqədən süzülmə şəraitində vahid kütlə ilə udulan ionların maksimum miqdarını xarakterizə edən əsas göstəricilərdən biridir. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, modifikasiya olunmuş oliqomerlərin sulfolaşma məhsulları analoqlarına nisbətən təxminən 20% üstünlük nümayiş etdirir ki, bu hal həqiqi sıxlıq göstəricilərində də müşahidə olunur.

Ümumiyyətlə, yuxarıdakı təhlillərdən aşağıdakı yekun qənaətə gəlmək olar:

- Bir və ya iki amid qrupu saxlayan üzvi birləşmələrlə MFFO sulfolaşdıqdan sonra modifikasiya olunmamış oliqomerin oxşar çevrilmə məhsulları ilə müqayisədə yüksək kationdəyişdirici xassə nümayiş etdirir;
- Oliqomerdə amid qrupları müvafiq çevrilmələrə müsbət təsir göstərir, oliqomerlərin sulfolaşma məhsullarının reaksiya qabiliyyətini və makromolekulların polyarlığını artıraraq sistemdə müsbət yüklü hissəciklərin cəzb olunmasını gücləndirir. Amid qruplarının artması ilə bu təsirin daha da gücləndiyi müşahidə olunur;
- Alınan nəticələr amid qruplu birləşmələrlə modifikasiya olunmuş oliqomerlərin kationdəyişdirici kimi effektiv olacağına dair ehtimalları təsdiq edir;
- Aparılan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələrinə əsaslanaraq, qeyd etmək olar ki, aldığımız sulfokationitlərin fiziki-kimyəvi göstəriciləri mövcud KY-1 sulfokationitindən daha səmərəlidir və onun müxtəlif məqsədlər üçün istifadəsi tövsiyə olunur.

Sulfokationitlərin aqressiv mühitlərdə istifadə olunma imkanlarını müəyyən etmək məqsədilə seçilmiş sulfokationit nümunələrinin (AA və BA-lə MFFO əsaslı) HCl və HNO₃ turşularının, eləcə də NaOH-in 5%-li məhlullarında davamlılığı tədqiq edilmişdir. Aparılmış tədqiqatların nəticələri cədvəl 4.1.2-də təqdim olunmuşdur. Təcrübələr 25⁰C temperaturda 2 sutka ərzində aparılmışdır.

Cədvəl 3.4**AA və BA-lə MFFO əsaslı sulfokationitlərin aqressiv mühitlərə davamlılığı (temp.-25⁰C, zaman-2 sutka)**

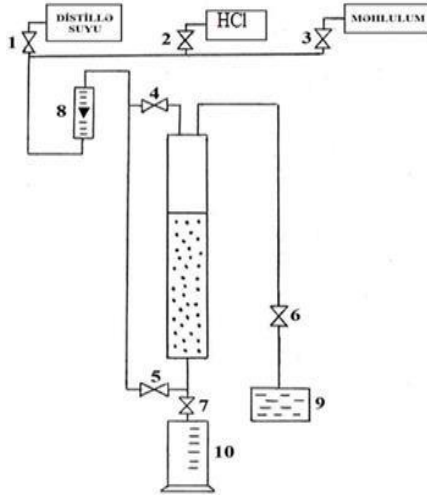
№	Birləşmə	Mühit	Statik dəyişmə tutumu, mq-ekv/q		Dəyişmə fərqi, %	Kütlə itkisi, %
			suda	mühitdə		
1	AA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	HCl	2,84	2,69	94,7	2,7
2		HNO ₃	2,84	2,53	89,1	4,2
3		NaOH	2,84	2,28	80,2	6,1
4	BA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	HCl	2,96	2,76	93,2	2,6
5		HNO ₃	2,96	2,57	87,0	3,9
6		NaOH	2,96	2,37	79,9	5,7

