

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## **BUTADIEN KAUCUKU VƏ QRAFİT ƏSASINDA HİBRİD KOMPOZİTİN OKSİDLƏŞDİRİCİ XLORFOSFORLAŞMA REAKSİYASI İLƏ SİNTEZİ VƏ TƏDQIQI**

İxtisas: 2304.01-Makromolekullar kimyası

Elm sahəsi: Kimya

İddiaçı: **Solmaz Bəxtiyar qızı Əliyeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş  
dissertasiyanın

### **AVTOREFERATI**

**Sumqayıt–2022**

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin Yüksəkmolekullu birləşmələr kimyası kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər:

AMEA-nın həqiqi üzvü,  
kimya elmləri doktoru, professor  
**Abel Məmmədəli oğlu Məhərrəmov**  
kimya elmləri doktoru, professor  
**Rasim Mirəli oğlu Alosmanov**

Rəsmi opponətlər:

Kimya elmləri doktoru, professor  
**Minavər Cəfər qızı İbrahimova**  
Kimya elmləri doktoru, dosent  
**Nüşabə İsmayıl qızı Qurbanova**  
Kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Reyhan Şahmərdan qızı Hacıyeva**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Polimer Materialları İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.28 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:



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

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

Kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Xəyalə Vaqif qızı Allahverdiyeva**

Elmi seminarın sədri:

Kimya elmləri doktoru, professor  
**Nəcəf Tofiq oğlu Qəhrəmanov**

## **İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI**

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Yeni xassələrə malik polimerlərin istehsalının baha başa gəlməsi ilə əlaqədar olaraq, müasir dövrdə makromolekullar kimyasının ən mühüm istiqamətlərindən biri mövcud və tullantı polimerlər əsasında təkmilləşdirilmiş istismar xüsusiyyətlərinə malik polimer materialların hazırlanmasıdır.

Polimerlərin modifikasiyası onların sintezi zamanı və ya hazır polimerlərin əlavə emalı nəticəsində müəyyən xassələrin məqsədyönlü şəkildə dəyişdirilməsinə yönəlmiş prosesdir. Bu zaman polimerə yeni xassələr verilir, arzuolunmaz xüsusiyyətlər aradan qaldırılır və mövcud müsbət xassələrin saxlanılmasına çalışılır. Baş verən proseslərin təbiətinə görə polimerləri modifikasiya etmək üçün fiziki, fiziki-kimyəvi, kimyəvi və kompozit üsullarından, habelə onların kombinasiyasından istifadə olunur.

Polimerlərin modifikasiyasının müxtəlif təbiətli doldurucuların əlavə edilməsinə əsaslanmış kompozit üsuluna maraq son illərdə artmaqdadır. Andre Geim və Konstantin Novoselovun tək qrafen təbəqəsinin sintezi istiqamətində apardığı tədqiqat işləri 2010-cu ildə Nobel Mükafatına layiq görüldükdən sonra qrafit və onun törəmələrinin (bir neçə təbəqəli qrafen, qrafen oksid, qrafen nanotəbəqələri və funksionallaşdırılmış qrafit) polimerlərin modifikasiyasında perspektivli doldurucu kimi tətbiqi daha da aktuallaşmışdır.

Polimerlərin modifikasiyası üçün kimyəvi və kompozit üsullarının kombinasiyasından istifadə etməklə hibrid kompozitin sintezi təqdim edilən dissertasiya işinin aktuallığını müəyyən edir.

Polimerlərin müxtəlif kimyəvi reaksiyalarla modifikasiyasına əsaslanmış tədqiqat işləri bir çox yerli və xarici nəşrlərdə öz əksini tapmışdır. Bununla belə, hal-hazırda elmi ədəbiyyatda polimerlərin kimyəvi və kompozit üsullarının kombinasiyası ilə modifikasiyasına dair tədqiqatlar azlıq təşkil edir.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Tədqiqatın obyektı butadien kauçuku (BK), qrafit, habelə BK-nın kimyəvi və kompozit modifikasiya metodlarının kombinasiyası əsasında sintez edilmiş hibrid kompozitdir. Tədqiqatın predmeti modifikasiya olunmuş BK və funksionallaşdırılmış qrafit (FQ) sistemində hibrid kompozitin

sintezinin öyrənilməsidir. Bununla yanaşı, sintez edilmiş hibrid kompozitin bircinsli strukturunu təsdiqləmək üçün onun termiki, elektrik və dielektrik xassələri öyrənilmiş, ondan boyaq maddələrinin sorbsiyasında, eləcə də antipiren kimi istifadə məsələləri də müzakirə edilmişdir.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Təqdim edilmiş dissertasiya işinin məqsədi oksidləşdirici xlorfosforlaşma (OXF) reaksiyası ilə BK və qrafit əsaslı hibrid kompozitin sintez üsulunun işlənilib hazırlanması və xassələrinin öyrənilməsidir. Məlumdur ki, BK-nın sərbəst radikal mexanizmi üzrə gedən OXF reaksiyasında həm makromolekulların kimyəvi modifikasiyası, həm də tikilməsi baş verir. Hazırki dissertasiya işində aparılan tədqiqatlarda doldurucunun da reaksiyada iştirakı və polimerlə doldurucu arasında kimyəvi yaxınlığın təmin edilməsi məqsədi ilə əvvəlcədən eyni reaksiya ilə FQ-nin BK ilə birgə OXF reaksiyası aparılmış və elmin və texnikanın müasir tələblərinə cavab verən hibrid kompozitin sintezi üçün yeni yanaşma təklif edilmişdir.

