

# **AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI**

*Əlyazması hüququnda*

## **NEFT-LAY SULARINDAN VƏ DİGƏR SULU SİSTEMLƏRDƏN RADİONUKLİDLƏRİN VƏ AĞIR METALLARIN AYRILMASI ÜÇÜN SORBENTLƏRİN ALINMASI**

İxtisas: 2314.01 – Neft kimyası

Elm sahəsi: Kimya

İddiaçı: **Şəhla Cabbar qızı Quliyeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq  
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

### **AVTOREFERATI**

**Bakı – 2025**

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin “Neft kimyası və kimya texnologiyası” kafedrası və İnnovasiya və Rəqəmsal İnkişaf Agentliyinin Nüvə Tədqiqatları Departamenti nəzdində olan tədqiqat laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər: kimya elmləri doktoru, akademik  
**Abel Məmmədəli oğlu Məhərrəmov**

kimya elmləri doktoru, professor  
**Musa Rza oğlu Bayramov**

Rəsmi opponətlər: kimya elmləri doktoru, dosənt  
**Güləarə Allahverdi qızı Əhmədova**  
kimya elmləri doktoru, dosənt  
**Afayət Xəlil qızı Məmmədova**  
kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosənt  
**Famil Qələndar oğlu Vəliyev**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin akademik Y.H. Məmmədəliyev 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, dosənt  
**Lalə Məhəmməd qızı Əfəndiyeva**

Elmi seminarın sədri:

kimya elmləri doktoru, dosənt  
**Füzuli Əkbər oğlu Nəsirov**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Məlum olduğu kimi müasir dövrdə fenol, alkil- və alkenilfenollar, aminlər, aldehidlər, üzvi turşular və s. maddələr əsasında bir sıra polifunksional birləşmələr, o cümlədən antioksidantlar, korroziya inhibitorları, sürtgü yağlarına və yanacaqlara əlavə edilən aşqarlar, biosidlər, ekoloji problemlər yaradan ağır metalların təmizlənməsində istifadə olunan sorbentlər və digər texniki, xüsusi məqsədli birləşmələr alınması istiqamətində intensiv elmi-tədqiqat işləri aparılır.

Ətraf mühiti, o cümlədən su sistemlərini ağır metallardan, radionuklidlərdən və digər toksiki maddələrdən təmizləmək üçün təbii və sintetik sorbsiya materiallarından geniş miqyasda istifadə edilir<sup>1,2</sup>. Bunlarla yanaşı dünyada başqa üsullardan, o cümlədən kimyəvi, elektrokimyəvi üsullardan da istifadə edilir. Son illər tərkibində heteroatom (N, S, P, O) saxlayan, uzun müddət işləmə qabiliyyətinə malik, çoxfunksiyalı sorbentlərin alınması və onların kimyasının öyrənilməsi ilə əlaqədar elmi-praktiki əhəmiyyət kəsb edən işlər həyata keçirilir.

“Yaşıl kimyanın” ən vacib məsələlərinin həllində bu növ sorbentlərin rolu əvəzsizdir, çünki məlum təbii sorbsiya materiallarının təkrar istifadəsi əsasən uzunmüddətli deyil, ekoloji cəhətdən əlverişli sayılmır, çeşidi məhduddur, seçiciliyi aşağıdır və əlavə problemlərin yaranmasına səbəb olur.

Sintetik üsullarla alınmış sorbsiya materialları içərisində ekoloji zərərsiz, “tikili” termoreaktiv polimerlər xüsusi yer tutur. Ümumiyyətlə, “tikili” polimerlər digər sahələrdə də öz tətbiqini tapmışdır: mikroelektronika, membranlar, kontakt linzalar və başqa optiki materiallar, kompüter texnikası və s., son vaxtlar isə qanı toksiki maddələrdən təmizləmək üçün bu növ sorbentlər daha çox istifadə olunur.

<sup>1</sup> Ajmal, M. Amidoximated poly(acrylonitrile) particles for environmental applications: Removal of heavy metal ions, dyes, and herbicides from water with different sources / Muhammed Ajmal, Sahin Demirci, Mohammed Siddiq [et al.] // Journal of Applied Polymer Science, – 2016. v. 133, № 7, – p. 430-432.

<sup>2</sup> Guo, H. Carbon materials for extraction of uranium from seawater / Hang Guo, Peng Mei, Jingting Xiao [et al.] // Chemosphere, – 2021. v. 278, – p. 1304-1311.

Ağır metalları və radionuklidləri sulu sistemlərdən kənarlaşdırmaq (təmizləmək) üçün müxtəlif növ sorbsiya materiallarının alınması və tədqiqi istiqamətində elmi-tədqiqat işləri aparılmasında müasir tələblərə cavab verən, funksional oliqomerlər əsasında tərkibində xelatəmələgətirici funksional qruplar saxlayan üçölçülü funksionallaşdırılmış sorbentlərin sintezinin işlənilib hazırlanmasına ehtiyac duyulur.

Bu baxımdan təqdim olunan “Neft-lay sularından və digər sulu sistemlərdən ağır metalların və radionuklidlərin ayrılması üçün sorbentlərin alınması” adlı dissertasiya işinin mövzusu aktualdır, elmi və təcrübi əhəmiyyət kəsb edir.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Tədqiqatın obyektı kimi alkenilfenollar, malein anhidridi, striol, müxtəlif aminlərdən istifadə edilmişdir. Tədqiqatın predmeti isə alkenilfenollar əsasında yeni növ sorbentlərin alınması və onların ağır metalların, radionuklidlərin müxtəlif sistemlərdən çıxarılmasında sorbenti kimi tətbiq sahələridir.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Fenol, 2-propenil-, 4-izopropenilfenollar, formaldehid, akrilonitril, malein anhidridi, stirol, aminlər və s. maddələr əsasında müxtəlif quruluşlu funksional oliqomerlərin və termoreaktiv polifunksional polimerlərin sintezi, onların quruluşunun, fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi və model sulu məhlullardan uranil ionlarının, ağır metalların tutulması prosesinin araşdırılması, neft-lay mədən sularının tərkibində olan elementlərin sorbsiya prosesini öyrənmək və lazımi tövsiyələr vermək.

Qarşıya qoyulan məqsədə aşağıda göstərilən konkret məsələlərin həlli ilə nail olunmuşdur:

- 4-İzopropenilfenol – fenol – formaldehid əsasında üçkomponentli oliqomerin alınması və malein anhidridi ilə modifikasiya prosesinin optimallaşdırılması;

- 4-İzopropenilfenol – fenol – formaldehid əsasında sintez edilmiş üçkomponentli oliqomerin inisiator iştirakı ilə akrilonitrillə modifikasiyasından funksional əvəzli sorbentin alınması;

- 4-İzopropenilfenol, formaldehid və 4-(1-metil-1-dimetoksifosforilet)fenol əsasında qələvi katalizatoru iştirakında tərkibində fosfor atomu saxlayan üçkomponentli oliqomerin sintezi və akrilonitrillə modifikasiyasından tərkibində eyni zamanda azot və fosfor atomları

saxlayan sorbentin alınması;

– 2-Propenilfenol ilə formaldehidin qələvi katalizatoru iştirakı ilə polikondensləşməsi və malein anhidridi (tikici agent) ilə inisiator iştirakında qarşılıqlı təsir reaksiyasından polifunksional “tikili” polimerin alınması;

– Sintez edilmiş “tikili” polimerlər əsasında karboksilat tipli sorbent almaq məqsədilə onların hidroliz prosesinin aparılması;

– 4-İzopropenilfenol – malein anhidridi əsasında sooliqomerin sintezi və etilendiamin, dietilentriamin-formaldehid, etilendiamin – formaldehid – epoksid qatranı ilə modifikasiyası və alınmış “tikili” polimerlərin sorbent kimi tədqiqi;

– 4-İzopropenilfenol, malein anhidridi və stiroil əsasında üçlü sooliqomerin alınması və etilendiamin, etilendiamin – formaldehid, dietilentriamin – formaldehidlə modifikasiyası və alınmış “tikili” polimerlərin sorbent kimi tədqiqi;

– Alkenilfenollar əsasında sintez edilmiş yeni növ polifunksional sorbentlərin temperatura qarşı davamlılığının diferensial termiki analizi;

– Sintez edilmiş bütün sorbentlərin model sulu məhlullardan uranil ionlarının sorbsiya prosesinin tədqiqi;

– 4-İzopropenilfenol – malein anhidridi əsasında alınmış kompozisiya tərkibli (formaldehid, etilendiamin, epoksid qatranı) modifikat və 4-izopropenilfenol – malein anhidridi – stiroil sooliqomerinin formaldehid və etilendiaminlə modifikasiyasından alınmış modifikat vasitəsilə  $Pb^{2+}$  ionunun model sulu məhlullardan kənarlaşdırılmasında sorbent kimi tədqiqi;

– 2 neft mədəmindən (Qaradağ rayonu Neft-Qazçıxarma İdarəsi (NQÇİ) Əmirov adına Lökbatan 260 saylı mədən və “Bibiheybətneft” Neft-Qazçıxarma İdarəsi (NQÇİ) 3 saylı mədən ərazisində 3-cü horizontalda (625-800m dərinlikdə) işləyən K748 nömrəli neft quyusunun lay suyu) ayrılmış buruq sularında sintez edilmiş 4 “tikili” polimerin:

• 4-izopropenilfenol – fenol – formaldehid əsasında alınmış sooliqomerin malein anhidridi ilə modifikatın;

• 4-izopropenilfenol – malein anhidridi sooliqomerinin etilendiamin – formaldehid – epoksid qatranı ilə birgə modifikatın;

- 2-propenilfenol – formaldehid əsasında alınmış sooliqomerin malein anhidridi ilə modifikatın;

- 4-izopropenilfenol – malein anhidridi – stirol əsasında alınmış sooliqomerin etilendiaminlə modifikasiyasından alınmış modifikatın sorbent kimi tədqiqi;

- prosesin məlum İCP-MS 7700e cihazı vasitəsi ilə element analizi üsulu ilə öyrənilməsi və alınmış nəticələrin müqayisəsi;

- sorbsiya prosesinin effektivliyi və istifadədən sonra mineral turşular vasitəsilə regenerasiyası və təkrar istifadəsi.

**Tədqiqat metodları.** Elmi-tədqiqat işinin yerinə yetirilməsində bir çox müasir analiz metodlarından (İQ və NMR spektroskopiya, diferensial termiki analiz, rentgen-flüorosent analiz, fotokalorimetr, X-ray difraktometri, skanedici elektron mikroskop, İCP-MS və s.) istifadə edilmişdir.

**Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.** Alkenilfenolların (2-propenil-, 4-izopropenilfenollar) formaldehid və aminlərlə polikondensləşmə reaksiyaları, alınmış funksional oliqomerlərin vinil monomerləri, eləcə də formaldehid və aminlərlə modifikasiyası nəticəsində polifunksional sorbentlərin alınması həyata keçirilmişdir. Alınmış polifunksional sorbentlərin model su sistemləri və neft-lay sularının radionuklidlərdən və ağır metallardan təmizlənməsində sınaqları həyata keçirilmişdir.

#### **Tədqiqatın elmi yeniliyi.**

- Alkenilfenollar (4-izopropenilfenol, 2-propenilfenol) əsasında alınmış sooliqomerlərin sənaye miqyasında istehsal olunan birləşmələrlə (malein anhidridi, akrilonitril, stirol, etilendiamin, dietilentriamin, epoksid qatranı, formaldehid) modifikasiyası, funksionallaşdırılması sistemli şəkildə tədqiq edilmiş, tədqiqatlar nəticəsində tərkibində metallarla sulu sistemlərdə kompleks əmələ gətirən, eləcə də mübadilə reaksiyalarına daxil ola bilən müxtəlif tərkib və təbiətli aktiv funksional qruplar (-NH-, -CONH-, -OH, -COOH, =C=O) saxlayan yeni növ funksional ekoloji təhlükəsiz, iqtisadi əlverişli, termiki davamlı sintetik “tikili” polimer sorbentlər sintez edilmişdir;

- Sintez edilmiş polifunksional “tikili” polimerlər model sistemlərdə uranil və qurğuşun ionlarının sorbenti kimi sistemli şəkildə tədqiq edilmişdir;

- Sintez edilmiş sorbentlərdən istifadə etməklə müxtəlif neft mədənlərindən götürülmüş neft-lay sularının tərkibində olan metalların kənarlaşdırılması prosesi sistemli şəkildə tədqiq edilmişdir.

**Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** Sintez olunmuş müxtəlif quruluşlu termostabil “tikili” polimerlər tərkibində radionuklidlər, ağır metallar və digər toksiki maddələr olan sulu sistemlərin təmizlənməsində istifadə oluna bilər. Onların tərkibində olan bir neçə sorbsiya mərkəzi xemosorbsiya prosesində iştirak etməyə imkan verir və kompleks əmələgəlmə nəticəsində yüksək sorbsiya effektivliyinə malikdir.

4-İzopropenilfenol – fenol – formaldehid sooliqomerinin malein anhidridi (IV) və akrilonitril (VI) ilə modifikasiyasından alınmış “tikili” polimerlərin model sistemdə uranil ionlarının sorbenti kimi tədqiqatı zamanı tapılmış optimal şəraitdə sorbsiya dərəcəsi (R, %) və statik sorbsiya tutumu (SST, mq/q) uyğun olaraq IV sorbent üçün R = 94,0 %, SST = 75,2 mq/q, VI sorbent üçün R = 93 %, SST = 210 mq/q təşkil edir.