Aparılan tədqiqatların nəticələri göstərir ki, AA və BA-lə MFFO əsaslı sulfokationitlər aqressiv mühitlərə qarşı kifayət qədər yüksək kimyəvi davamlılığa malikdirlər. Hər iki nümunə turş mühitlərdə (5%-li HCl və HNO₃ məhlullarında) daha yüksək davamlılıq nümayiş etdirir və iondəyişmə tutumunun böyük hissəsini saxlayır. Qələvi mühitdə (5%-li NaOH məhlulunda) isə müəyyən qədər kütlə itkisi və statik dəyişmə tutumunun azalması müşahidə olunur ki, bu da strukturun qismən destruksiyası ilə izah edilə bilər. Müqayisəli təhlil göstərir ki, BA-lə MFFO əsaslı sulfokationit aqressiv mühitlərdə bir qədər daha sabit nəticələr nümayiş etdirir. Ümumiyyətlə, əldə olunan nəticələr göstərir ki, sulfokationitlərin aqressiv mühitlərdə istifadəsi iondəyişdirici materiallar kimi perspektivli hesab oluna bilər.

4. Amid qruplu birləşmələrlə MFFO əsasında alınan sulfokationitlərin suyun yumşaldılmasında tətbiqi

Texniki suyun codluğunun aşağı salınmasında amid qruplu birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationit nümunələrindən istifadə edilmişdir. Suyun codluğu trilonometrik üsulla təyin edilir. Ümumi codluğun təyinində tünd-göy xrom indikatorundan, kalsium ionlarının yaratdığı codluğu təyin etmək üçün mureksiddən (C₈H₈N₆O₆ - ammonium-purpurat) istifadə olunmuşdur.

Suyun codluğunu təyin etmək üçün qurğu aşağıdakı kimidir (şəkil 4.1).



Şəkil 4.1. Suyun codluğunu təyin edən qurğu

1-7 – siyirmələr, 8 – sərfiyyatı ölçən, 9 – yuma suyu üçün xüsusi qab, 10 – yumşaldılmış su üçün ölçü qabı

Amid qruplu birləşmə ilə MFFO əsaslı sulfokationit nümunələri sınaqdan keçirilmişdir. Bunun üçün müxtəlif ümumi codluğa malik (8,5 və 10 mq-ekv/l) iki fərqli cod su nümunəsindən, titrləmə zamanı 0,01N qatılıqlı Trilon-B məhlulundan istifadə olunmuşdur. Su qurğudan süzülərək analiz edilmiş və nəticələr cədvəl 4.1-də verilmişdir.

Cədvəl 4.1

Modifikasiya olunmamış və KA-lə MFFO əsaslı sulfokationiti ilə yumşaldılmış suyun codluğunun orta qiyməti

Cod su nümunələri	Modifikasiya olunmamış FFO əsaslı sulfokationit		KA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	
	ümumi codluq	Ca ²⁺ codluğu	ümumi codluq	Ca ²⁺ codluğu
№1 Üm.cod.= 8,5; Ca ²⁺ = 4	4,76	1,53	0,47	0,15
№2 Üm.cod.= 10; Ca ²⁺ = 4	0,25	0,13	0,06	0,03

Tədqiqatların sonrakı mərhələsində KA-lə MFFO əsaslı sulfokationitin müxtəlif model cod su nümunələrinin yumşaldılması prosesində dinamik iondəyişmə tutumu (sulfokationitin vahid həcmi ilə tutula bilən ionların miqdarı) hesablanmışdır.

Analoji təcrübələr digər amid qruplu birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlərin iştirakında aparılmış, nəticələr cədvəl 4.2-də öz əksini tapmışdır.