Dissertasiya işinin məqsədinə nail olmaq üçün aşağıdakı tədqiqatların aparılması nəzərdə tutulmuşdur:

- polimerlə doldurucu arasında kimyəvi yaxınlığın təmin edilməsi üçün OXF reaksiyası ilə qrafitin məqsədyönlü funksionallaşdırılması;

- müasir fiziki və fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə FQ-nin tədqiqi;

- BK və FQ-nin OXF reaksiyası ilə birgə modifikasiyası əsasında hibrid kompozitin sintezi üsulunun işlənilib hazırlanması;

- bircinsli hibrid kompozitin sintezini təsdiqləmək üçün onun elektrik, dielektrik və termiki xassələrinin tədqiqi;

- sintez edilmiş hibrid kompozitin tərkib və quruluşunun infraqırmızı (İQ) və utrabənövşəyi-görünən (UB-gör.) spektroskopiya, element analizi, skanedici elektron mikroskop (SEM) və Rentgen faza analizi (RFA) əsasında öyrənilməsi;

- sintez edilmiş hibrid kompozitlə Akridin sarı boyaq maddəsinin sorbsiya qanunauyğunluqlarının, o cümlədən optimal şəraitin, prosesin izotermik, kinetik və termodinamik parametrlərinin tədqiqi;

- sintez edilmiş hibrid kompozitin laboratoriya şəraitində

antipiren kimi sınağı.

**Tədqiqat metodları.** Hibrid kompozit və funksionallaşdırılmış qrafit OXF reaksiyası və alınmış modifikatların sonrakı hidrolizi ilə sintez edilmişdir. Sintez edilmiş nümunələr infraqırmızı spektroskopiya, ultrabənövşəyi görünən spektroskopiya, rentgen faza analizi, skanedici elektron mikroskopiya, termoqravimetriya (TQ), diferensial skanedici kalorimetriya (DSK) kimi fiziki və fiziki-kimyəvi tədqiqat metodları ilə analiz olunmuşdur. Elektrik və dielektrik xassələrinin öyrənilməsinə aid tədqiqatlar immittans ölçü cihazında otaq temperaturunda və geniş tezlik ( $f=0.01 \cdot 10^5 \div 10 \cdot 10^5$  Hz) intervalında aparılmışdır. Nümunələrin sorbsiya xassələrinin öyrənilməsində boyaq maddəsi məhlulunun ilkin və tarazlıq qatılığı spektrofotometrik üsulla 444 nm dalğa uzunluğunda və su fonunda təyin edilmişdir.

#### **Müdəfiyə çıxarılan əsas müddəalar.**

- OXF reaksiyası ilə qrafitin funksionallaşdırılması üçün yeni metod;
- BK-nın kimyəvi modifikasiyası ilə qrafit əsaslı yeni hibrid kompozitin sintezi;
- sintez edilmiş hibrid kompozitin fiziki və fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə tədqiqi, termiki, elektrik və sorbsiya xassələrinin öyrənilməsi.

#### **Tədqiqatın elmi yeniliyi.** İlk dəfə olaraq:

- OXF reaksiyası qrafitin funksionallaşdırılması, yəni doldurucu və polimer arasında kimyəvi yaxınlığı təmin etmək üçün tətbiq edilmişdir;
- OXF reaksiyası ilə BK və eyni reaksiya ilə əvvəldən FQ əsaslı hibrid kompozit sintez edilmişdir;
- BK və qrafit əsasında OXF reaksiyası ilə sintez edilmiş hibrid kompozitin bircinsli strukturunu təsdiqləmək üçün onun termiki, elektrik və dielektrik xassələri tədqiq edilmişdir;
- BK və qrafit əsaslı hibrid kompozitlə Akridin sarı boyaq maddəsinin model tullantı suyundan sorbsiyasının qanunauyğunluqları tədqiq edilmişdir;
- BK və FQ əsaslı hibrid kompozit antipiren kimi tədqiq edilmişdir.

## **Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.**

– bu yanaşma gələcəkdə digər polimer və laylı quruluşlu doldurucular (karbon nitrid, boron karbon nitrid, təbii laylı quruluşlu silikatlar) əsasında müxtəlif kimyəvi reaksiyalardan istifadə etməklə yeni hibrid kompozitlərin hazırlanmasında əhəmiyyətli ola bilər;

– tətbiq olunan fiziki və fiziki-kimyəvi tədqiqat üsullarının nəticələri və interpretasiyalar digər kompozitlərin tədqiqində də istifadə oluna bilər;

– hibrid kompozitin sintezi və tədqiqi üçün işlənilib hazırlanmış üsul və metodikalar gələcəkdə tullantı BK (texniki tələblərə və standartlara cavab verməyən və ya istifadə müddəti ötmüş məhsul) və tullantı qrafit (istifadə olunmuş elektrodlar) əsasında polimer materialların hazırlanmasında əhəmiyyətli ola bilər;

– sintez edilmiş hibrid kompozit elektrik keçirici materialların hazırlanmasında, boyaq maddələrinin sorbsiyasında və ekstremal şəraitlərdə suyun təmizlənməsində tətbiq oluna bilər.

**Müəllifin şəxsi töhfəsi.** Müəllif ədəbiyyat məlumatlarını təhlil etmiş, qrafitin funksionallaşdırılması və hibrid kompozitin sintezinə və xassələrinin tədqiqinə aid təcrübələr aparmışdır. Öldə edilmiş tədqiqat nəticələrinin müzakirəsi və elmi nəşrlərin hazırlanmasında əsas rol müəllifə məxsusdur.

**Aprobasiyası və tətbiqi.** Dissertasiya işinin mövzusu üzrə 9 elmi məqalə və 14 məruzə tezisi çap olunmuşdur. Məqalələrdən beşi Web of Science (Science Citation Index Expanded) elmmetrik beynəlxalq bazasında indekslənən jurnallarında dərc edilmişdir.

Dissertasiya işinin nəticələri aşağıdakı beynəlxalq və respublika miqyaslı elmi konfranslarda məruzə edilmişdir: Yeni karbon nanomaterialları: ultra nazik almaz filmlər (Rusiya, 2021); Kimyəvi elementlərin dövrü cədvəlinin 150 illiyinə həsr olunmuş beynəlxalq iştiraklı XXIX Rusiya gənclərin elmi konfransı (Rusiya, 2019); Gənc Tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi Konfransı (Azərbaycan, 2019); Gənc alimlərin 14-cü beynəlxalq Sankt-Peterburq konfransı (Rusiya, 2018); Makromolekullar üzrə XIV Ukrayna konfransı (Ukraina, 2018); Kimyanın aktual problemləri, XII Beynəlxalq Elmi Konfransı (Azərbaycan, 2018); Akademik Murtuza Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş “Nağıyev qıraətləri” elmi konfransı (Azərbaycan, 2018); V

Beynəlxalq Berqman konfransı “Təhsil, elm və texnologiyada fiziki və kimyəvi analiz” (Rusiya, 2017); 6-cı beynəlxalq ekoloji və ətraf mühit kimyası konfransı-2017 (Moldova, 2017); Su ehtiyatları, hidrotexniki qurğular və ətraf mühit mövzusunda beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (Azərbaycan, 2017); Kimyanın aktual problemləri, XI Beynəlxalq Elmi Konfransı (Azərbaycan, 2017); M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans (Azərbaycan, 2016); Kimyanın aktual problemləri, X Respublika Elmi Konfransı (Azərbaycan, 2016); Neft kimyası üzrə IX Beynəlxalq Məmmədəliyev Konfransı (Azərbaycan, 2016).