4-İzopropenilfenol – formaldehid - 4-(1-metil-1-dimetoksifosfo riletıl)fenol əsasında sintez edilmiş “tikili” polimerin uranil ionlarının sorbenti kimi effektivliyi pH 7 olduqda R = 89 %, SST = 229 mq/q təşkil edir.

Sintez edilmiş müxtəlif quruluşa malik “tikili” polimerlər termiki davamlıdır (350-600°C-ə qədər), onların mexaniki xassələri sorbsiya prosesi nəticəsində dəyişilmir və udulmuş uranil ionları mineral turşular (HNO<sub>3</sub>, HCl) vasitəsilə asan desorbsiya olunur, onların 10-12 dəfə təkrar istifadəsi mümkündür.

Eləcə də sintez olunmuş “tikili” polimerlər qatı məhlullardan əlavə, çox duru məhlullarda da (məsələn neft – lay buruq sularının tərkibində mikro miqdarda olan bir çox kationların da tutulmasında) yüksək effektivliyini göstərmişdir. Sorbsiya qabiliyyətinə görə çox yüksək nəticəni 4-izopropenilfenol-malein anhidridi əsasında alınmış sooliqomerin etilendiamin, formaldehid, epoksid qatranı ilə modifikasiya edilmiş (XVI) polimeri göstərmişdir. Belə ki, aparılan

sorbsiya prosesləri zamanı effektivliyi demək olar ki, ~ 98-100 % -ə qədər olur.

Sintez edilmiş bu növ “tikili” polimerlər ətraf mühiti başqa toksiki maddələrdən təmizləməyə imkan verir və “yaşıl kimyanın” qoyulmuş məsələlərinin həllinə təkan verir.

**Aprobasiya və tətbiqi.** Dissertasiya işinin əsas nəticələri müxtəlif beynəlxalq və yerli konfranslarda məruzə və müzakirə olunmuş, eləcə də indekslənən jurnallarda çap edilmişdir. O cümlədən:

- Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistrant və gənc tədqiqatçıların «Kimyanın aktual problemləri» XIII Beynəlxalq Elmi Konfransı (Bakı, 2019);

- Magistr və gənc tədqiqatçıların akademik Y.H.Məmmədəliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Müasir kimyanın aktual problemləri” Beynəlxalq Elmi Konfransı (Bakı, 2019);

- Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 97-ci ildönümünə həsr olunmuş Tələbə və gənc tədqiqatçıların I Beynəlxalq Elmi Konfransı (Bakı, 2020);

- 4<sup>th</sup> International Nowruz Conference on Scientific Research (Bakı, 2021);

- Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş Tələbə və gənc tədqiqatçıların II Beynəlxalq Elmi Konfransı (Bakı, 2021);

- Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistrant və gənc tədqiqatçıların «Kimyanın Aktual Problemləri» XIV Beynəlxalq Elmi Konfransı (BDU, 2021);

- Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi Konfransları (BANM, 2022);

- Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş «Kimya və Kimya Texnologiyası» Respublika Elmi Konfransı (BDU, 2022);

– The Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference “Global and Regional Aspects of Sustainable Development” (Copenhagen, Denmark, 2023);

– The Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Scientific and Practical Conference “Innovative Development in the Global Science” (Boston, USA, 2023);

– 6<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference “Scientific Community: Interdisciplinary Research” (Hamburg, Germany, 2023);

– II International Scientific and Practical Conference “Theoretical and practical perspectives of modern science”, (Stockholm. Sweden, 2023);

– Высшая школа: научные исследования, Межвузовского международного конгресса «Высшая школа: научные исследования» (2023);

– Neft kimyası və kimya texnologiyası kafedrasının 80 illiyinə həsr olunmuş “Kimya və kimya texnologiyasında müasir yanaşmalar” Respublika Elmi Konfransı, (Bakı, 2023).

Dissertasiya işinin materialları üzrə 8 elmi məqalə, 21 konfrans materialı olmaqla ümumilikdə 29 əsər dərc olunmuşdur.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.** Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin Neft kimyası və kimya texnologiyası kafedrasında fəaliyyət göstərən “Alkenilfenollar kimyası” elmi-tədqiqat laboratoriyası və İnnovasiya və Rəqəmsal İnkişaf Agentliyinin Nüvə Tədqiqatları Departamenti nəzdində olan tədqiqat laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

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

Dissertasiya işi 200 səhifə həcmində olub, giriş, 4 fəsil, nəticə, 174 adda ədəbiyyat istinadı və ixtisarlardan ibarətdir. Dissertasiya 190444 işarə həcmindədir (şəkillər, cədvəllər, qrafiklər və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə). Giriş – 13490, I fəsil – 49870, II fəsil – 32540, III fəsil – 73152, IV fəsil – 18033, nəticə – 3359 işarədir. Dissertasiya işində nəticələri əks etdirən 44 cədvəl və 75 şəkil verilmişdir.

**Birinci fəsil** (ədəbiyyat icmalı) fenollar, alkenilfenollar, malein anhidridi, akrilonitril, stirol və başqa reagentlər əsasında son illər sintez edilmiş sorbsiya materiallarının alınmasına, onların funksional xassələrinin öyrənilməsinə və ağır metalların və radioaktiv maddələrin su sistemlərindən çıxarılmasına həsr olunub.

Sistemli şəkildə verilmiş ədəbiyyat materialları dissertasiya mövzusunun aktuallığını təsdiq edir.

**İkinci fəsil** dissertasiya işində istifadə olunmuş reagentlərin, həlledicilərin, inisiatorların, tədqiqat zamanı istifadə olunan cihazların xarakteristikasına, maddələrin təmizlənməsinə, alınmasına və s. həsr olunub. Həmçinin, ikili və üçlü sooliqomerlərin və “tikili” polimer – sorbentlərin alınması metodikası verilmişdir.

**Üçüncü fəsil** tərkibində ikiqat rabitə və müxtəlif heteroatomlar saxlayan funksional əvəzli sooliqomerlərin sintezi, onların bəzi xassələrinin tədqiqi, eləcə də onların modifikasiya məhsullarının model sulu sistemlərdən uranil və qurğuşun ionlarının sorbsiyasına həsr olunmuşdur.

**Dördüncü fəsil** sintez edilmiş dörd sorbentdən - IV, XII, XVI, XVIII istifadə etməklə, götürülmüş neft-lay sularının tərkibində olan mikroelementlərin kənarlaşdırılmasına həsr olunmuşdur.

**Aparılan tədqiqatlarda iddiaçının şəxsi töhfəsi.** Dissertasiyanı yerinə yetirən zaman mövzu ətrafında son dövrlərin dünya ədəbiyyatı icmalının analizində, təcrübələrin aparılmasında, reaksiya məhsullarının sorbent kimi sınaqlarının aparılmasında, məqalələrin hazırlanmasında, eləcə də qarşıya qoyulan digər məsələlərin həllində müəllif bilavasitə iştirak etmişdir.

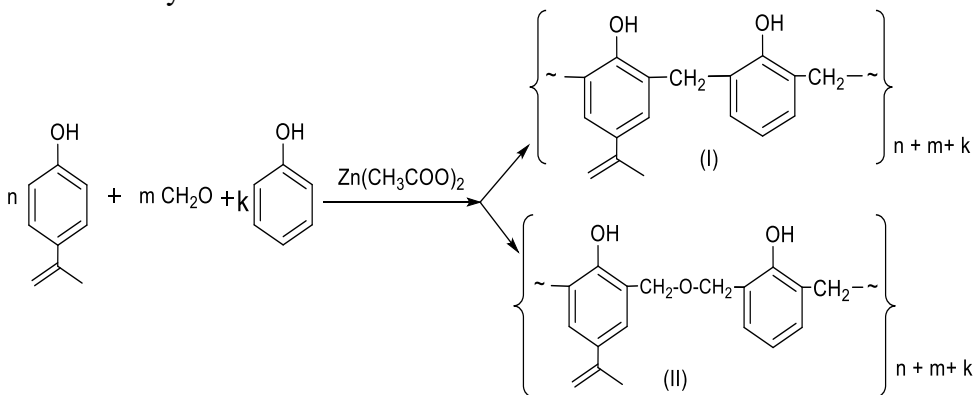
## İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Dünyada yaranmış ekoloji problemlərlə mübarizədə, istehsal tullantılarının və mineral xammalın emalında, nüvə yanacağı kimi işlədilən uranın filizlərin tərkibindən ayrılmasında, texnogen tullantılardan bir çox radionuklidlərin ilkin qatılaşdırılması, müxtəlif sistemlərin sulu məhlullarından ağır metalların və radionuklidlərin təmizlənməsində müxtəlif növ – təbii, hibrid və sintetik polimer sorbentlərdən istifadə olunur. Lakin, son illər bəzi əlamətlərinə görə sintetik polimer sorbentlərə daha çox yer verilir. Ekoloji və iqtisadi cəhətdən əlverişli, termiki davamlı polimer sorbentlərin sintezi isə xüsusilə əhəmiyyət kəsb edir.

### **4-İzopropenilfenolun fenol və formaldehidlə polikondensləşməsi (I), alınmış sooliqomerin malein anhidridi ilə modifikasiyası əsasında karboksilat növ sorbentin sintezi (IV) və reaksiya məhsulunun sorbent kimi tədqiqi**

4-İzopropenilfenolun fenol, formaldehidlə polikondensləşməsi sink-asetat katalizatoru iştirakı ilə aparıldığına görə aşağıda göstərilən tərkiblərdə (I, II) novalak tipli (xətti quruluşlu) 96,0-96,5 % çıxımla doymamış fenol-formaldehid sooliqomeri alınır.

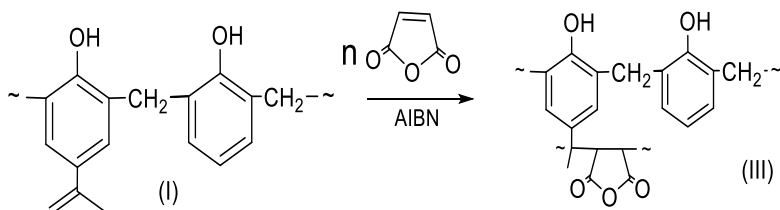
Reaksiyanın sxemi:



Sintez edilmiş sooliqomerin molekul kütləsi və molekul kütlə paylanması (MKP) gel-xromatoqrafiya üsulu ilə təyin edilmişdir. Analizin nəticələri göstərir ki, sooliqomerin orta molekul kütləsi 740

( $M_w$ ), orta ədədi molekul kütləsi 475 ( $M_n$ ),  $M_w/M_n$  nisbəti 1,56 olur. Tutulma həcmnin maksimum  $V_R = 8,0-10$  qiymətlərində az da olsa orta molekul kütləsi nisbətən yüksək olan sooliqomer də alınır.

Sintez olunan I sooliqomerin sərbəst radikal mexanizmi üzrə malein anhidridi ilə modifikasiyası aparılmışdır. Reaksiyasının sxemi:



Modifikasiyası prosesinə müxtəlif amillərin, o cümlədən temperatur, inisiatorun təbiəti, vaxtın və eləcə də inisiatordan istifadə etmədən temperaturun (termiki) təsiri sistemli şəkildə öyrənilmişdir.

Alınmış nəticələrə əsasən optimal şəraitin AIBN inisiatorunun 1% miqdarında, 80°C temperaturda 4-5 saat müddətində, İÜBP inisiatorunun isə 0,5% miqdarında, 140°C temperaturda 4-5 saat müddətində olması müəyyən edilmişdir.

Tədqiqatdan alınmış nəticələr göstərir ki, sooliqomerin modifikasiyası inisiatordan istifadə etmədən termiki 140°C temperaturda 5 saat müddətində aparıla bilər.

Tikilmə prosesinin kimyasını dəqiqləşdirmək məqsədi ilə sooliqomerin (I) malein anhidridi ilə qarışığının AIBN inisiatoru iştirakı ilə tikilmə prosesi derivatoqrafik üsulla 130°C temperatura qədər qızdırılmaqla tədqiq edilmişdir. Tədqiqatın nəticələrinə əsasən qarışığın temperaturu 130°C-ə çatdıqdan sonra ekzotermik reaksiyanın (polimerləşmə) baş verməsini təsdiq edən xarakterik pik müşahidə olunur, yəni sooliqomerdə olan ikiqat rabitə ilə malein anhidridi arasında inisiator iştirakı ilə (eləcə də metilen efir qruplarının parçalanmasından alınan radikalların) zəncirvari radikal proses baş verir. Beləliklə, derivatoqrafik tədqiqat laboratoriya təcrübələrinin nəticələrini təsdiqləyir.

Sintetik polimer sorbentlərə qarşı qoyulan ən vacib tələblərdən biri də onun termiki davamlı, ekoloji təhlükəsiz olmasıdır. Ona görə sorbent kimi alınmış “tikili” polimerin termiki davamlılığı və istismar zamanı kütləsinin (çəki) sabit qalması derivatoqrafik analiz vasitəsilə müəyyən edilmişdir.