Cədvəl 4.2

Amid qruplu birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlərin kationdəyişdirici göstəriciləri

№	Sulfokationitlər	Tam dinamik iondəyişmə tutumu, mq-ekv/m ³	Statik dəyişmə tutumu, mmol/q	Suyun qalıq codluğu, mkq-ekv/dm ³
1	FFO əsaslı sulfokationit	175,1	2,10	16
2	AA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	225,1	2,84	21
3	BA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	229,4	2,96	21
4	OA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	235,3	3,60	22
5	TFDA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	242,5	3,65	22
6	KA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	241,3	3,24	20

Aparılan tədqiqatların müsbət nəticələrinə əsasən, amid qruplu birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlərin iştirakında texniki suyun yumşaldılmasının mümkünlüyü aşkar edilmişdir və bu məqsədlə istifadə üçün tövsiyə olunur. Sintez edilmiş sulfokationit nümunələri ADNSU-nun “Enerji istehsalı texnologiyaları” və “Üzvi maddələr və yüksəkmolekullu birləşmələrin texnologiyası” kafedralarının əməkdaşlarının iştirakı ilə AQUAPRO MMC tərəfindən yoxlanılaraq müvafiq sınaq aktı ilə təsdiqlənmişdir.

Belə ki, yumşaldılmış su məişətdə, sənayedə və kənd təsərrüfatında bir çox problemlərin həllinə müsbət təsir göstərir. Yumşaldılmış suyun istilik sistemlərində istifadə edilməsi nəticəsində ərp əmələ gəlməsinin qarşısı alınır, bu isə təxminən 10% elektrik enerjisinə qənaət edilməsinə və ümumi isitmə xərclərinin azalmasına səbəb olur.

4. Yeni tərkibli sulfokationitlərin keyfiyyətinin qeyri-səlis məntiqlə dəqiqləşdirilməsi

Son dövrlərdə texnoloji proseslərin təhlilində klassik məntiq yanaşmaları ilə yanaşı, qeyri-dəqiq və qeyri-səlis məlumatlara əsaslanan metodlara da artan elmi maraq müşahidə olunur.

TOPSIS üsulu çoxmeyarlı qərarların qəbul edilməsində geniş istifadə olunan metodlardan biridir və sadə tətbiqi ilə seçilir. Bu üsul müsbət ideal həllə ən yaxın və mənfi ideal həllə isə ən uzaq məsafədə yerləşən alternativin müəyyən edilməsinə imkan verir.

Qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi isə qeyri-müəyyən və qeyri-dəqiq məlumatların təhlilində daha effektiv nəticələr əldə etməyə imkan verir. Bu yanaşma sulfokationitlərin fiziki-kimyəvi davamlılığının qiymətləndirilməsində nəticələrin daha dəqiq və etibarlı şəkildə müəyyən olunmasına şərait yaradır.

Tədqiqatda amid qruplu üzvi birləşmələrlə MFFO və müqayisə üçün FFO əsaslı sulfokationitlərin keyfiyyəti qeyri-səlis məntiq üsulu ilə qiymətləndirilmiş və bu məqsədlə cədvəl 5.1-də verilmiş göstəricilər əsas götürülmüşdür.

Cədvəl 5.1

Amid qruplu üzvi birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlərin əsas göstəriciləri

Nö	Sulfokationitlər	Statik dəyişmə tutumu, mq-ekv/q	Dinamik dəyişmə tutumu, mq-ekv/q	Şişmə dərəcəsi, %	Xüsusi həcm, ml/q	Həqiqi sıxlıq, kq/m ³
1	FFO əsaslı sulfokationit	2,10	0,82	0,18	3,0	1082,2
2	AA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	2,84	0,98	0,16	8,0	1188,6
3	BA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	2,96	0,98	0,14	8,4	1189,4
4	OA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	3,6	0,96	0,15	8,4	1192
5	TFDA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	3,65	0,98	0,17	8,6	1194,6
6	KA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	3,24	0,96	0,15	8,0	1186,8