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.** Dissertasiyanın mövzusu çərçivəsində tədqiqat işləri Bakı Dövlət Universitetinin Kimya fakültəsi “Yüksəkmolekullu birləşmələr kimyası” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

**İşin həcmi və quruluşu.** Dissertasiya işi giriş, 5 fəsil, ümumiləşdirilmiş nəticələr və 284 adda mənbədən ibarət istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından təşkil olunmuşdur. İşin ümumi həcmi 33 cədvəl, 81 şəkil, 11 sxem də daxil olmaqla kompüterdə yığılmış 202 səhifəni əhatə edir.

## İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

**Girişdə** dissertasiya mövzusunun aktuallığı, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri, metodları, elmi yeniliyi, nəzəri və praktiki əhəmiyyəti və nəticələrin aprobeiası verilmişdir.

Dissertasiyanın **birinci fəslində** polimerlərin modifikasiyası, qrafit səthinin funksionallaşdırılması və hibrid kompozitlər, eləcə də tullantı sularının təmizlənməsində sorbent kimi tətbiq edilmiş hibrid kompozitlərə aid son illərin elmi ədəbiyyat məlumatları şərh edilmişdir.

**İkinci fəsilə** qrafitin OXF reaksiyası ilə funksionallaşdırılması, BK və FQ əsasında hibrid kompozitin sintezi və xassələrinin öyrənilməsi, hibrid kompozitlə Akridin sarı boyaq maddəsinin sulu məhlullardan sorbsiya proseslərinin öyrənilməsi və hibrid kompozitin antipiren kimi sınağı üçün istifadə edilmiş metodikalar və reagentlər haqqında məlumat verilmişdir.

Nümunələrin tədqiqi və müxtəlif xassələrinin öyrənilməsi İQ- (Varian 3600) və UB-gör. (SPECORD 210 Plus) spektrofotometrlər, RFA difraktometri (Bruker “D2 Phaser” və “D8 Advance”), enerji-dispersiyalı Rentgen spektrometri (EDS) ilə təchiz edilmiş SEM (Phenom XL), immitans ölçən cihaz (МНППИ “E7-20”) və derivatoqraf (Netzsch STA 449 F3 Jupiter) avadanlıqlarından istifadə etməklə həyata keçirilmişdir.

Doldurucunun funksionallaşdırılması hibrid kompozitlərin sintezində polimer və qeyri-üzvi komponentlərin kimyəvi yaxınlığını təmin etmək üçün vacibdir<sup>17\*</sup>. **III fəsildə** müxtəlif şəraitlərdə OXF reaksiyası ilə FQ nümunələrinin sintezi, sintez edilmiş nümunələrin RFA, İQ- və UB-gör. spektroskopiya, SEM EDS metodları ilə tədqiqi, termiki, elektrik və dielektrik xassələrinin öyrənilməsi və funksionallaşdırılmanın ehtimal olunan mexanizmi verilmişdir.

Qrafitin OXF reaksiyası ilə funksionallaşdırılması üç müxtəlif şəraitdə aparılmışdır: 1) qrafit və  $PCl_3$ -dən ibarət qarışıqın oksigen iştirakında  $65^\circ C$  temperaturda qızdırılması ilə; 2) qrafit və  $PCl_3$ -dən ibarət qarışıqın oksigen iştirakında  $CCl_4$  mühitində otaq temperaturunda; 3) qrafit və  $PCl_3$ -dən ibarət qarışıqın oksigen iştirakında  $CCl_4$  mühitində  $65^\circ C$  temperaturda qızdırılması ilə. Bu şəraitlərdə alınmış xlorfosforlaşmış qrafit nümunələrinin hidrolizi ilə sintez edilmiş FQ nümunələri, uyğun olaraq FQ1, FQ2 və FQ3 adlandırılmışdır<sup>5,16\*</sup>.

Şəkil 1-də ilkin qrafit və FQ nümunələrinin RFA difraktoqramı verilmişdir. Qrafitin RFA difraktoqramına əsasən istifadə edilmiş qrafit kristal parametrləri  $P63mc$ ,  $a=2.456$ ,  $c=6.696$  Å olan heksoqonal fazaya malikdir<sup>a</sup>.

Şəkil 2-də ilkin qrafit və FQ nümunələrinin (002) difraksiya pikləri ayrıca verilmişdir. Göründüyü kimi qrafit üçün (002) difraksiya pikləri simmetrik, FQ1, FQ2 və FQ3 üçün uyğun piklər isə çox enli və asimmetrikdirlər. Bu funksionallaşdırma zamanı qrafitin elementar təbəqələrinin kimyəvi dağılması və əmələ gələn yeni aktiv mərkəzlərdə fosfortərkibli turşu qruplarının formalaşması ilə