Sonra MATLAB-6 kompüter proqramından istifadə etməklə I sooliqomerin malein anhidridi ilə modifikasiyasının laboratoriya tədqiqatlarının nəticələrinə əsasən, maksimum effekti təmin edən optimal şərait müəyyən edilmişdir. Nəticələr göstərdi ki, İÜBP iştirakı ilə tikilmə prosesi aparılarkən məhsulun maksimum çıxımı 140°C temperaturda, 5 saat müddətində ~ 97 %, AİBN iştirakı ilə 80°C temperaturda, 5 saat müddətində ~ 96,2 % müşahidə olunur.

Alınmış “tikili” polimeri karboksilat növ sorbent (IV polimer) kimi tədqiq etmək üçün onun məlum metodla su ilə (100°C temperaturda) hidrolizi aparılmışdır. IV polimerin quruluşu İQ spektroskopiya vasitəsilə öyrənilmişdir.

Sonra “tikili” polimer model sistemlərdə uranil ionlarının sorbenti kimi tədqiq olunmuşdur. Sorbsiya parametrlərinə mühitin pH-nın təsiri öyrənilmiş və sorbsiya dərəcəsinin maksimal qiyməti pH=5-6 olduqda ~ 94 % olduğu müəyyən edilmişdir. pH 8-də müşahidə olunan maksimumlar və stasionar sahələr sorbsiya prosesi zamanı sorbentin  $(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_5^+$ ,  $(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_7^+$  ionlarını tutması ilə izah olunur. pH>10-da sorbentin səthində elektronoakseptor mərkəzləri mövcud olur.

Uranil ionları və sorbent arasında müəyyən olunmuş tarazlığı Frenclix izotermi ilə aydın göstərmək olar:

$$\lg q_e = \lg K_F + \frac{1}{n} \lg C_e$$

Burada  $C_e$  – sorbsiyadan sonra uranın qatılığı, mq/l;  $q_e$  – vahid kütlədə sorbentdə sorbsiya olunan uranın miqdarı, mq/q;  $K_F$  – sorbsiya tutumunun sabitidir.

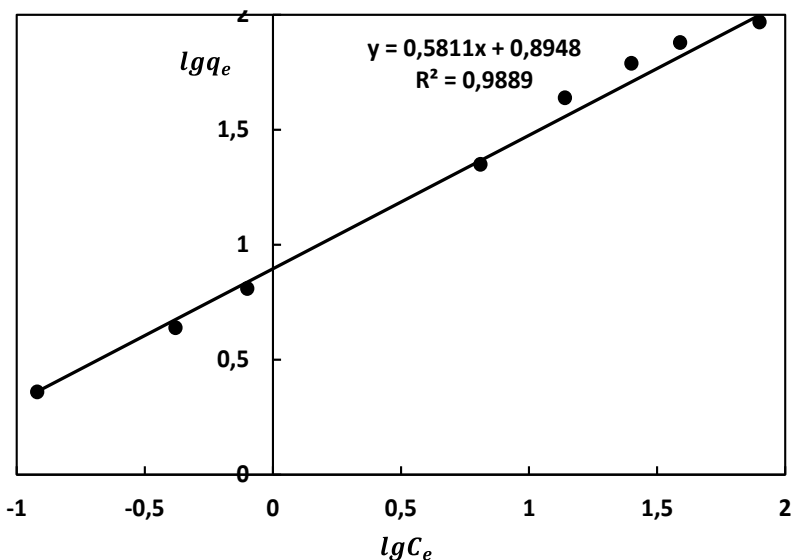
Alınmış nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir.

**Cədvəl 1**

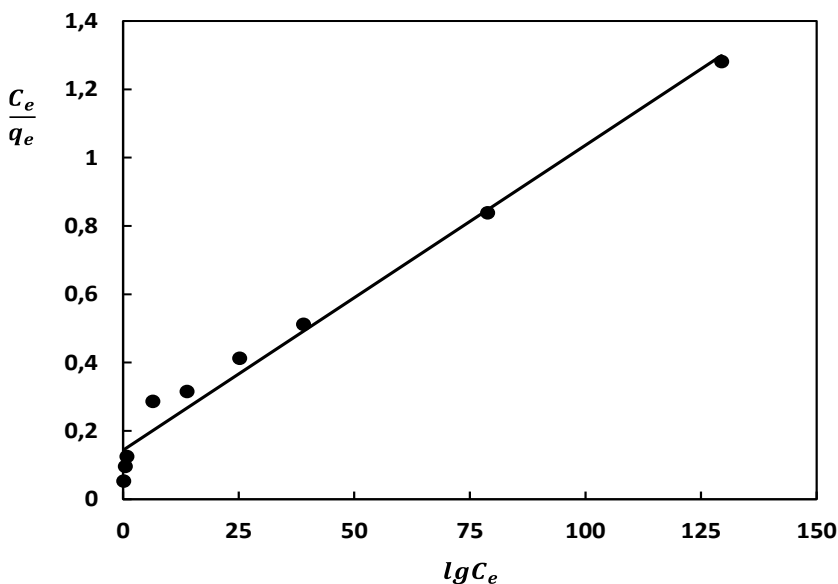
**Frendlix izoterminin hesablanmasından alınan nəticələr**

| $A_0, \text{Bk/l}$ | $A, \text{Bk/l}$ | $C_0, \text{mq/l}$ | $C_e, \text{mq/l}$ | $\lg C_e$ | $q_e, \text{mq/q}$ | $\lg q_e$ | $C_e/q_e$ |
|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|
| 1,2                | 0,06             | 2,4                | 0,12               | -0,92     | 2,28               | 0,36      | 0,053     |
| 2,4                | 0,21             | 4,8                | 0,42               | -0,38     | 4,38               | 0,64      | 0,096     |
| 3,6                | 0,4              | 7,2                | 0,8                | -0,10     | 6,4                | 0,81      | 0,125     |
| 14,4               | 3,2              | 28,8               | 6,4                | 0,81      | 22,4               | 1,35      | 0,286     |
| 28,8               | 6,9              | 57,6               | 13,8               | 1,14      | 43,8               | 1,64      | 0,315     |
| 43,2               | 12,6             | 86,4               | 25,2               | 1,40      | 61,2               | 1,79      | 0,412     |
| 57,6               | 19,5             | 115,2              | 39                 | 1,59      | 76,2               | 1,88      | 0,512     |
| 86,4               | 39,4             | 172,8              | 78,8               | 1,90      | 94                 | 1,97      | 0,838     |
| 115,2              | 64,7             | 230,4              | 129,4              | 2,11      | 101                | 2,00      | 1,281     |

Frendlix və Lənqmür izotermələri şəkil 1 və 2-də verilmişdir.



**Şəkil 1. IV polimerin sorbsiya prosesinin Frendlix izotermi**



**Şəkil 2. IV polimerin sorbsiya prosesinin Lənqmür izotermi**

Göstərilən sorbsiya tutumunun ( $q_e$ )  $C_e$ -dən asılılığını Lənqmür izotermi ilə izah etmək mümkündür:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L} + \frac{a_L}{K_L} C_e, \quad q_e = \frac{Q_{max} a_L C_e}{1 + a_L C_e}.$$

Burada  $K_L$  – sorbentin sorbsiya sabiti, l/q,  $a_L$  – sorbsiya enerjisindən asılı olan sabit, l/mq,  $Q_{max}$  – sorbentin maksimal sorbsiya dərəcəsi, mq/q,

Sorbentin səmərəliliyini aşkar etmək məqsədilə paylanma sabiti ( $R_L$ ) aşağıdakı düsturla hesablanmışdır:

$$R_L = \frac{1}{1 + b C_0}$$

$b$  ( $a_L$ ) Lənqmür sabiti,  $C_0$  – uranil ionlarının məhlulda ilkin qatılığı, mq/l.

Cədvəl 2-də Frendlix və Lənqmür izotermələrinin sabitləri verilmişdir.

**Cədvəl 2**  
**Frendlix və Lənqmür izotermələrinin hesablanmış izoterm parametrləri**

| Frendlix |       |       | Lənqmür     |              |       |                  |
|----------|-------|-------|-------------|--------------|-------|------------------|
| $n$      | $K_F$ | $R^2$ | $K_L$ , l/q | $a_L$ , l/mq | $R_L$ | $Q_{max}$ , mq/q |
| 1,72     | 7,8   | 0,989 | 6,96        | 0,06         | 0,07  | 101              |

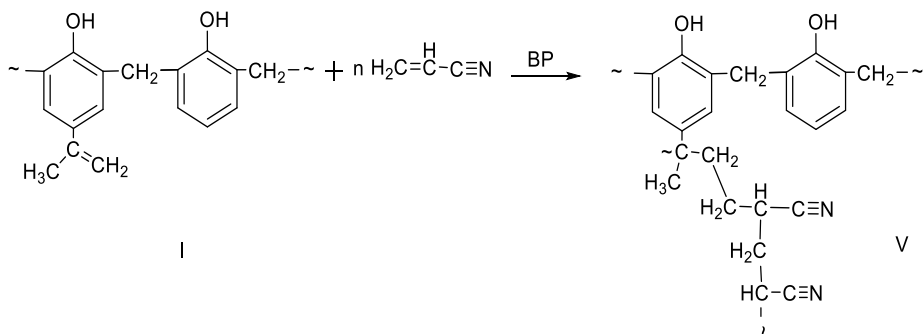
Cədvəl 2-dən göründüyü kimi  $R_L$ -in qiyməti 0-1 intervaldadır və bu da sorbsiya prosesinin mövcudluğunu göstərir. Eləcə də,  $1/n=0,5829$  0-1 diapazonunda olduğuna görə müəyyən olunmuşdur ki, sorbentin səthi kifayət qədər qeyri-cinslidir.

Uranil ionlarının maksimal tutulması üçün onların yüksək qatılıqlarında (300 mq/l) və sorbentin müxtəlif miqdarında (0,2-2 q/l) müxtəlif sınaqlar aparılmışdır. Sorbentin maye fazada qatılığını 0,2-dən 10 q/l-dək artırıqda uranil ionlarının sorbsiya sürəti artır. 5-10 q/l diapazonunda sorbsiya stabilləşir.

#### **4-İzopropenilfenol-fenol-formaldehid (I) sooliqomerinin akrilonitril ilə modifikasiyası (V) və reaksiya məhsulunun sorbent kimi tədqiqi**

Əvvəlcə I sooliqomerin akrilonitrillə modifikasiyasına müxtəlif faktorların, o cümlədən temperaturun, vaxtın təsiri tədqiq edilmişdir. Alınan nəticələrə əsasən I sooliqomerin BP iştirakı ilə akrilonitrillə modifikasiyasının aparılması üçün optimal şərait olaraq temperatur 90°C, reaksiya müddəti 5 saat, inisiatorun ümumi qarışığa görə miqdarını 1,2 % kimi qəbul etmək olar.

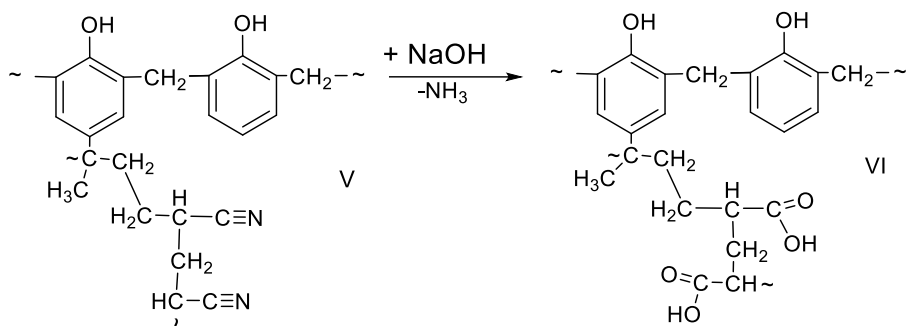
Reaksiyanın sxemi:



Alınmış “tikili” polimerin quruluşu İQ spektroskopiya vasitəsi ilə öyrənilmişdir (şəkil 3).

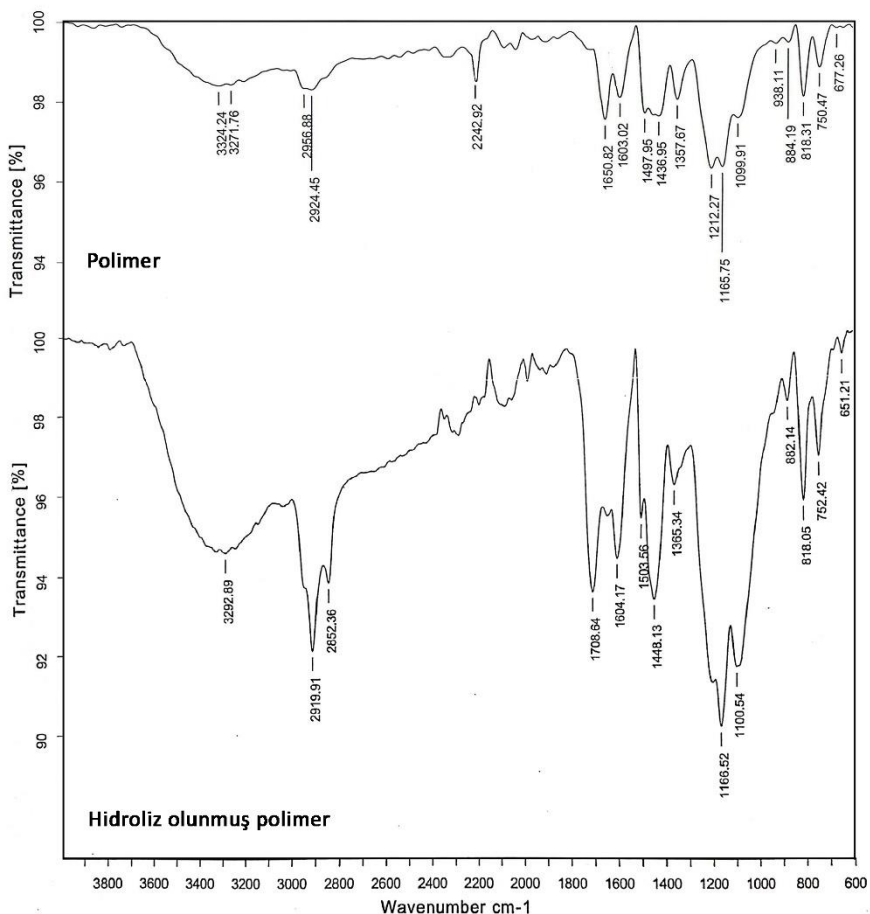
Karboksilat növ sorbent almaq məqsədilə onun qələvi iştirakı ilə hidrolizi aparılmışdır.