Cədvəl 5.2

Meyarların çəkili və alternativlərin ilkin qiymətləri

Çəkilər (ω)		ω_1			ω_2			ω_3			ω_4			ω_5		
		0,1	0,4	0,7	0,15	0,3	1	0,08	0,15	1	0,05	0,1	0,6	0,01	0,05	1
Meyarlar Alternativlər (Sulfokationitlər)		C1			C2			C3			C4			C5		
		Statik dəyişmə tutumu, mq-ekv/q			Dinamik dəyişmə tutumu, mq-ekv/q			Şişmə dərəcəsi, %			Xüsusi həcm, ml/q			Həqiqi sıxlıq, kq/m ³		
		l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1	FFO əsaslı sulfokationit	1	2,1	3,5	0,6	0,82	4	0,02	0,18	1	1	3	5	960	1082	1200
A2	AA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	1	2,84	4	0,5	0,98	3	0,05	0,16	2	6	8	10	1000	1189	1200
A3	BA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	1,5	2,96	5	0,2	0,98	2	0,08	0,14	2	5	8,4	11	950	1189	1250
A4	OA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	2	3,6	6	0,6	0,96	3	0,06	0,15	2	3	8,4	10	920	1192	1300
A5	TFDA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	1	3,65	4	0,1	0,98	3	0,01	0,17	1	2	8,6	12	800	1195	1350
A6	KA-lə MFFO əsaslı sulfokationit	2	3,24	5	0,5	0,96	2	0,07	0,15	2	5	8	10	850	1187	1270

Qeyri-səlis TOPSIS-də ilkin olaraq qeyri-səlis qərar matrisi qurulur. Hər bir meyar üzrə alternativlərin reytingini təmsil etmək üçün qeyri-səlis ədədlərdən istifadə olunur. İstifadə olunan qeyri-səlis dəyişənlər, üçbucaqlı qeyri-səlis ədədlə $A=(l, m, u)$ ifadə olunur. Həll olunan məsələdə məqsəd mövcud sulfokationitlərdən ən optimal olanın seçilməsidir.

İlkin olaraq, qərar qəbuletmə problemi və qiymətləndirmə meyarları müəyyən edilir. Nisbi əhəmiyyətinə görə hər bir meyar üçün çəkilər (ω) təyin edilir. Daha sonra qeyri-səlis qiymətlərdən istifadə edərək, hər bir kriteriyaya görə hər bir alternativ qiymətləndirilir. Qeyri-səlis qərar matrisində alternativlərin (A) sayı 6 və meyarların (C) sayı isə 5-dir. Alternativlərə A1 – FFO əsaslı sulfokationit, A2 – AA-lə MFFO əsaslı sulfokationit, A3 – BA-lə MFFO əsaslı sulfokationit, A4 – OK-lə MFFO əsaslı sulfokationit, A5 – TFDA-lə MFFO əsaslı sulfokationit və A6 – KA-lə MFFO əsaslı sulfokationit aiddir. Meyarlar isə C1 – statik dəyişmə tutumu, C2 – dinamik dəyişmə tutumu, C3 – şişmə dərəcəsi, C4 – xüsusi həcm və C5 – həqiqi sıxlıq olaraq seçilmişdir (cədvəl 5.2).

Məsələnin həlli addımlarla həyata keçirilmiş və aşağıdakı nəticə alınmışdır (cədvəl 5.3).

Cədvəl 5.3

Altrenativlərin ranqı

NƏTİCƏ			
A_i	ranq	alternativlər	
0,193766	6	A1	FFO əsaslı sulfokationit
0,525486	3	A2	Asetamidlə MFFO əsaslı sulfokationit
0,497	4	A3	Benzamidlə MFFO əsaslı sulfokationit
0,746828	1	A4	Oksamidlə MFFO əsaslı sulfokationit
0,571232	2	A5	Tereftaldiamidlə MFFO əsaslı sulfokationit
0,47763	5	A6	Karbamidlə MFFO əsaslı sulfokationit

Beləliklə, sulfokationitlərin sıralanmasına əsasən A4-alternativi (OA-lə MFFO əsaslı sulfokationit) digərləri ilə müqayisədə ən yüksək 0,746828 göstəriciyə malikdir.