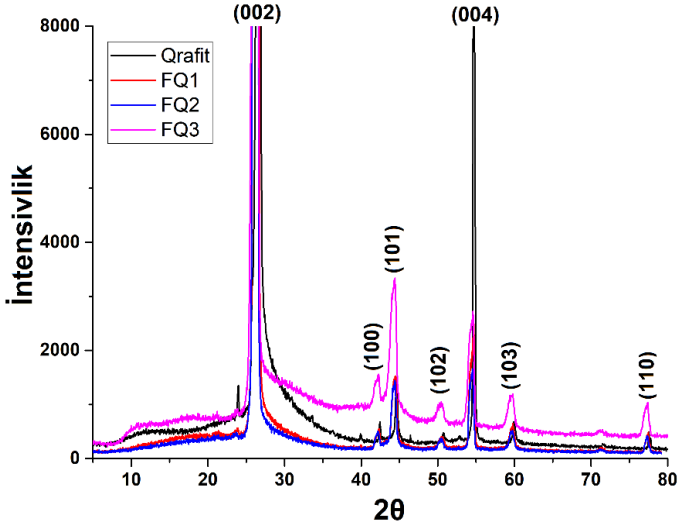
---

\*əmərlərin siyahısındakı sıra sayı

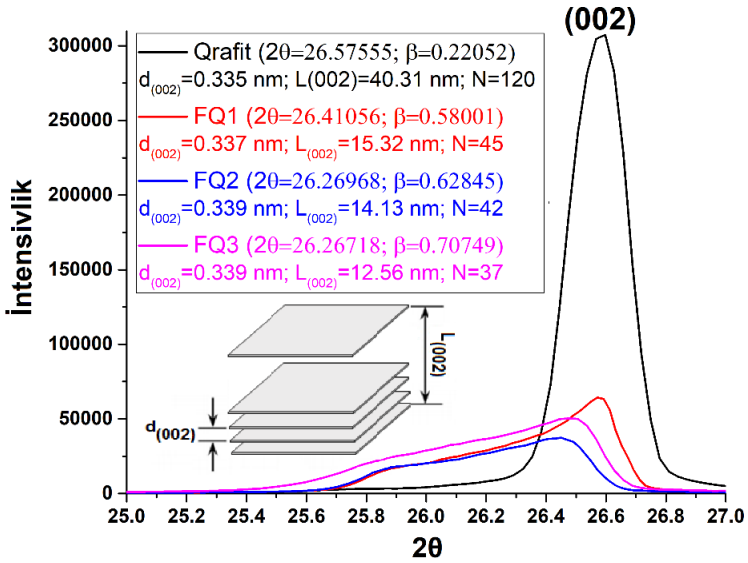
<sup>a</sup>Wyckoff R.W.G. Crystal structures-Volume 1 / R.W.G.Wyckoff. –New York:Interscience Publishers, -1963. -260 p



əlaqədardır. Bundan əlavə, FQ1, FQ2 və FQ3-ün (002) difraksiya pikləri  $2\theta$ -ın kiçik qiymətlərinə tərəf sürüşmüşdür və bu aparılan funksionallaşdırma nəticəsində qrafitin təbəqələrarası məsafəsinin artdığını göstərir.



Şəkil 1. Qrafit və FQ nümunələrinin difraktoqramları



Şəkil 2. Qrafit, FQ1, FQ2 və FQ3-ün (002) difraksiya piki

Qrafitin (002) difraksiya pikinin intensivliyinin ( $I_{\text{Qrafit}}=307411$ ) yüksək olması ilkin qrafitin kristallaşma dərəcəsinin çox olduğunu göstərir. FQ1, FQ2 və FQ3-ün (002) difraksiya pikinin intensivliyinin (uğun olaraq  $I_{\text{FQ1}}=64360$ ;  $I_{\text{FQ2}}=37470$ ;  $I_{\text{FQ3}}=50335$ ) kəskin azalması isə funksionallaşma nəticəsində qrafitin kristallaşma dərəcəsinin azalması ilə əlaqədardır (Şəkil 2).

(002) difraksiya piklərinin  $\theta$  və  $\beta$  parametrlərindən istifadə etməklə qrafit və FQ nümunələri üçün təbəqələrarası məsafə ( $d_{(002)}$ , nm) “Bragg” düsturuna (1), qrafen təbəqələrinin orta hündürlüyü ( $L_{(002)}$ , nm) “Debye-Scherrer” düsturuna (2) və qrafen təbəqələrinin orta sayı isə (3) düsturuna əsasən hesablanmışdır:

$$\lambda=2d_{(002)}\sin\theta \quad (1) \quad L_{(002)}=\frac{0.98\lambda}{\beta_{(002)}\cos\theta} \quad (2) \quad N=\frac{L_{(002)}}{d_{(002)}} \quad (3)$$

burada  $\lambda$ -Rentgen şüasının dalğa uzunluğu (Cu  $K\alpha$  Rentgen şüaları üçün  $\lambda=0.15406$  nm),  $\theta$ -kristalın səthinə düşən və əks olunan şüa arasındakı bucaq,  $\beta$ -difraksiya pikinin yarımhündürlükdəki eni,  $\theta$ -difraksiya bucağıdır.

Nəticələrə görə (Şəkil 2), funksionallaşdırılma qrafitin təşkil olunduğu təbəqələr arasındakı məsafənin həm artmasına, həm də Van der Waals rabitələrinin qırılmasına səbəb olmuşdur. Buna görə də müxtəlif şəraitlərdə sintez edilmiş FQ nümunələri daha az sayda (qrafitə nisbətən) qrafen təbəqəsindən təşkil olunmuşdur<sup>16,22\*</sup>.

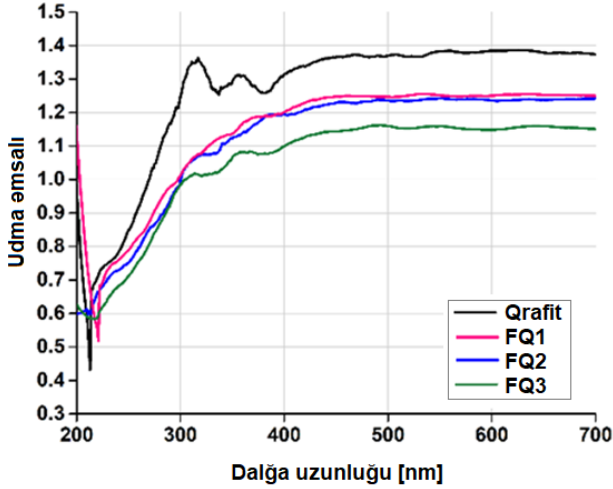
FQ nümunələrinin UB-gör. spektroskopiyaya tədqiqatlarının nəticələri Şəkil 3-də verilmişdir. Göründüyü kimi, nümunələrin spektrlərində UB sahədə (200-400 nm)  $\pi$ - $\pi^*$  keçidlərinin absorbsiya pikləri müşahidə olunur. FQ1, FQ2 və FQ3-ün udma əmsalının qrafitdən az olması onların kristal ölçüsünün qrafitdən kiçik olması ilə əlaqədardır. Çünki kristalın nisbətən böyük ölçüsü düşən fotonun kristal səthində əks olunma qabiliyyətini azaldır və buna müvafiq olaraq udmanı artırır<sup>b, 16\*</sup>.