Hidroliz reaksiyasının sxemi:



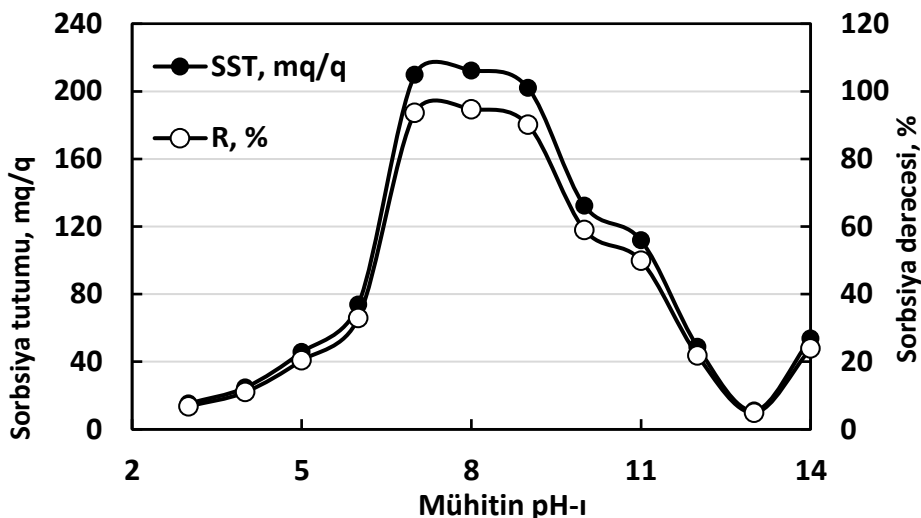
Hidroliz edilmiş məhsulun quruluşu İQ spektroskopiya vasitəsilə öyrənilmişdir (şəkil 3).

Alınmış “tikili” polimer model sistemdə uranil ionlarının sorbenti kimi tədqiq edilmişdir. Nitril qrupunun ( $-\text{C}\equiv\text{N}$ ) sorbsiya qabiliyyətini müəyyən etmək məqsədilə V polimerin statik şəraitdə (temperatur  $25^\circ\text{C}$ , sorbsiya müddəti 24 saat,  $\text{UO}_2^{2+}$  ionlarının ilkin qatılığı 134,5 mq/l) mühitin pH-ın  $\text{UO}_2^{2+}$  ionlarının sorbsiya parametrlərinə təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, pH 7 olduqda  $R = 64,4\%$ ,  $\text{SST} = 155,7$  mq/q təşkil edir.



**Şəkil 3. V polimerin hidrolizdən əvvəl (V) və sonra (VI) çəkilmiş İQ spektri**

Hidroliz olunmuş VI polimer sorbent kimi tədqiq edilmişdir. Mühitin pH-nın sorbsiya prosesinə təsiri öyrənilmiş və alınmış nəticələr şəkil 4-də verilmişdir. Nəticələrdən görünür ki,  $\text{UO}_2^{2+}$  ionlarının sulu mühitdən sorbsiyası (~93-90 %) mühitin pH-ı 7, 9 olduğu halda əldə edilir. Bu zaman statik sorbsiya tutumu uyğun olaraq ~210-202 mq/q təşkil edir.

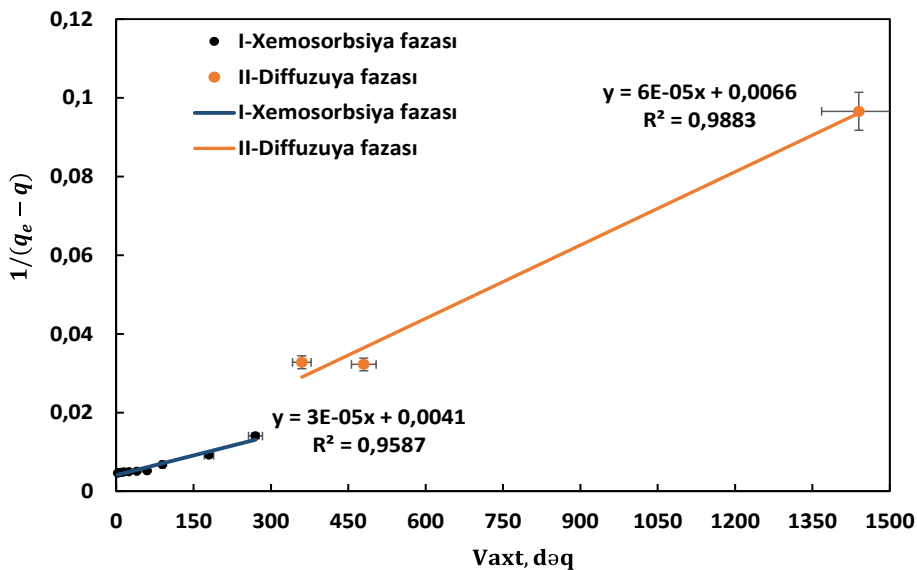


**Şəkil 4. Sorbentin (VI) sorbsiya dərəcəsinin və statik sorbsiya tutumunun məhlulun pH-dan asılılıq qrafiki**

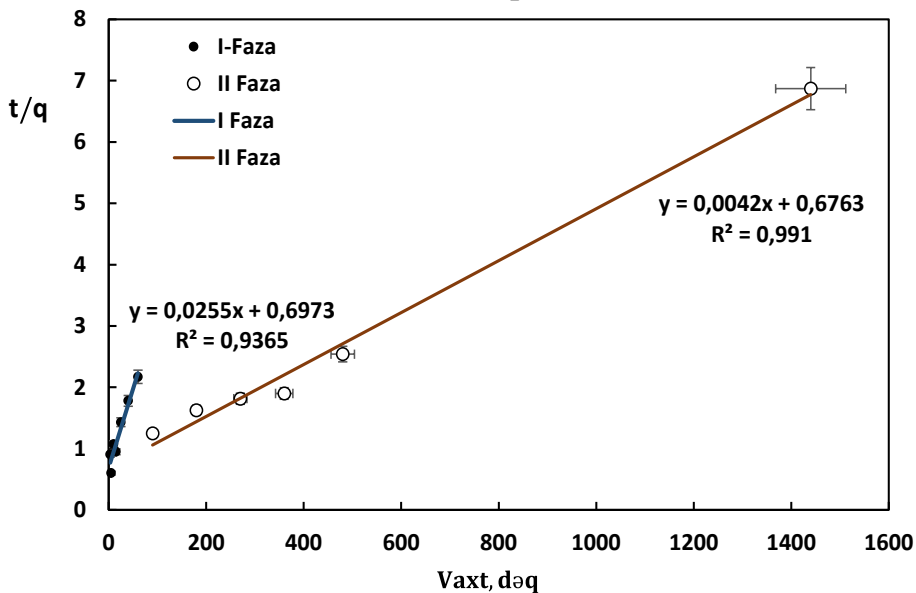
Beləliklə, aydın olur ki, hidroliz olunmuş sorbentin sorbsiya parametrlərinin aşağı, hidrolizdən sonra isə yüksək olması “tikili” polimerin tərkibində karboksil qruplarının olması ilə əlaqədardır.

Statik şəraitdə, tapılmış optimal pH 7-də ionların sorbsiya prosesinə sorbsiya müddətinin təsiri öyrənilmişdir. Tədqiqatdan alınan nəticələr göstərir ki, proses iki fazada gedir. İlk 60 dəqiqədə sorbsiya prosesi sürətli gedir, bu da əsasən xemosorbsiya prosesi ilə izah edilə bilər. Müddəti daha da artırıqda daha yavaş gedən diffuziya prosesi baş verir. 24 saat müddətində sorbsiya dərəcəsi maksimuma - 93,5 %-ə çatır. Sorbsiya tutumu 209,6 mq/q olur.

Sorbsiyanın kinetikasını müəyyənləşdirmək məqsədilə birinci, psevdoikinci və ikinci tərtibdən kinetik modellər tətbiq edilmişdir. Sulu məhlulda uranil ionunun “tikili” polimerlə sorbsiyasının iki pillədə getməsi şəkil 5-dən aydın görünür. Bu, sorbsiyanın ikinci tərtibdən kinetik modelə uyğun gəlməsini ifadə edir. İkinci tərtibdən kinetik asılılıqda sürətli birinci faza – xemosorbsiya üçün reqresiya əmsalı  $R_2 = 0,96$ , zəif faza olan diffuziya üçün  $R_2 = 0,98$  qiymətlərini alır. Birinci tərtib sorbsiya kinetik qrafiki 0÷60 dəq zaman intervalı üçün çəkilmişdir və yalnız bu zaman intervalını doğru əks etdirir (şəkil 5).



**Şəkil 5. Uranın polimer VI ilə sorbsiyasının birinci tərtibdən sürət sabitinin qrafiki**



**Şəkil 6. Uranın polimer VI ilə sorbsiyasının psevdoikinci tərtibdən sürət sabitinin qrafiki**

İkinci və psevdoikinci tərtibdən kinetik qrafiklər bütün zaman intervalını əhatə etdiyindən və sorbsiya mexanizmi haqqında informasiya verdiyindən uranın sorbsiyasının kinetikasını daha aydın əks etdirir. Beləliklə, uranın sorbent tərəfindən sorbsiyasını əks etdirən ən uyğun gələn modelin psevdoikinci tərtibdən sürət sabiti modeli olması müəyyən edilmişdir (şəkil 6).

Uranil ionlarının ilkin qatılığının sorbsiya parametrlərinin ( $R$ , % və  $SST$ ,  $mq/q$ ) qiymətlərinə tapılmış optimal  $pH$ -da təsiri öyrənilmişdir (cədvəl 3). Uranil ionlarının sulu məhluldan sorbsiya dərəcəsi baxımından ən yaxşı nəticələr uranil ionunun 74,4-140,6  $mq/l$  qatılıqlarında ( $R = 93-90$  %,  $SST = 116-211$   $mq/q$ ) əldə edilir.

**Cədvəl 3**

**Uranil ionlarının ilkin qatılığının  $R$ , % və  $SST$ ,  $mq/q$ -ə təsiri**

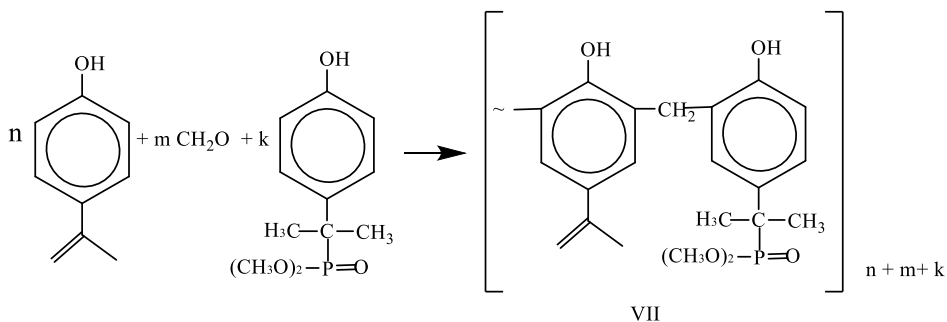
| $A_0$ , $Bk/l$ | $A$ , $Bk/l$ | $C_0$ , $mq/l$ | $C_e$ , $mq/l$ | $q_e$ , $mq/q$ | $R$ , % |
|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| 22,6           | 9,3138       | 38,0           | 10,1           | 46,5           | 73,4    |
| 27,1           | 10,529       | 45,6           | 8,9            | 61,2           | 80,5    |
| 44,3           | 11,001       | 74,4           | 4,8            | 116,0          | 93,5    |
| 83,6           | 13,363       | 140,6          | 13,8           | 211,3          | 90,2    |
| 117,4          | 31,114       | 197,4          | 21,1           | 293,8          | 89,3    |
| 154,8          | 54,803       | 260,1          | 70,2           | 316,5          | 73,0    |

Uranil ionlarının desorbsiyası üçün nitrat və xlorid turşularından istifadə edilmişdir. Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, hər iki turşunun qatılıqlarının artması ilə uranil ionların sorbentdən desorbsiya dərəcəsi artır. Belə ki, nitrat turşusu ilə desorbsiya ~ 96,1%, xlorid turşusu ilə ~ 92,2% təşkil edir.