NƏTİCƏ

Dissertasiyada əldə edilmiş əsas elmi nəticələr aşağıdakılardan ibarətdir:

1. İlk dəfə olaraq amid qruplu üzvi birləşmələrlə - AA, BA, OA, TFDA, KA-lə modifikasiya olunmuş termoreaktiv FFO-nin sulfolaşdırılması prosesi həyata keçirilmiş və riyazi modelləşdirmə üsulu ilə optimal şərait – oliqomer:turşu–1:3 mol nisbəti, temperatur 135°C , reaksiya müddəti 2-3 saat olaraq müəyyən edilmişdir [16].
2. Amid qrupları saxlayan üzvi birləşmələrlə MFFO əsaslı sulfokationitlərin quruluşu tədqiq edilmiş, sulfoqrupların ($-\text{SO}_3\text{H}$) benzol həlqəsinə birləşməsi ilə prosesin ehtimal olunan mexanizmi təsdiqlənmişdir [5, 6, 14, 15].
3. Sintez olunan sulfokationitlərin kationdəyişdirici xüsusiyyətləri tədqiq edilmiş, hissəciklərin ölçüsü, tökülmə həcmi, şişmə dərəcəsi, xüsusi həcmi, statik və dinamik dəyişmə tutumu, həqiqi sıxlıq kimi göstəricilər müəyyən olunmuşdur. Alınan nəticələr modifikasiya olunmamış oliqomer əsaslı və sənayedə geniş tətbiq olunan KY-1 sulfokationiti ilə müqayisə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, azot tərkibli modifikasiya olunmuş oliqomerlər əsasında alınan sulfokationitlər daha yüksək göstəricilərə malikdir [5, 6, 8, 13, 15].
4. Lazer Difraksiya üsulu ilə aparılan qranulometrik analiz nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, OA-lə MFFO əsaslı sulfokationit daha əlverişli hissəcik ölçü paylanması və nisbətən homogen quruluşu ilə seçilir ki, bu da onun adsorbsiya qabiliyyətinə müsbət təsir göstərir.
5. Amid qruplu üzvi birləşmələrlə MFFO-nin sulfolaşma məhsullarının termiki davamlığa malik olduğu müəyyən edilmişdir. TFDA-lə modifikasiya olunmuş oliqomer nümunəsində $\sim 900^{\circ}\text{C}$ -də qalıq kütlə 16%, BA-lə modifikasiya olunmuş oliqomer nümunəsində isə 15% təşkil etmişdir [17].
6. Sulfokationitlərin aqressiv mühitlərdə davamlılığını tədqiq edilmiş və onların 5%-li nitrat (HNO_3) və xlorid (HCl) turşularında, eləcə də 5%-li NaOH məhlulunda yüksək kimyəvi sabitliyə malik olduğu müəyyən edilmişdir [3].

7. MFFO əsaslı sulfokationitlərin kationdəyişdirici kimi tətbiqi məqsədlə cod suyun yumşaldılması prosesində sınaqdan keçirilmiş və müsbət nəticələr əldə edilmişdir [7, 14, 19].
8. Qeyri-səlis TOPSIS üsulu əsasında aparılan çoxmeyarlı qiymətləndirmə nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, A4 alternativini (OA-lə MFFO əsaslı sulfokationit) digər alternativlərlə müqayisədə ən yüksək uyğunluq dərəcəsinə (0,746828) malikdir.