UB-gör. spektroskopiyaya nəticələrinə əsasən optik qadağan zonanın eni “Tauc” düsturuna əsasən hesablanmışdır (Şəkil 4). Optik qadağan

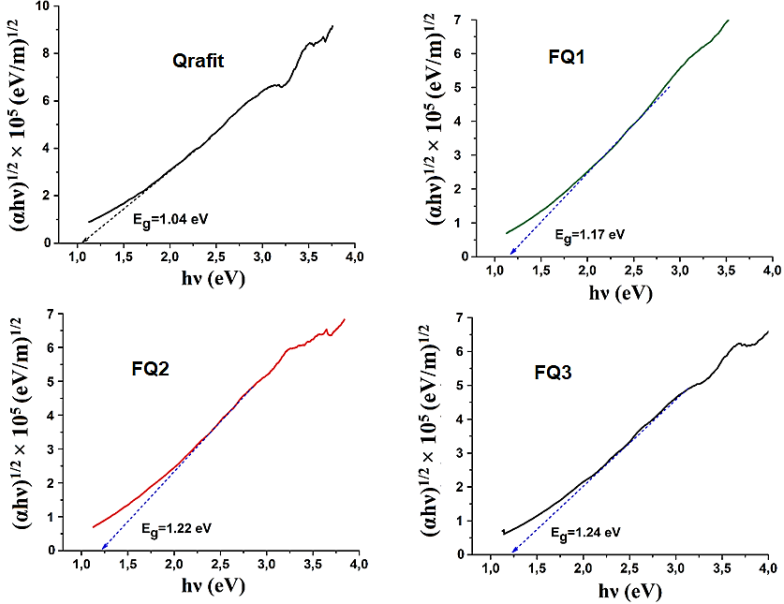
\* əsərlərin siyahısındakı sıra sayı

<sup>b</sup> Khalaf, M.K. Influence of nanocrystalline size on optical band gap in CdSe thin films prepared by dc sputtering / M.K.Khalaf, B.A.M.Alhilli, A.I.Khudiari [et al.] // Photonics and Nanostructures-Fundamentals and Applications, -2016. Vol.18, - p.59-66.

zonanın eninin qrafit→FQ1→FQ2→FQ3 istiqamətində artması, həmin istiqamətdə nümunələrin kristal ölçüsünün azalması ilə əlaqədardır<sup>16\*</sup>.



**Səkil 3.** Qrafit, FQ1, FQ2 və FQ3-ün UB-gör. spektrləri



**Səkil 4.** Qrafit, FQ1, FQ2 və FQ3-ün “Tauc” qrafikləri

\* əsərlərin siyahısındaki sıra sayı

*Qrafitin funksionallaşdırılmasının ehtimal olunan mexanizmi.* Qrafitin müxtəlif reaksiyalarla funksionallaşdırılmasını izah etmək üçün o, adətən, dien, dienofil və ya poliaromatik karbohidrogen kimi nəzərdən keçirilir<sup>17\*</sup>. Bu işdə qrafitin OXF reaksiyası ilə funksionallaşdırılmasında ona 1,3-alkadien kimi baxılmışdır. 1,3-alkadienlərin OXF reaksiyası xlor radikallarının (xlor radikalları oksigenin  $\text{PCl}_3$  ilə reaksiyası nəticəsində formalaşır) ikiqat rabitəyə təsiri ilə başlayır. Bu reaksiya ikiqat rabitənin miqrasiyasına və 1-vəziyyətdə xlor atomları (-Cl), 4-vəziyyətdə fosfonil dixlorid ( $-\text{P}(\text{O})\text{Cl}_2$ ) funksional qruplar saxlayan birləşmənin formalaşmasına səbəb olur<sup>c</sup>. 1,3-butadienin OXF reaksiyasına analogi olaraq qrafitin OXF reaksiyası nəticəsində -Cl və  $-\text{P}(\text{O})\text{Cl}_2$  funksional qruplu fosfoxlorlaşmış qrafit və bu məhsulun sonrakı hidrolizilə  $-\text{P}(\text{O})(\text{OH})_2$  və -Cl qruplu FQ sintez edilir.  $-\text{P}(\text{O})(\text{OH})_2$  funksional qrupların mövcudluğunu təsdiqləmək üçün qrafitdən fərqli olaraq FQ nümunələrinin İQ-spektrində əsas diqqət  $2900\text{-}2800\text{ sm}^{-1}$  ( $-\text{PO}-\text{H}$  qruplarının valent rəqsləri)<sup>d</sup> və  $1250\text{-}1150\text{ sm}^{-1}$  (hidrogen rabitəsindəki  $\text{P}=\text{O}$  qruplarının valent rəqsləri) tezliklərdəki yeni udulma zolaqlarının müşahidə edilməsinə yönəlmişdir<sup>16\*</sup>.

RFA, İQ- və Ub-gör.-spektroskopiya nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, qrafitin hər üç şəraitdə OXF reaksiyasından <100 sayda qrafen təbəqəsindən təşkil olunmuş və kənar səthlərində  $-\text{P}(\text{O})\text{OH}_2$  qrupları saxlayan FQ sintez edilir. FQ2-nin sintez prosesi qrafitin OXF reaksiyası ilə funksionallaşdırılması üçün optimal şərait kimi seçilmiş və sonrakı tədqiqatlar FQ2-yə əsasən aparılmışdır.

İlkin qrafit və FQ2-nin kristal qəfəs parametrlərində və morfologiyasındakı fərqlər, FQ2-nin fosfortərkibli funksional qruplar saxlaması onların termiki, elektrik, dielektrik xassələrinin müxtəlif olmasına səbəb olmuşdur<sup>16\*</sup>.