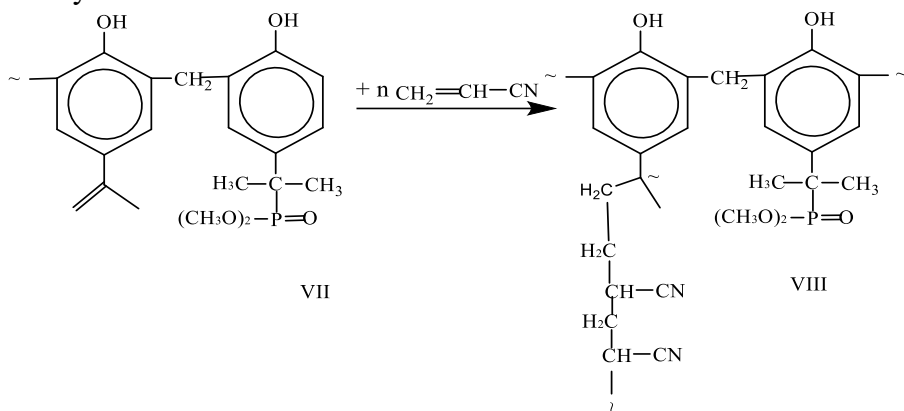
#### **4-İzopropenilfenol, formaldehid və 4-(1-metil-1-dimetoksifosforiletıl)fenol sooliqomerinin (VII) alınması, akrilonitrillə modifikasiyası (VIII) və reaksiya məhsulunun sorbent kimi tədqiqi**

4-(1-Metil-1-dimetoksifosforiletıl)fenolun formaldehid və 4-izopropenilfenolla polikondensləşmə reaksiyası aparılmış, üçkomponentli oliqomer alınmışdır. Soollqomerin quruluşu  $^1H$  NMR və İQ spektroskopiya metodu ilə müəyyən edilmişdir. Həmçinin, reaksiya məhsulunun gel-xromatoqrafiya üsulu ilə molekul-kütləsi və molekul-kütlə paylanması tədqiq edilmişdir ( $M_w=2225$ ,  $M_n=750$ ).

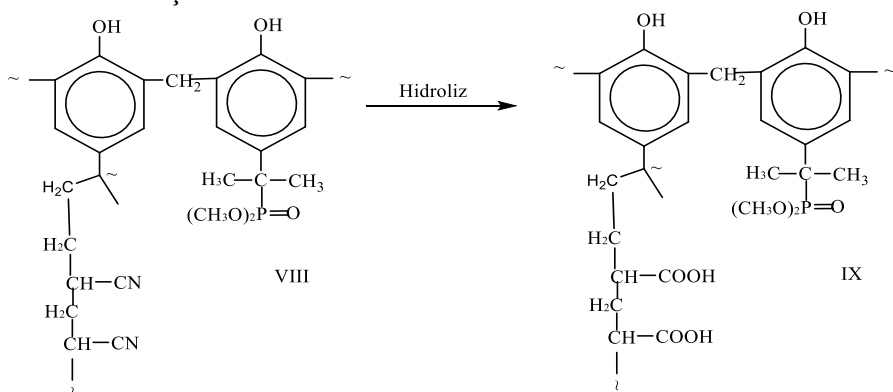
Polikondensləşmə reaksiyasının sxemi:



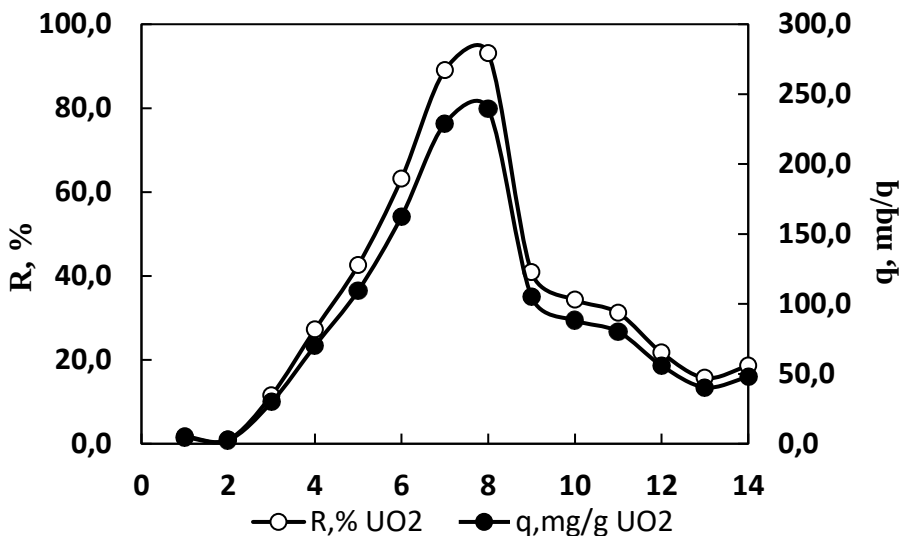
Alınmış sooliqomerin akrilonitrillə modifikasiyası aparılmışdır.  
Reaksiyanın sxemi:



VIII polimerin qələvi iştirakı ilə hidrolizi aparılaraq yeni növ sorbent alınmışdır:



IX polimerin sorbsiya xassələrini tədqiq etmək məqsədilə onun otaq temperaturunda müxtəlif qatılıqlarda uranil ionları saxlayan model su sistemlərində 24 saat müddətində sorbsiya prosesi aparılmışdır. Sorbsiya parametrlərinə müxtəlif faktorların – mühitin pH-ı, sorbsiya müddəti və uranil ionlarının ilkin qatılığının təsiri öyrənilmişdir.



**Şəkil 7. Mühitin pH-nın IX polimerin sorbsiya dərəcəsi və statik sorbsiya tutumuna təsirinin qrafik təsviri**

Şəkil 7-dən göründüyü kimi sorbsiya parametrləri ən yüksək nəticəni pH 7-də göstərir ( $R = 89\%$ ,  $SST = 229$  mq/q). Tapılmış optimal pH-da zamanın təsiri öyrənilmiş və optimal sorbsiya müddətinin 24 saat olduğu müəyyən edilmişdir.

### **2-Propenilfenolun formaldehidlə iki komponentli polikondensləşmə məhsulu (X) əsasında karboksilat tipli sorbentin (XII) sintezi və reaksiya məhsulunun sorbent kimi tədqiqi**

2-Propenilfenol, formaldehid və malein anhidridi əsasında polimer - sorbentin alınmasında iki növ yanaşma mümkündür:

a) 2-propenilfenolun malein anhidridi ilə birgə oliqomerinin alınması və sonra alınmış sooliqomerin formaldehidlə tikilməsi (kondensləşməsi);

b) 2-ci növ yanaşmada isə 2-propenilfenolun qələvi iştirakı ilə formaldehidlə polikondensləşməsi və sonra alınmış polikondensatın (oliqomerin) malein anhidridi ilə inisiator iştirakında modifikasiyası.

Hər iki yanaşmanın ekoloji, texnoloji və elmi təhlili göstərir ki, 2-ci növ yanaşma daha faydalı ola bilər. Belə ki, əvvəl 2-propenilfenolun qələvi iştirakı ilə formaldehidlə polikondensləşməsi nəticəsində alınan sooliqomerin tərkibindən reaksiyaya daxil olmayan formaldehidin çıxarılması nisbətən asandır, digər tərəfdən alınan novalakın özü də sorbent xassəsi kəsb edə bilər. Digər tərəfdən alınmış sooliqomerin AİBN inisiatoru iştirakı ilə malein anhidridi ilə modifikasiya prosesi texnoloji cəhətdən daha əlverişlidir.

2-ci variantın göstərilən üstünlükləri nəzərə alınaraq tədqiqatın 1-ci mərhələsində 2-propenilfenolun formaldehidlə polikondensləşməsi aparılmışdır. Alınmış sooliqomerin quruluşu İQ spektroskopiyanın köməyi ilə öyrənilmişdir.

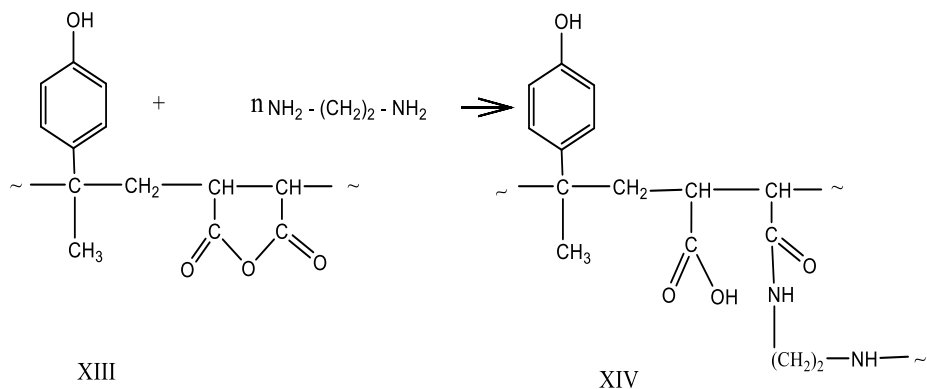
Karboksilat növ sorbent almaq məqsədilə onun malein anhidridi ilə reaksiyası (tikilməsi), sonra isə hidrolizi aparılmışdır.

Hidroliz məhsulunun (XII polimer) uranil ionlarının sorbenti kimi sınaqları aparılmış, sorbsiya parametrlərinə mühitin pH-nın, uranil ionlarının ilkin qatılığının və prosesin müddətinin təsiri öyrənilmişdir. Bu zaman uranil ionlarının 155,2 mq/l ilkin qatılığında pH 6 mühitində, otaq temperaturunda, 24 saat müddətində  $R = 93 \%$ ,  $SST = 240,7$  mq/q alınmışdır.

#### **4-İzopropenilfenol-malein anhidridi (XIII) əsasında alınmış sooliqomerin etilendiaminlə modifikasiyası (XIV) və reaksiya məhsulunun sorbent kimi tədqiqi**

Məlum metodla 4-izopropenilfenolun malein anhidridi ilə sooliqomeri (XIII) sintez edilmişdir. Daha sonra XIII sooliqomerin etilendiaminlə modifikasiyası aparılaraq “tikili” polimer alınmışdır. Alınmış polimerin quruluşu İQ spektroskopiya vasitəsi ilə öyrənilmişdir.

Reaksiyanın sxemi:



Alınmış “tikili” polimerin model sulu məhlullardan uranil ionlarının təmizlənməsində sorbent kimi tədqiqi aparılmışdır.

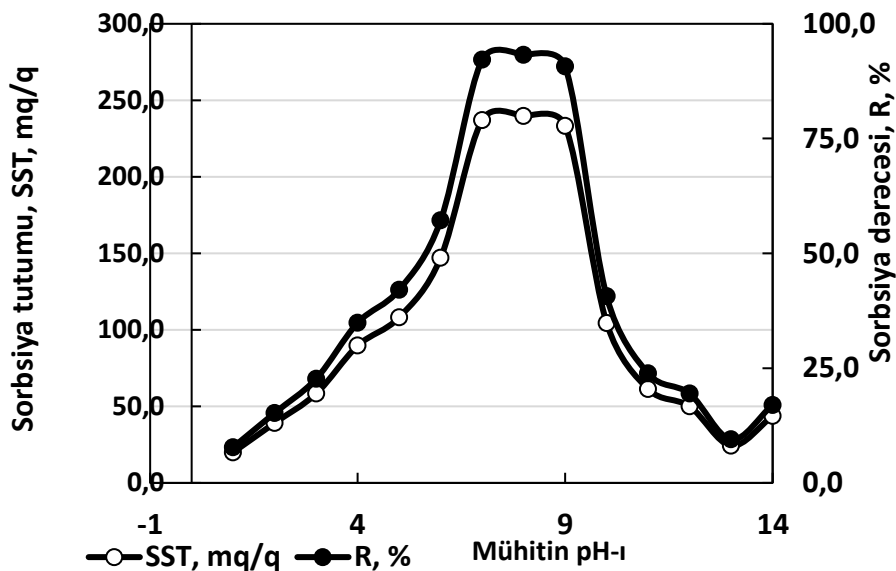
Sorbsiya parametrləri pH 7-də maksimum nəticə göstərmişdir ( $R = 76,9 \%$ ,  $SST = 197,7 \text{ mq/q}$ ). Optimal pH-da zamanın təsiri araşdırılmış və sorbsiya tarazlığının 6-8 saat müddətində alındığı müəyyən edilmişdir.

#### **4-İzopropenilfenol-malein anhidridi (XIII) əsasında alınmış sooliqomerin formaldehid və dietilentriaminlə modifikasiyası (XV) və reaksiya məhsulunun sorbent kimi tədqiqi**

XVIII sooliqomerin formaldehid və dietilentriaminlə modifikasiyası aparılaraq, tərkibində metallarla koordinasiya edə bilən, bir neçə funksional qrup saxlayan yeni növ polimer – sorbent sintez edilmişdir. Alınmış “tikili” polimerin quruluşu İQ spektroskopiyaya vasitəsi ilə öyrənilmişdir.

Sintez edilmiş “tikili” polimer model sulu sistemlərdən uranil ionlarının təmizlənməsində sorbent kimi tədqiq edilmişdir. Prosesə mühitin pH-nın, sorbsiya müddətinin, uranil ionlarının qatılığının təsiri öyrənilmişdir.