Dissertasiya işinin əsas məzmunu aşağıdakı elmi əsərlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Abbasova, K.Q. Fenol-formaldehid oliqomerləri əsasında sulfokationitlərin alınması // – Bakı: Eko-enerjetika, – 2010. №4, – s. 26-30.
2. Naibova, T.M. İondəyişdirici yüksəkmolekullu birləşmələrin tədqiqi. Dərs vəsaiti. / T.M.Naibova, K.Q.Abbasova – Bakı: ADNA, – 2011. – 115 səh.
3. Наибова, Т.М. Сульфирование азотсодержащих фенолоформальдегидных олигомеров / Т.М.Наибова, К.Г.Аббасова // Журнал Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, – Москва: – 2011. №8 (31), – с. 23-25.
4. Наибова, Т.М. Получение катионита сульфированием модифицированного фенолоформальдегидного олигомера / Т.М.Наибова, К.Г.Аббасова // Журнал Научных публикаций аспирантов и докторантов, – Курск: – 2012. №8, – с.66-68.
5. Bilalov, Y.M. Azot saxlayan fenol-formaldehid oliqomerlərinin sulfolaşdırılması / Y.M.Bilalov, T.M.Naibova, İ.Q.Abdullayeva, K.Q.Abbasova // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri jurnalı, – Bakı: – 2013. №1 (83), – s. 16-21.
6. Naibova, T.M. Fenol-formaldehid oliqomerlərinin çevrilmə reaksiyaları / T.M.Naibova, İ.Q.Abdullayeva, K.Q.Abbasova //

- Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri, – Bakı: – 2013. №2 (5), – s. 79-83.
7. Naibova, T.M., Ahmadova, G.B., Abbasova, K.Q., Aliyeva, Z.N. Sulfonic-cation sunthesis on the basis of modified by carbamide and terephaldiamide phenol-formaldehyde oligomers // International Conference on European Science and technology, – Munich, Germany: – 27th-28th December, – 2013, – p. 89-92.
 8. Амиров, Ф.А. Исследование основных характеристик сульфированных модифицированных фенолоформальдегидных олигомеров / Ф.А.Амиров, Т.М.Найбова, К.Г.Аббасова // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, – Bakı: – 2017. №3 (19), – s. 43-46.
 9. Abbasova, K.Q. Fenol-formaldehid oliqomerləri əsasında sulfokationitlərin alınması // – Bakı: Elmi Məcmuələr, Milli Aviasiya Akademiyası, – 2017. №3 (19), – s. 31-36.
 10. Naibova, T.M., Abbasova, K.Q. Karbamidlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqomeri // Ümummilli Lider H.Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların “Kimyanın aktual problemləri” XIII Beynəlxalq Elmi konfransının materialları, – Bakı: – 15-16 may, – 2019, – s. 311-312.
 11. Naibova, T.M. Modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqomerləri əsasında sulfokationit, İxtira I2019 0017, Azərbaycan Respublikası / Abbasova K.Q. – 10.06.2019.
 12. Əmirov, F.Ə. Yüksəkmolekullu birləşmələrin kimyəvi texnologiyası (Yüksəkmolekullu birləşmələrin sintezi və tədqiqi). Dərs vəsaiti. / F.Ə.Əmirov, T.M.Naibova, A.Ə.Məmmədova, K.Q.Abbasova – Bakı: Elm və təhsil nəşriyyatı, – 2019. – 120 s.
 13. Naibova, T.M. Synthesis sulfocationites based on modified phenol-formaldehyde oligomers / T.M.Naibova, K.Q.Abbasova // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science, – Philadelphia, USA, – 2019. №9 (77), – p. 176-178.