**Dördüncü fəsil** OXF reaksiyası ilə BK-nın FQ2 ilə birgə modifikasiyası əsasında sintez edilmiş hibrid kompozitin

---

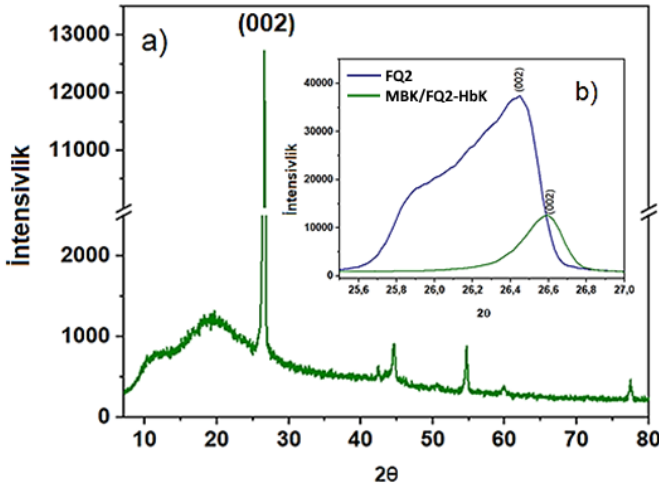
\* əsərlərin siyahısındakı sıra sayı

<sup>c</sup> Dogadina, A.V., Ionin, B.I., Petrov, A.A. 1,3-Alkadiene-phosphonates // Sov. Sci. Rev. / Section B, -1990. Vol.15, - p.1-55.

<sup>d</sup> Ghafuri, H., Talebi, M. Water-soluble phosphated graphene: preparation, characterization, catalytic reactivity, and adsorption property // Ind. Eng. Chem. Res., -2016. Vol. 55, №11, - p.2970-2982

(modifikasiya edilmiş butadien kauçuku (MBK)/FQ2-HbK) instrumental analiz metodları ilə tədqiqi, həmçinin termiki, elektrik və dielektrik xassələrinin öyrənilməsinə həsr edilmişdir.

Şəkil 5-də MBK/FQ2-HbK-nın RFA tədqiqatlarının nəticələri verilmişdir.

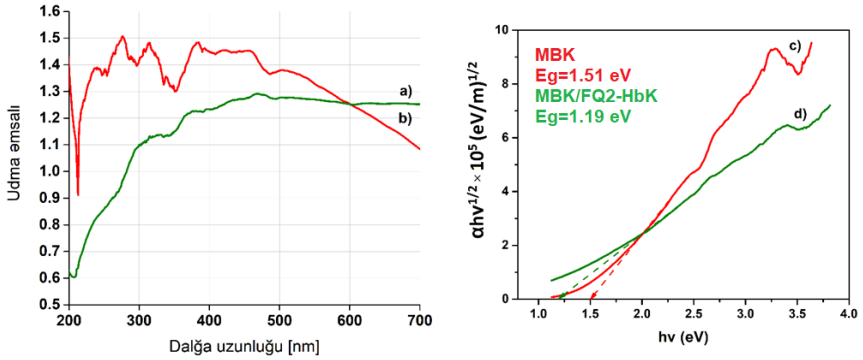


**Şəkil 5.** MBK/FQ2-HbK-nın difraktoqramı

MBK/FQ2-HbK-nın difraksiya spektrində kompozitin üzvi komponenti olan polimerə aid  $2\theta=25.32^\circ$  qiymətindən kiçik bucaqlar istiqamətində amorf fazaya uyğun olan difraksiya pikləri müşahidə olunur (Şəkil 5(a)). BK ilə birgə OXF reaksiyasından əvvəl və sonra (002) difraksiya piklərinin müqayisəsinə əsasən (Şəkil 5(b)), MBK/FQ2-HbK-nın tərkibində uyğun piklərin intensivliyi azdır. Bu FQ2-nin yenidən OXF reaksiyasına məruz qalması nəticəsində qrafen təbəqələrinin sayının daha da azalması və FQ2-nin polimer matrisində homogen disperslənməsi ilə əlaqəlidir. (002) pikinin  $2\theta$ -nın böyük qiymətlərinə tərəf sürüşməsi polimer makromolekullarının həm FQ2-nin təbəqələrarası boşluğuna nüfuz etməsi, həm də FQ2-nin ətrafında dolaşaraq nizamlı və sıx qablaşmış struktur formalaşdırması ilə əlaqədar ola bilər<sup>16\*</sup>.

MBK (a) və MBK/FQ2-HbK-nın (b) UB-gör. spektroskopiya nəticələri əsasında “Tauc” düsturundan istifadə etməklə optik qadağan zonanın eni (Şəkil 6) hesablanmışdır.

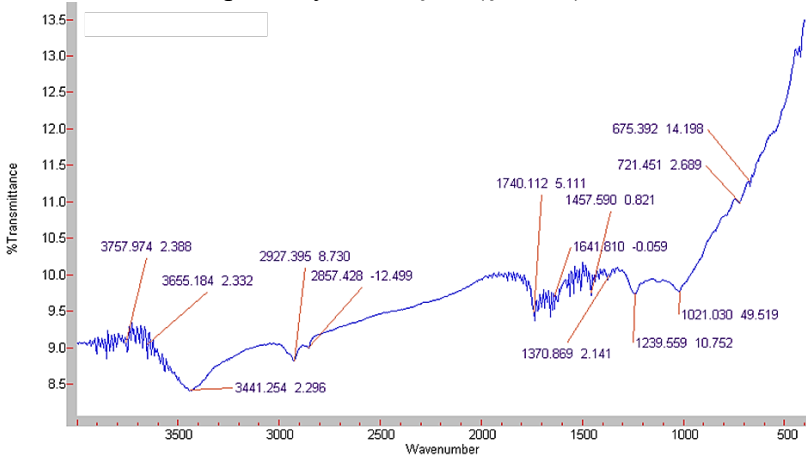
\* əsərlərin siyahısındakı sıra sayı



**Şəkil 6.** UB-gör. spektrlər: MBK/FQ2-HbK (a) və MBK (b); “Tauc” qrafikləri: MBK (c) və MBK/FQ2-HbK (d)

Göründüyü kimi, MBK/FQ2-HbK-nın optik qadağan zonasının eni MBK-dan kiçikdir. Bu nəticə göstərir ki, FQ2-nin əlavə edilməsilə qadağan zonanın daxilində formalaşan əlavə səviyyələr elektronların valent zonasından keçirici zonaya nəqlini asanlaşdırır<sup>16\*</sup>.