Şəkil 8-dən göründüyü kimi pH 7 və 9-da sorbsiya dərəcəsi uyğun olaraq  $\sim 92,2$  və  $\sim 90,7 \%$  təşkil edir. Statik sorbsiya tutumu isə pH 7 və 9-da uyğun olaraq  $237,0$  və  $233,3 \text{ mq/q}$  olmuşdur.



**Şəkil 8. Sorbentin (XV) sorbsiya parametrlərinə mühitin pH-nın təsiri**

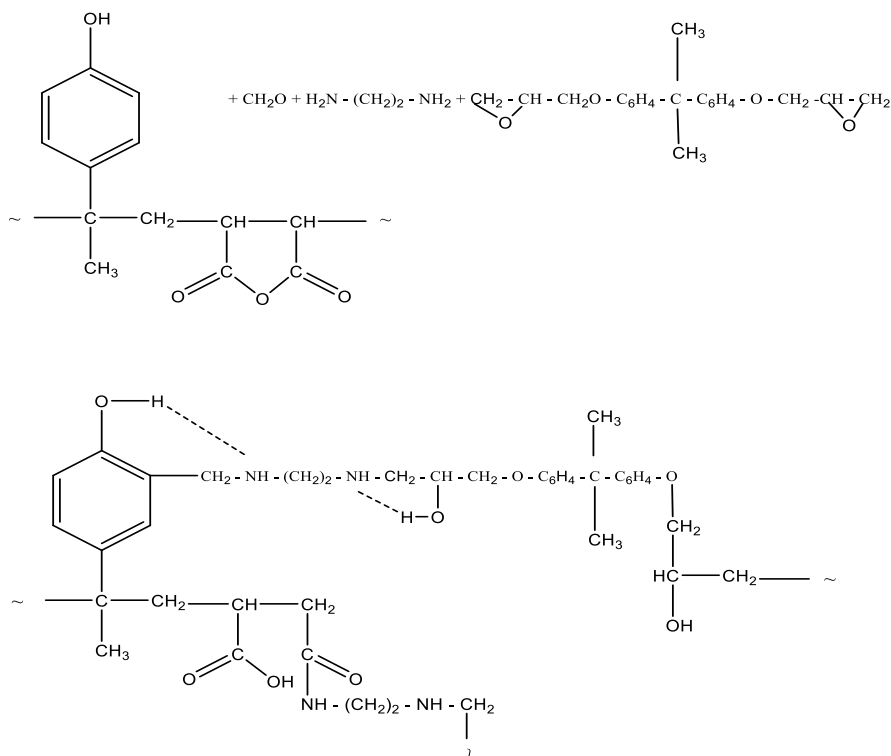
Tapılmış optimal pH-da sorbsiya prosesi üçün optimal vaxt 4-6 saat təyin edilmişdir.  $\text{UO}_2^{2+}$  ionlarının ilkin qatılığının prosesə təsiri öyrənilmişdir. XV sorbent  $\text{UO}_2^{2+}$  ionlarının həm aşağı, həm də yuxarı qatılıqlarında yüksək effektivlik göstərmişdir.

#### **4-İzopropenilfenol-malein anhidridi (XIII) əsasında kompozisiya tərkibli (formaldehid, etilendiamin, epoksid qatranı) sorbentin (XVI) alınması və reaksiya məhsulunun sorbent kimi tədqiqi**

Əvvəl sintez edilmiş tərkibində karboksil, amin, amid və hidroksil aktiv mərkəzləri saxlayan sorbentlərin molekuluna hidrogen rabitəsi hesabına kvayzearomatik, eləcə də beş və altı üzvlü molekul daxili hidrogen rabitəsi fraqmentləri daxil edərək yeni polifunksional termiki davamlı polimer - sorbent sintez edilmişdir.

Polifunksional polimer - sorbent 4-izopropenilfenol - malein anhidridi sooliqomerinin formaldehid, etilendiamin və epoksid qatranı ilə modifikasiyası nəticəsində alınmışdır. Alınmış polimerin İQ-spektri çəkilərək quruluşu öyrənilmişdir.

## Reaksiyanın sxemi:



Kompozisiya tərkibli polifunksional polimerin uranil ionlarının sorbenti kimi tədqiqatı aparılmışdır. Sorbsiya parametrlərinə mühitin pH-nın, sorbsiya müddətinin təsiri öyrənilmişdir. Sorbent üçün optimal pH kimi 7, 9 tapılmışdır.

Tapılmış optimal pH-da sorbsiya prosesinə vaxtın təsiri tədqiq edilmiş, çox qısa müddətdə maksimum nəticə əldə edilmişdir. Belə ki, 5-6 dəqiqə ərzində  $R = 98,1 \%$ ,  $\text{SST} = 252,8 \text{ mq/q}$  təşkil edir.

Uranil ionlarının ilkin qatılığının təsiri zamanı alınan nəticələr götürülmüş aşağı və yuxarı qatılıqlarda belə ( $38 - 260 \text{ mq/q}$ )  $\sim 80 \%$ -dən yuxarı alınmışdır.

Beləliklə, əvvəldə tədqiq olunan sorbentlərdən fərqli olaraq XVI sorbent çox qısa müddətdə, duru və qatı uranil ionu məhlullarında yüksək göstəricilərə malikdir.

#### **4-İzopropenilfenol-malein anhidridi-stirol (XVII) əsasında alınmış sooliqomerin etilendiaminlə modifikasiyası (XVIII) və reaksiya məhsulunun sorbent kimi tədqiqi**

4-izopropenilfenolun, stirol və malein anhidridi ilə birgə radikal polimerləşməsi aparılmışdır. Sintez edilmiş sooliqomerin (XVII) quruluşu İQ-spektroskopiya metodu ilə öyrənilmişdir..

Sintez edilmiş sooliqomerin etilendiaminlə modifikasiyası aparılmış, alınmış polimerin (XVIII) quruluşu İQ spektroskopiya ilə müəyyən edilmişdir.

XVIII polimer model sulu məhlullardan uranil ionlarının çıxarılmasında sorbent kimi tədqiq edilərək XVIII sorbentin optimal sorbsiya parametrləri pH 7 olduqda  $R = 84,2 \%$ ,  $SST = 216,5 \text{ mq/q}$ , optimal sorbsiya müddəti 4-6 saat müəyyən edilmişdir.

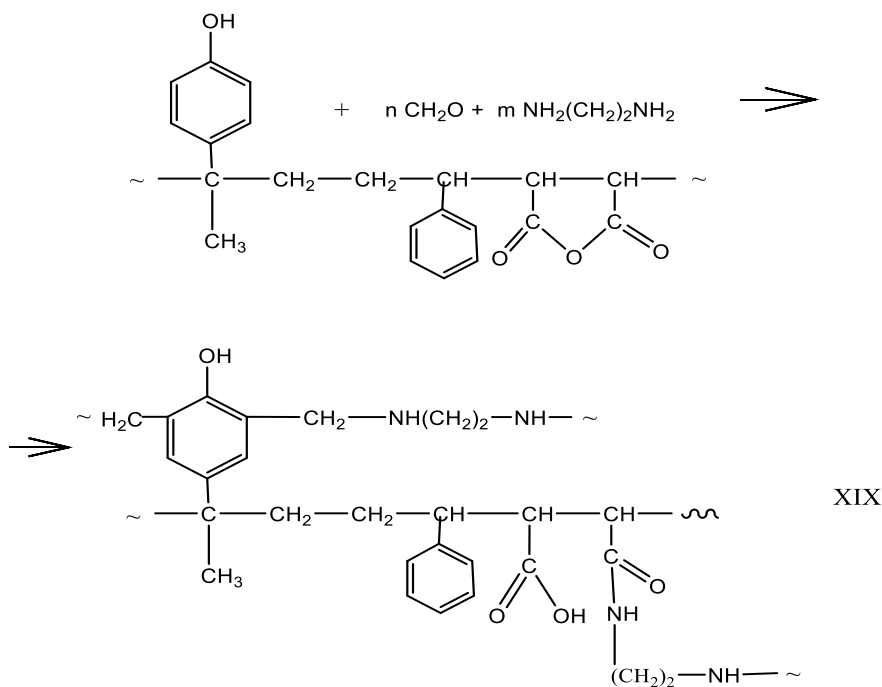
Sorbsiyadan sonra sorbent nümunəsinin İQ spektri çəkilərək sorbsiyadan əvvəlki spektri ilə müqayisə edilmişdir. Uduqlama zolaqlarında müşahidə olunan dəyişikliklər sorbsiya nəticəsində karbonil, amid, amin qrupları, beş və altı üzvlü molekul daxili hidrogen rabitəsi ilə uranil ionları arasında müxtəlif növ qarşılıqlı təsirin (kompleks birləşmə, mübadilə) olmasını göstərir.

#### **4-İzopropenilfenol-malein anhidridi-stirol (XVII) əsasında alınmış sooliqomerin formaldehid və etilendiaminlə modifikasiyası (XIX) və reaksiya məhsulunun sorbent kimi tədqiqi**

XVII sooliqomerin formaldehid və etilendiaminlə modifikasiyası aparılmış, alınmış modifikat sorbent kimi tədqiq edilmişdir. Alınmış polimerin quruluşu İQ spektroskopiya vasitəsi ilə öyrənilmişdir.

Sorbsiya parametrlərinə müxtəlif faktorların təsiri tədqiq edilərək optimal pH 7, vaxt 1 saat olduqda  $R = 98 \%$ ,  $SST = 252,0 \text{ mq/q}$  müəyyən edilmişdir.

Reaksiyanın sxemi:



Tədqiqatdan sonra sorbentin İQ spektri çəkilərək onun sorbsiyadan əvvəl çəkilmiş İQ spektri ilə müqayisə edilmişdir. Spektrlərdə funksional qrupları xarakterizə edən udulma zolaqlarında müşahidə olunan dəyişikliklər proses zamanı sorbentin uranil ionları ilə kompleks əmələ gətirdiyini deməyə əsas verir.

#### **4-İzopropenilfenol-malein anhidridi-stirol (XVII) əsasında alınmış sooliqomerin formaldehid və dietilentriaminlə modifikasiyası (XXI) və reaksiya məhsulunun sorbent kimi tədqiqi**

XVII sooliqomerin formaldehid və dietilentriamin ilə modifikasiyasından alınan “tikili” məhsulun (XXI) tərkibində amin qrupları hesabına funksional qrupların sayı artır. Alınmış polimerin quruluşu İQ spektroskopiyaya vasitəsilə öyrənilmişdir.

XXI polimer uranil ionlarının sorbenti kimi tədqiq edilmişdir. Sorbsiya parametrlərinə müxtəlif faktorların təsiri tədqiq edilərək proses üçün optimal pH 7 və 9, vaxt 1 saat müəyyən edilmişdir.

Aparılan tədqiqatlardan alınan nəticələrə əsasən demək olar ki, sintez edilmiş sorbentlər içərisində ən yüksək nəticəni XVI sorbent göstərmişdir. Lakin digər sorbentlər də kifayət qədər effektivdir. Bunları nəzərə alaraq, tədqiq edilmiş sorbentləri tətbiq üçün təklif etmək olar.

**4-İzopropenilfenol-malein anhidridi əsasında kompozisiya tərkibli (formaldehid, etilendiamin, epoksid qatranı) modifikatı (XVI) və 4-izopropenilfenol-malein anhidridi-stirol əsasında alınmış sooliqomerin formaldehid və etilendiaminlə modifikatının (XIX)  $Pb^{2+}$  ionunun sorbenti kimi tədqiqi**

XVI sorbent ilə  $Pb^{2+}$  ionlarının sorbsiyasına mühitin pH-nın təsiri tədqiq edilmişdir. Ən yüksək nəticə neytral mühitdə (pH 7) əldə edilir. Beləki, pH 7-də sorbsiya dərəcəsi 90,5 % təşkil edir.

Sonra XVI sorbentin sorbsiya prosesinə  $Pb^{2+}$  ionunun qatılığının  $(2-80) \cdot 10^{-4}$  M qatılıqlarında təsiri tədqiq edilmişdir. Ən yüksək sorbsiya tutumu metal ionunun həm  $60 \cdot 10^{-4}$ , həm də  $80 \cdot 10^{-4}$  qatılıqlarında baş verir. Belə ki, həmin qatılıqlarda XVI sorbentin sorbsiya tutumu uyğun olaraq  $\sim 236,1-237,1$  mq/q təşkil edir.

XIX sorbent ilə aparılmış sorbsiya prosesi üçün optimal pH 7-8 qəbul etmək olar. Bu halda sorbsiya dərəcəsi uyğun olaraq  $\sim 85,9$  və 85,1 % təşkil edir.

Aparılmış sorbsiya prosesinə mühitin pH-nın təsirini müəyyən etdikdən sonra sorbsiya prosesinə  $Pb^{2+}$  ionunun  $(2-80) \cdot 10^{-4}$  M qatılığının təsiri tədqiq edilərək, ən yüksək sorbsiya metal ionunun  $60 \cdot 10^{-4}$  qatılığında baş verməsi müəyyən edilmişdir. Belə ki, statik sorbsiya tutumu həmin qatılıqda  $\sim 222,9$  mq/q olmuşdur.

Nəticələrə əsasən hər iki sorbentin  $Pb^{2+}$  ionunun sorbenti kimi effektiv olduğunu söyləmək olar.