14. Abbasova, K.Q. Asetamide-phenol-formaldehid y oligomer based sulfocationites // International Conference on Actual Problems of Chemical Engineering, dedicated to the 100th anniversary of the Azerbaijan State Oil and Industry University, – 24-25 december, – 2020, – p.132.
15. Əmirov, F.Ə., Naibova, T.M., Abbasova, K.Q., Salayev, M.R. Ekoloji cəhətdən əlverişli iondəyişdiricinin tətbiq sahələri // International Conference on "Reconstruction and recovery in post-conflict situations-RRPCS", – Baku: – February 25-26, – 2021.
16. Abbasova, K.Q. İondəyişdirici materialların alınması və onların tətqiqi // – Bakı: Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri, Beynəlxalq elmi-texniki jurnal, – 2022. №1 (14), – s. 84-90.
17. Наибова, Т.М. Оптимизация процесса получения ионообменника на основе карбамид-фенол-формальдегидного олигомера / Т.М.Наибова, Ф.А.Амиров, Ф.В.Юсубов, К.Г.Аббасова // Журнал Пластические массы, – Москва: – 2022. №9-10, – с. 25-27.
18. Abbasova, K.Q. Tereftaldiamidlə modifikasiya olunmuş sooliqomer əsaslı sulfokationitin termiki destruksiyası // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların IV Beynəlxalq Elmi konfransı, – Bakı: Ali Neft məktəbi, – 12 aprel-3 may, – 2023, – s. 540-541.
19. Əmirov, F.Ə., Naibova, T.M., Abbasova, K.Q. Karbamidlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid sooliqomeri əsaslı sulfokationitin tətbiqi // Ümummilli lider Heydər Əlirza oğlu Əliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş Doktorant və Gənc Tədqiqatçıların Elmi konfransı, – Bakı: ADNSU, – 4-5 may, – 2023, – s. 51-54.
20. Naibova, T.M., Məmmədova, A.Ə. Abbasova, K.Q., Öməröva, N.A. Əlvan metalların filizdən ayrılmasında iondəyişdiricilərin rolu // Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Heydər Əliyev və Azərbaycan təbiəti” Beynəlxalq konfrans,

molekulyar biologiya və biotexnologiyalar institutu, – Bakı: – 19-20 iyun, – 2023, – səh.131.

21. Naibova, T.M. Obtaining and application of sulfocationite based on oxamide-modified phenol-formaldehyde oligomer / T.M.Naibova, F.A.Amirli, K.Q.Abbasova // Journal Process of Petrochemistry and Oil Refining, – 2023. No.3 (24), – p.431-438.
22. Наибова, Т.М., Мамедова, А.А., Аббасова, К.Г., Омарова, Н.А. Сульфокатионит на основе соолигомеров / Макромолекуллу бirləşmələr texnologiyasının müasir problemləri” Beynəlxalq elmi konfrans, – Bakı: – 25-26 aprel – 2024, – s. 58.
23. Naibova, T.M. Review on the acquisition, research and application of ion exchangers based on functionalized (co)oligomers / T.M.Naibova, F.A.Amirli, K.Q.Abbasova // Journal Process of Petrochemistry and Oil Refining, – 2024. No.2 (25), – p.484-497.
24. Naibova, T.M. Quality assessment of new composite sulfocationites using fuzzy logic / T.M.Naibova, K.Q.Abbasova, N.I.Hasanli// Journal Process of Petrochemistry and Oil Refining, – 2025. Vol.26, No3, – p.807-814
25. Наибова, Т.М., Аббасова, К.Г. Сульфокатиониты на основе функционализированных соолигомеров// Всероссийская научная конференция с международным участием «Современные проблемы органической химии», – Новосибирск: – 18-22 августа, – 2025, – с. 216
26. Наибова, Т.М., Аббасова, К.Г., Маммадова, А.А. Применение новых сульфокатионитов в ионных системах//II Международной конференции «Полимерные материалы пониженной горючести», – Балашиха, – 9-12 сентября, – 2025, – с. 271-273

Кочин

Dissertasiyanın müdafiəsi "22" may 2026-cı il tarixində saat 10:00 -da Sumqayıt Dövlət Universiteti tabeliyində Polimer Materialları İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.28 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Azərbaycan Respublikası, Sumqayıt şəhəri, S.Vurğun prospekti, 124. AZ5005

Dissertasiya ilə Sumqayıt Dövlət Universiteti tabeliyində Polimer Materialları İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası <http://amea-pmi.az/> rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtireferat "20" aprel 2026-cı il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 09.04.2026

Kağız formatı: A5

Həcm: 39793

Tiraj: 100