MBK/FQ2-HbK-nın İQ-spektrində əsas diqqət  $\sim 3441 \text{ sm}^{-1}$  (-OH qruplarının valent rəqsləri),  $\sim 2927$  və  $\sim 2857 \text{ sm}^{-1}$  (-P-OH qruplarının valent rəqsləri),  $\sim 1641 \text{ sm}^{-1}$  (FQ2-nin qrafen təbəqələrindəki C=C rabitələrinin valent rəqsləri),  $\sim 1239 \text{ sm}^{-1}$  (hidrogen rabitəsində olan P=O rabitələrinin valent rəqsləri) və  $\sim 1021 \text{ sm}^{-1}$  tezliklərdə müşahidə olunan udulma zolaqlarına yönəlmişdir (Şəkil 7).

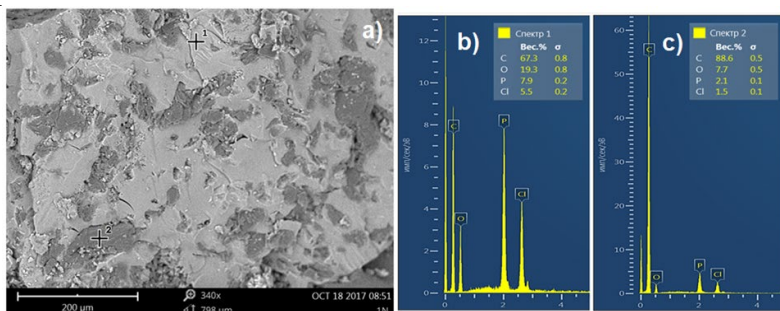


**Şəkil 7.** MBK/FQ2-HbK-nın İQ-spektri

\* əsərlərin siyahısındaki sıra sayı

C-O-P rabitələrinə uyğun olan  $\sim 1021 \text{ sm}^{-1}$  tezlikdəki udulma zolağı MBK/FQ2-HbK-nın  $-\text{P}(\text{O})(\text{OH})_2$  qruplarının əsas zəncirə oksigen vasitəsilə birləşdiyini göstərir.

MBK/FQ2-HbK SEM mikrotəsvirinə əsasən (Şəkil 8) MBK/FQ2-HbK bir-birində bərabər paylanmış iki heterogen mühitli hissədən ibarətdir. Açıq rəngli hissədə dispers mühit MBK, dispers faza isə FQ2-dir. Tünd rəngli hissədə isə dispers mühit FQ2, dispers faza MBK-dır. MBK/FQ2-HbK-nın mikrotəsvirində hər iki komponentin təmasında boşluq müşahidə olunmaması onlar arasında yaxşı adgeziya qüvvələrinin olduğunu göstərir. EDS spektrlərində tünd və açıq rəngli hissələrdə karbon, oksigen, fosfor və xlor elementləri təyin olunmuşdur. Nəticələrə görə bu hissələrdə elementlərin miqdarı fərqlidir.



**Şəkil 8.** MBK/FQ2-HbK-nın SEM mikrotəsviri (a); açıq (b) və tünd (c) rəngli hissələrin EDS spektrləri

MBK/FQ2-HbK-nın sintezinin ehtimal olunan mexanizmini öyrənmək üçün reaksiya mühitindəki maddələr (BK, FQ<sub>2</sub>, PCl<sub>3</sub> və O<sub>2</sub>) arasında baş verə biləcək reaksiyalar nəzərdən keçirilmişdir:

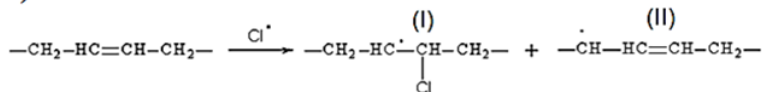
*Sxem 1(a)*–BK-nın OXF reaksiyası sərbəst radikal mexanizmi ilə baş verir, PCl<sub>3</sub> və O<sub>2</sub>-nin reaksiyası nəticəsində formalaşan atomar xlor radikallarının BK makromolekullarına təsiri nəticəsində başlayır, nəticədə xlor saxlayan (I) və sərbəst makroradikallar (II) formalaşır<sup>f</sup>;

*Sxem 1(b)*–ehtimal olunur ki, BK və FQ<sub>2</sub>-nin birgə OXF reaksiyasında FQ<sub>2</sub>-nin qrafen təbəqələrinin kənar səthlərindəki

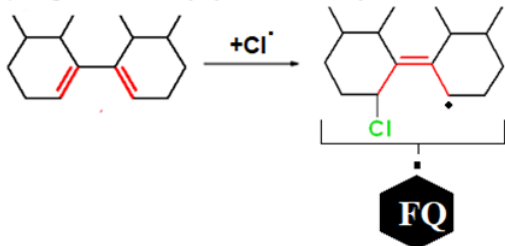
<sup>f</sup> Alosmanov, R.M. Divinil kauçukunun oksidləşmə xlorfosforlaşma reaksiyasının və alınan modifikatlarla sorbsiya proseslərinin qanunauyğunluqları: / kimya elmləri doktoru dis. / -Bakı, 2013. - 304 s.

reaksiyaya daxil olmayan aktiv mərkəzlərə yenidən xlor radikalları təsir edə bilər<sup>16\*</sup>;

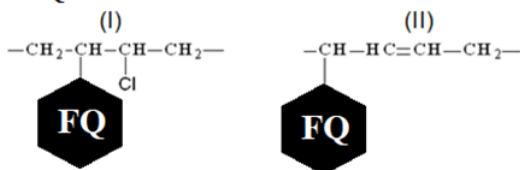
**a) Xlor radikallarının BK makromolekuluna təsiri**