## **Neft-lay sularında aparılan sorbsiya prosesi və alınan nəticələrin müzakirəsi**

Neft-lay sularının tərkibində olan radionuklidlərin və ağır metalların vəsfi, miqdarı təyini və təmizlənməsi üçün tərəfimizdən sintez edilən çoxfunksiyalı termiki davamlı sintetik polimer sorbentlərdən istifadə edilmişdir. Tədqiqatlarda iki müxtəlif neft yatağından neftlə birlikdə çıxan buruq sularından istifadə olunmuşdur. Tədqiqat üçün Qaradağ rayonu NQÇİ Əmirov adına Lökbatan 260 saylı (A) və “Bibiheybətneft” NQÇİ 3 saylı mədəndən (B) çıxarılan lay sularından istifadə edilmişdir. Sorbent kimi A lay suyunda IV və XVI, B lay suyunda IV, XII, XVI və XVIII “tikili” polimerlər tədqiq edilmişdir.

Tədqiqatlardan alınmış nəticələr skanedici elektron mikroskop, X-ray difraktometri və element analiz üsulundan istifadə etməklə əldə edilmişdir.

Skanedici elektron mikroskop ilə aparılan analiz sorbentin həm vizual, həm də sorbsiya olunmuş elementlərin spektrini almağa imkan verir. A lay suyunda IV sorbent ilə aparılmış sorbsiya prosesindən sonra sorbentin skanedici elektron mikroskop ilə edilmiş analizindən alınan nəticələr cədvəl (4) və şəkillərdə (9; 10) verilmişdir.

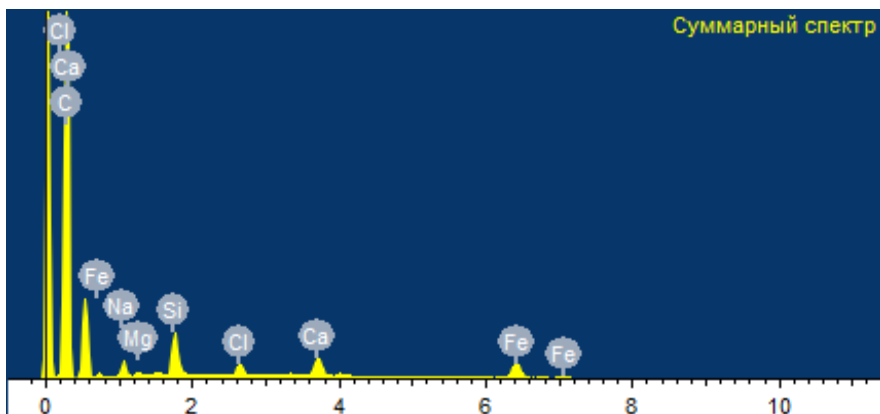
Cədvəl 4-də elementlərin kütlə və atom faizlə miqdarları və şəkil 8-də onların elektron mikroskoplə çəkilmiş ümumi spektri verilmişdir.

Şəkil 9-da IV sorbentin A lay suyunun tərkibində olan mikroelementlərlə əmələ gətirdiyi kompleksdə elementlərin paylanma morfologiyası (xəritəsi) verilmişdir.

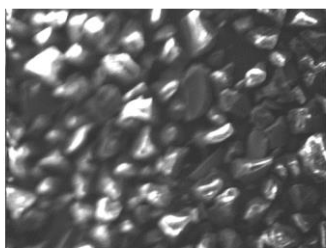
### **Cədvəl 4**

#### **IV sorbentin A lay suyunda aparılan sorbsiya prosesinin elektron mikroskoplə tədqiqatının nəticələri**

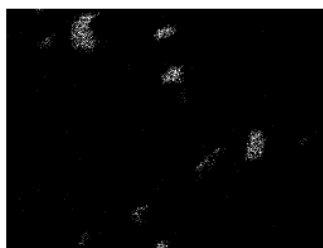
| Element | Kütlə, % | Atom, % |
|---------|----------|---------|
| C       | 93,83    | 97,66   |
| Mg      | 0,18     | 0,09    |
| Na      | 1,25     | 0,68    |
| Si      | 1,62     | 0,72    |
| Cl      | 0,46     | 0,16    |
| Ca      | 0,99     | 0,31    |
| Fe      | 1,68     | 0,38    |
| Cəm:    | 100,00   |         |



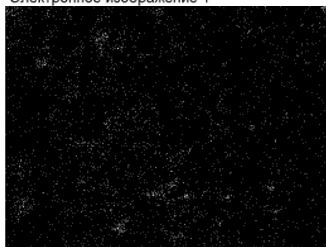
**Şəkil 9. IV sorbentin A lay suyunda aparılan sorbsiya prosesinin elektron mikroskopla çəkilmiş ümumi spektri**



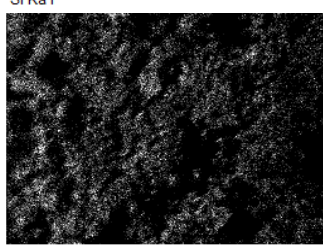
Электронное изображение 1



Si Ka1



Fe Ka1



Na Ka1\_2

**Şəkil 10. IV sorbentin A lay suyunda olan mikroelementlərlə əmələ gətirdiyi kompleksdə elementlərin paylanma xəritəsi**

Sonra isə sorbentin sorbsiya etdiyi mikroelementlərin miqdarını təyin etmək üçün daha dəqiq və həssas analiz cihazı olan İCP-MS 7300e cihazı vasitəsilə mikroelement tərkibi tədqiq edilmişdir.

IV sorbent ilə A nümunəsində aparılan sorbsiya prosesindən alınan nəticələr cədvəl 5-də verilmişdir. Cədvəldə A lay suyunda aşkar olunan metalların sorbsiyadan əvvəl və sonra miqdarları (ppm və %-lə), eləcə də sorbsiya dərəcələri verilmişdir.

**Cədvəl 5**

**IV sorbentin A neft-lay sularında aparılan sorbsiya prosesinin nəticələri**

| Mikroelementlər | A lay suyunda olan mikroelementlərin miqdarı, ppm və %-lə |                   | Sorbsiya dərəcəsi, % |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|
|                 | Sorbsiyadan əvvəl                                         | Sorbsiyadan sonra |                      |
| K               | 28027,929 (37,2%)                                         | 15321,225 (20,3%) | 45,3                 |
| Na              | 31291,362 (41,5%)                                         | 13541,654 (18%)   | 56,7                 |
| Ca              | 8160,880 (10,8%)                                          | 0                 | 100                  |
| Ba              | 1076,850 (1,4%)                                           | 375,433 (0,5%)    | 65,1                 |
| Zn              | 38,1760 (0,05%)                                           | 0                 | ~100                 |
| Cu              | 83,7480 (0,1%)                                            | 0,3040 (0,0003%)  | 99,6                 |
| Hg              | 14,9210 (0,01%)                                           | 0,3380 (0,002%)   | 97,7                 |
| Fe              | 5998,198 (8%)                                             | 0                 | ~100                 |
| Cr              | 505,3240 (0,7%)                                           | 0,0190 (0,00002%) | ~100                 |
| Mn              | 87,7140 (0,1%)                                            | 0,1820 (0,0002%)  | 99,8                 |
| As              | 20,3640 (0,03%)                                           | 0,338 (0,0004%)   | 98,3                 |
| Se              | 63,4280 (0,08%)                                           | 0,1820 (0,0002%)  | 99,7                 |

Sorbsiyadan sonra sorbentlərin İQ spektrləri çəkilərək sorbsiyadan əvvəlki İQ spektrləri ilə müqayisə edilmişdir. Udulma zolaqlarında baş verən dəyişikliklər həqiqətən də sorbsiya prosesinin getdiyini söyləməyə əsas verir.

Tədqiqatlardan alınan nəticələr göstərir ki, sintez edilmiş sorbentlərdən polifunksional termiki davamlı sorbent kimi istifadə

etməklə maddən sularını mikroelementlərdən (Na, K, Ca, Ba, Zu, Cu, Mn, Hg, As, Se, Cd, Fe, Cr, Pb və s.) ~ 91-100 % təmizləmək olar.

Sintez edilmiş sorbentlərin iqtisadi əlverişli, ekoloji təhlükəsiz və sulu sistemlərdən metalların təmizlənməsində yüksək aktivliyini nəzərə alaraq neft-lay sularından mikroelementlərin təmizlənməsində tətbiqini təklif etmək olar.

## Nəticə

1. Difenilolpropanın (bisfenol A) homogen katalitik parçalanma məhsulları olan fenol və 4-izopropenilfenol qarışığının formaldehidlə polikondensləşməsindən alınan doymamış fenol-formaldehid sooligomerinin malein anhidridi ilə modifikasiyası sistemli şəkildə tədqiq edilərək tərkibində karboksil, fenol hidroksili qrupları saxlayan “tikili” polifunksional polimer sorbent alınmışdır. Sintez edilmiş “tikili” polimerin model sistemlərdə uranil ionlarının sorbenti kimi sistemli tədqiqatı aparılaraq prosesin kinetikasi tədqiq edilmiş, maksimal sorbsiya dərəcəsi və statik sorbsiya tutumunu tapmaq üçün optimal şərait tapılmışdır. Tapılmış optimal şəraitdə  $R = 94 \%$ ,  $SST = 75,2$  mq/q olması müəyyən edilmişdir [6, 9, 10].

2. Sintez edilmiş doymamış fenol-formaldehid sooligomerinin akrilonitrillə modifikasiya məhsulunun qələvinin suda məhlulu ilə hidrolizindən yüksək temperatura davamlı sorbent alınmışdır. Alınmış “tikili” polimerin sulu sistemlərdən uranil ionlarının təmizlənməsində sorbent kimi tədqiqi nəticəsində pH 7 və 9 olduqda uyğun olaraq sorbsiya dərəcəsinin ~ 93 və 90 %, statik sorbsiya tutumunun ~ 210 və 202 mq/q olması müəyyən edilmişdir [26].

3. 4-(1-Metil-1-dimetoksifosforiletıl)fenolun formaldehid və 4-izopropenilfenolla polikondensləşmə reaksiyası nəticəsində alınmış sooligomer əsasında yeni növ fosfor saxlayan sorbent sintez edilmiş və uranil ionlarının sorbenti kimi sınaqdan keçirilmişdir. 24 saat müddətində pH 7 qiymətində sorbsiya parametrləri maksimum nəticə göstərmişdir ( $R = 89 \%$ ,  $SST = 229$  mq/q) [15, 17].

4. Alınmış 4-izopropenilfenol-malein anhidridi sooligomerinin etilendiamin, formaldehid və epoksid qatranı ilə modifikasiyası nəticəsində alınan kompozit material (beş, altı üzvlü molekul daxili hidrogen rabitəli) və fenol hidroksili kimi aktiv metal kompleksləri

yarada bilən fraqmentlər saxlayan yeni növ polifunksional sorbent alınmışdır. Sintez edilmiş sorbent uranil ionlarının sulu sistemlərdən təmizlənməsində sorbent kimi sistemli tədqiq edilərək sorbsiya prosesi üçün optimal şərait pH 7 və pH 9 tapılmışdır. Tapılmış optimal pH-larda  $R = 98 \%$ ,  $SST = 285 \text{ mq/q}$  olması müəyyən edilmişdir [27].

5. 2-Propenilfenolun formaldehidlə polikondensləşmə məhsulunun malein anhidridi ilə modifikasiyasından alınan yeni növ “tikili” məhsul model sistemdə uranil ionlarının ayrılmasında sorbent kimi tədqiq edilmişdir. Tədqiq olunan sorbentin yüksək sorbsiya ( $R = 93 \%$ ,  $SST = 212 \text{ mq/q}$ ) qabiliyyətinə malik olması müəyyən edilmişdir [16].

6. Sintez edilmiş iki “tikili” polimer (XVI və XIX) model sistemdə qurğuşun ionlarının sorbenti kimi tədqiq edilmiş və yüksək nəticələr əldə edilmişdir. Belə ki, tapılmış optimal şəraitdə XVI sorbentin sorbsiya dərəcəsi  $\sim 90,5 \%$ , XIX sorbentin sorbsiya dərəcəsi  $\sim 85,9 \%$  olması müəyyən edilmişdir [25].

7. İki neft mədəninəndən ayrılmış buruq sularında metalların sorbsiyasını tədqiq etmək üçün sintez edilmiş dörd sorbentdən istifadə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, metal ionlarının tutulmasında 4-izopropenilfenol – malein anhidridi sooliqomerinin etilendiamin, formaldehid və epoksid qatranı ilə modifikasiyası nəticəsində alınan kompozit material daha yüksək nəticə göstərmişdir. Tədqiq olunan sorbentlər hətta duru məhlullarda belə metalları ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  və s.)  $\sim 100 \%$ -ə qədər sorbsiya edir [29].

8. Sorbentlərin alınmasında istifadə olunan sooliqomerlərin gel-xromatoqrafik analiz metodu ilə molekul-kütlə paylanması və molekul kütlələri təyin edilmişdir. Sorbentlərin sorbsiyadan əvvəl və sonra İQ-spektroskopiya metodu ilə quruluşları müəyyən edilmiş, diferensial termiki analizi tədqiq edilmişdir.

Aparılmış kompleks tədqiqatların nəticələrinə əsasən sintez edilmiş polifunksional sintetik termiki və mexaniki davamlı, yüksək sorbsiya qabiliyyətinə malik polimerlər iqtisadi və ekoloji cəhətdən müasir sorbentlər üçün qarşıya qoyulan tələbləri ödəyir və təbii üçün təklif etmək olar.

**Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı əsərlərdə öz əksini  
təpmişdir:**

1. Байрамов, М.Р., Мехтиева, Г.М., Гулиева, Ш.Дж., Гасанова, Г.М., Мадинов, И.М. Очистка нефтяных буровых вод от уранил-ионов сшитым сополимером // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş Tələbələrin I Respublika Elmi Konfransları, - Bakı: 15-19 aprel, - 2019, - s. 39-40.
2. Bayramov, M.R., Mehdiyeva, G.M., Quliyeva, Ş.C., Nağıyev, C.A., Sadıxov, N.M., Həsənova, G.M., Mədinov, İ.M. Su sistemlərinin ağır metallardan təmizlənməsi üçün yeni növ sorbentlərin sintezi // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistrant və gənc tədqiqatçıların «Kimyanın Aktual Problemləri» XIII Beynəlxalq Elmi Konfransı, - Bakı: - 15-16 may, - 2019, - s. 172-173.
3. Bayramov, M.R., Mehdiyeva, G.M., Quliyeva, Ş.C., Nağıyev, C.A., Mədinov, İ.M. Tərkibində fosfor saxlayan doymamış fenol-formaldehid oliqomerinin sintezi və tədqiqi // The International Scientific Conference “Actual Problems of Modern Chemistry” Dedicated to the 90<sup>th</sup> Anniversary of the Academician Y.H.Mammadaliyev Institute of Petrochemical Processes, - Bakı: 2-4 oktyabr, - 2019, - s. 232
4. Fərzəliyev, V.M., Mehdiyeva, G.M., Ağayeva, M.A., Mədinov, İ.M., Quliyeva, Ş.C. 4-izopropenilfenol-fenol-formaldehid əsasında sorbentlərin sintezi və tədqiqi // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin Anadan olmasının 97-ci ildönümünə həsr olunmuş Tələbə Və Gənc Tədqiqatçıların I Beynəlxalq Elmi Konfransları, -Bakı: 6-16 aprel, - 2020, - s. 208-209.
5. Guliyeva, Sh.J., Mehdiyeva, G.M., Bayramov, M.R. Sorbents based on alkenylphenol derivatives // 1th International Nowruz Conference On Scientific Research, Karabagh, Azerbaijan, - 18-21 mart, - 2021, - p. 428.

6. Bairamov, M.R. Studying the sorption of uranyl ions from aqueous solutions with the structured 4-isopropenylphenol-phenol-formaldehyde copolymer / Musa Bairamov, Gunay Mehdiyeva, Djalal Nagiev, Mahira Agaeva, Shahla Gulieva // Journal of Physical Chemistry A, – 2021. V. 95, № 4, – p. 769-774.
7. Quliyeva, Ş.C., Mehdiyeva, G.M., Qasımova, Ş.Z. 4-izopropenilfenol əsasında alınmış tikili sopolimer uranil ionlarının sorbenti kimi // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların II Beynəlxalq Elmi Konfransları, - Bakı: 13-28 aprel, -2021, - s. 54-55.
8. Bayramov, M.R., Mehdiyeva, G.M., Quliyeva, Ş.C., Ağayeva, M.A., Məhərrəmov, A.M. 2-propenil fenol əsasında oliqomerin sintezi və tədqiqi // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistrant və gənc tədqiqatçıların «Kimyanın Aktual Problemləri» XIV Beynəlxalq Elmi Konfransı, - Bakı: 25-26 may, -2021, - s. 124-125.
9. Bairamov, M.R. Synthesis study of triple co-oligomers of 4-isopropenylphenol, phenol and formaldehyde structured by maleic anhydride / Musa Bairamov, Abel Magerramov, Gunay Mehdiyeva, Shahla Gulieva, Mahira Agaeva // Processes of Petrochemistry and Oil Refining, – 2021. V. 22, № 4, – p. 476-485.
10. Bairamov, M.R. Optimization of the structuring process of 4-isopropenylphenol, phenol and formaldehyde co-oligomer with maleic anhydride / Musa Bairamov, Natig Zeynalov, Gunay Mekhtieva, Mahira Agaeva, Shahla Gulieva, Misir Djavadov, Gulnara Hasanova // Нефтепереработка и нефтехимия, – 2021. № 11, – p. 38-42.
11. Bayramov, M.R., Quliyeva, Ş.C., Mehdiyeva, G.M., Ağayeva, M.A. Su sistemlərinin radionuklidlərdən və ağır metallardan sorbsiya üsulu ilə təmizlənməsi // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş

Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi Konfransları, - Bakı: 18-29 aprel, - 2022, - s. 434-435.

12. Bayramov, M.R., Quliyeva, Ş.C., Mehdiyeva, G.M., Həsənova, G.M. 4-izopropenilfenolun formaldehid və 4-(1-metil)-1-dimetoksifosforiletılfenolun üçqat sooligomerlərinin akrilonitril ilə strukturlaşdırılmış sopolimerin sulu sistemlərin uran duzlarından təmizlənməsi üçün sorbent kimi tədqiqi // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi Konfransları, - Bakı: 18-29 aprel, - 2022, - s. 435-436.
13. Bayramov, M.R., Quliyeva, Ş.C., Mehdiyeva, G.M., Ağayeva, M.A., Həsənova, G.M. 4-izopropenilfenolun formaldehid və 4-(1-metil)-1-dimetoksifosforiletılfenolun üçlü sooligomerinin sintezi və akrilonitrillə tikilməsi // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi Konfransları, - Bakı: 18-29 aprel, - 2022, - s. 436-437.
14. Bayramov, M.R., Quliyeva, Ş.C., Mehdiyeva, G.M., Ağayeva, M.A. 4-izopropenilfenolun malein anhidridi ilə ikili sooligomerinin sintezi və etilendiamin iştirakı ilə çevrilmələri // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş «Kimya və Kimya Texnologiyası» Respublika Elmi Konfransı, - Bakı: 18-19 may, - 2022, - s. 190.
15. Bairamov, M.R. Synthesis of ternary cooligomers of 4-isopropenyl-phenol, formaldehyde, and 4-(1-methyl-1-dimethoxyphosphorylethyl)phenol and their structuring in the presence of acrylonitrile / Musa Bairamov, Abel Maharramov, Gunay Mehdiyeva, Shahla Gulieva, Mahira Agaeva // Processes of Petrochemistry and Oil Refining (PPOR), – 2022. V. 23, – p. 198-205.
16. Bairamov, M.R. Synthesis of carboxylate type sorbent based on cooligomers of 2-propenylphenol and formaldehyde and study of their functional properties for sorption of uranyl ions in model systems / Musa Bairamov, Abel Maharramov, Gunay Mehdiyeva, Shahla Gulieva, Mahira Agaeva // Chemical

Problems, – 2023. V. 11, № 1, – p. 85-92.

17. Bairamov, M.R. Purification of water systems from uranium salts using acrylonitrile-structured triple co-oligomers of 4-isopropenilphenol, formaldehyde and 4-(1-methyl)-1-dimetoxyphosphorylethylphenol / Musa Bairamov, Shahla Guliyeva, Gunay Mehdiyeva, Mahira Agaeva // Azerbaijan Chemical Journal , – 2023. № 1, – s. 155-161.
18. Байрамов, М.Р., Мехтиева, Г.М., Гулиева, Ш.Дж., Агаева, М.А. Структурированные этилендиамином двойные соолигомеры малеинового ангидрида и 4-изопропенилфенола в качестве сорбента для извлечения уранил-ионов из водных систем // Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference «Global and Regional Aspects of Sustainable Development», - Copenhagen, Denmark: 26-28 март, - 2023, - с.452-453.
19. Bayramov, M.R., Sadıqov, N.M., Quliyeva, Ş.C., Mehdiyeva, G.M., Ağayeva, M.A., Babayeva, B. A. 4-İzopropilfenol, fenol və formaldehid əsasında alınmış tikili polimerlərin neft-lay sularından metal ionlarının təmizlənməsində sorbsiya xassələrinin tədqiqi // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistrant və gənc tədqiqatçıların “Kimya və Kimya Texnologiyası” mövzusunda II Respublika Elmi Konfransının Materialları, - Bakı: 04-05 may, - 2023, s. 85.
20. Байрамов, М.Р., Магеррамов, А.М., Гулиева, Ш.Дж., Садыгов, Н.М., Агаева, М.А., Мехтиева, Г.М., Джавадов, М.А. Изучение микроэлементного состава нефтяных пластовых вод сочетанием сорбционного и пламенно-ионизационного методов // Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference «Innovative Development in the Global Science», - Boston, USA: 26-28 июнь, -2023, - с. 255-256.
21. Байрамов, М.Р., Магеррамов, А.М., Гулиева, Ш.Дж., Садыгов, Н.М., Мехтиева, Г.М., Агаева, М.А., Джавадов, М.А. Исследование микроэлементного состава пластовой воды с использованием карбоксилатного сорбента и

пламенно- ионизационного метода // Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference «Innovative Development in the Global Science», - Boston, USA: 26-28 июнь, -2023, - с. 257-258.

22. Məhərrəmov, A.M., Bayramov, M.R., Quliyeva, Ş.C., Mehdiyeva, G.M., Ağayeva, M.A. 4-İzopropenilfenol, stirol və malein anhidridinin üçlü sopolimeri əsasında azot saxlayan sorbentin sintezi və tətbiqi // Akademik Sahib Müseyib oğlu Əliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Neft kimyası, polifunksional monomerlər, oliqomerlər və polimerlərin sintezi” adlı konfrans, - Bakı: - 2023, - s. 134.
23. Bayramov, M.R., Guliyeva, Sh.J., Sadıgov, N.M., Mehdiyeva, G.M., Agaeva, M.A., Babaeva, B.A. Cooligomers structured with ethylenediamine 4-isopropenylphenol, formaldehyde and styrene as sorbents for the extraction of microelements from oil reservation water // II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical perspectives of modern science», - Stockholm. Sweden: 13-14 June, - 2023, - p. 4.
24. Байрамов, М.Р., Гулиева, Ш.Дж., Мехтиева, Г.М., Агаева, М.А., Садыгов, Н.М., Бабаева, Б.А. Азотосодержащие сшитые сополимеры 4-изопропенилфенола с формальдегидом и малениовым ангидридом в качестве сорбентов для извлечения микроэлементов из нефтяных пластовых вод // Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference «Scientific Community: Interdisciplinary Research», - Hamburg, Germany: 06-08 июль, - 2023, - с.164-165.
25. Bayramov, M.R., Guliyeva, Ş.C., Mehdiyeva, G.M. Synthesis of ternary sooligomers based on 4-isopropenylphenol, maleic anhydride and styrene, modification with ethylenediamine in the presence of formaldehyde and study as a sorbent // Межвузовского научного конгресса «Высшая школа: научные исследования», - Москва: 04 August, - 2023, - p. 160-161.
26. Байрамов, М.Р. Структурированные акрилонитрилом тройные соолигомеры 4-изопропенилфенола, фенола и

- формальдегида в качестве сорбентов для извлечения уранил-ионов из водных систем / М.Р. Байрамов, Г.М. Мехтиева, Дж.А. Нагиев, Ш.Дж. Гулиева, М.А. Агаева, А.М. Маггеррамов // Журнал прикладной химии, – 2023. Т. 96, № 4, – с. 382-439.
27. Məhərrəmov, A.M., Bayramov, M.R., Quliyeva, Ş.C., Mehdiyeva, G.M., Ağayeva, M.A. 4-İzopropenilfenol və malein anhidridi əsasında ikili sooliqomerin sintezi və onların etilendiamin-epoksid qatranı ilə modifikasiyası // Neft kimyası və Kimya Texnologiyası kafedrasının 80 illiyinə həsr olunmuş Kimya və Kimya Texnologiyasında Müasir Yanaşmalar mövzusunda Respublika Elmi konfransının Materialları, - Bakı: 14 dekabr, - 2023, -s. 15-16.
28. Məhərrəmov, A.M., Bayramov, M.R., Quliyeva, Ş.C., Mehdiyeva, G.M., Ağayeva, M.A. 4-İzopropenilfenol, malein anhidridi, stirol əsasında alınmış sooliqomerin dietilentriaminlə modifikasiyası və reaksiya məhsulunun tədqiqi // Neft kimyası və Kimya Texnologiyası kafedrasının 80 illiyinə həsr olunmuş Kimya və Kimya Texnologiyasında Müasir Yanaşmalar mövzusunda Respublika Elmi konfransının Materialları, -Bakı: 14 dekabr, - 2023, -s. 16-17.
29. Maharramov, A.M. Study of the microelement composition of oil formation waters using sorption and flame ionization methods / Abel Maharramov, Musa Bayramov, Shahla Guliyeva, Gunay Mehdiyeva, Nazim Sadıgov, Bahar Babaeva // Azerbaijan Journal of Chemical News, – 2023. V. 5, № 2, – p. 59-67.





Dissertasiyanın müdafiəsi 21 fevral 2025-ci il tarixində saat 10<sup>00</sup>-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: AZ 1025, Bakı ş., Xocalı pr., 30

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür. [www.nkpi.az](http://www.nkpi.az)

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

Avtoreferat 21 yanvar 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 17.01.2025

Kağızın formatı: A5

Həcm: 39884

Tiraj: 100