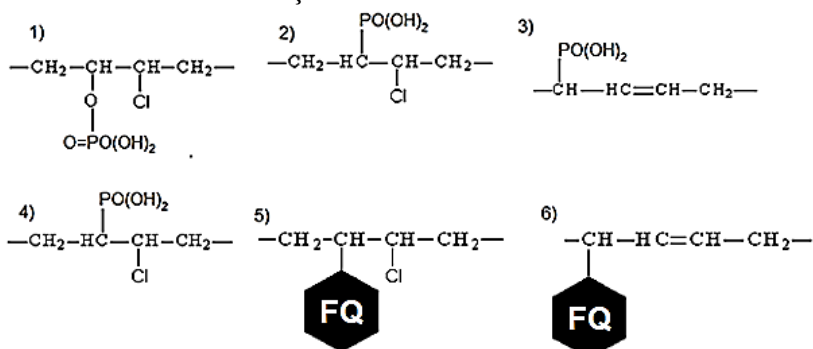
**b) FQ2-nin reaksiyaya daxil olmayan kənar səthlərinə xlor radikallarının təsiri**



**c) MBK/FQ2-HbK-nin makromolekulu**



**Sxem 1.** MBK/FQ2-HbK-nin sintezinin ehtimal olunan mexanizmi  
*Sxem 1(c)*–MBK/FQ2-HbK-nin sintezi zamanı, *Sxem 1(a)*-da göstərilmiş xlor saxlayan makroradikallarla (I) (və ya sərbəst (II) makroradikallar) *Sxem 1(b)*-də göstərilmiş radikallar qarşılıqlı təsirdə ola bilər. Nəticədə *Sxem 1(c)*-də əks edilmiş elementar tərkib vahidli makromolekullar formalaşa bilər<sup>16\*</sup>.



**Şəkil 9.** MBK/FQ2-HbK-nin elementar tərkib vahidləri

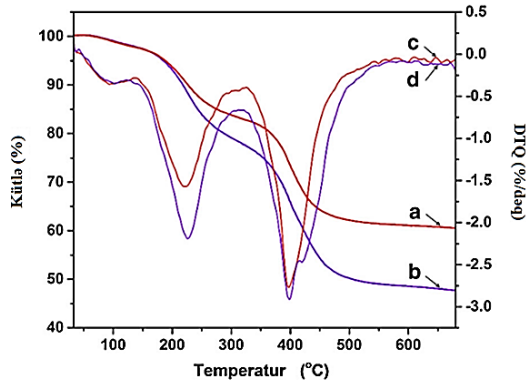
\* əsərlərin siyahısındakı sıra sayı



Alınmış məhsulun hidroliz reaksiyasından sonra sintez edilmiş MBK/FQ2-HbK, Şəkil 9-da göstərilmiş elementar tərkib vahidlərindən təşkil olunabilir<sup>16\*</sup>:

MBK/FQ2/HBK-nın termiki xassələrinin tədqiqindən alınmış nəticələr Şəkil 10-da verilmişdir. MBK/FQ2-HbK (a) və MBK-nın (b) TQ ayrılmasının müqayisəsinə əsasən, FQ2-nin polimerə əlavə edilməsi ilə polimerin termiki sabilliyi artmışdır (Şəkil 10). Belə ki, inert (arqon atmosferi) mühitdə 33°C-dən 680°C temperatura qədər qızdırdıqda MBK kütləsinin 52.3%-ni, MBK/FQ2-HbK isə 39.5%-ni itirir. MBK/FQ2-HbK-nın aşağı kütlə itkisi FQ2 və polimer matrisi arasında homogen strukturun əmələ gəlməsi ilə bağlı ola bilər<sup>16\*</sup>.

Şəkil 10-da göstərilmiş differensial termoqrametriya (DTQ) ayrılmasına əsasən demək olar ki, MBK/FQ2-HbK (c) və MBK-nın (d) termiki parçalanması üç mərhələdən ibarətdir. MBK/FQ2-HbK-nın termiki parçalanmasının kütlə itkisinin birinci mərhələsi fiziki sorbsiya olunmuş suyun ayrılması (33-139°C), ikinci mərhələsi fosfon və fosfat funksional qruplarının çevrilməsi (139-325°C), üçüncü mərhələsi isə yan funksional qrupların polimer zəncirindən ayrılması və təsadüfi depolimerləşməyə uyğundur (325-680°C)<sup>16\*</sup>.



**Şəkil 10.** TQ ayrılırları: MBK/FQ2-HbK (a) və MBK (b); DTQ ayrılırları: MBK/FQ2-HbK (c) və MBK (d)

MBK və MBK/FQ2-HbK-nın şüşələşmə ( $T_s$ ), ərimə ( $T_a$ ) və kristallaşma temperaturu ( $T_k$ ) parametrləri DSK metodu ilə təyin edilmişdir (Cədvəl 1). MBK/FQ2-HbK-nın  $T_s$  parametrlərinin

\* əsərlərin siyahısındakı sıra sayı

qiymətinin MBK-dan kiçik olması FQ2-nin polimer matrisində plastifikator rolunu oynaması və MBK/FQ2-HbK-nın MBK-ya nisbətən daha hiqroskopik (funksional qrupların miqdarı çox olduğundan) olması ilə də əlaqədar ola bilər<sup>16\*</sup>. Çünki fiziki sorbsiya olunmuş suyun desorbsiyasına aid termiki destruksiyanın birinci mərhələsində MBK/FQ2-HbK-nın (2.27%) kütlə itkisi MBK-dan (1.81%) çox olmuşdur. T<sub>s</sub> və T<sub>k</sub>-nin qiymətlərinə əsasən, MBK və MBK/FQ2-HbK-nın bu parametrləri demək olar ki, bir-birinə bərabərdir.

**Cədvəl 1.** DSK termoqramından alınmış parametrlər

Nümunə	T <sub>s</sub> (°C)	T <sub>k</sub> (°C)	T <sub>a</sub> (°C)
MBK	212.3	231.7	400.6
MBK/FQ2-HbK	186.6	229.0	400.3

Sintez edilmiş nümunələrin elektrik xassələrinin öyrənilməsi üçün MBK, MBK/FQ2-HbK, MBK və FQ2-nin mexaniki qarışığının polivinil spirti (PVS) istifadə etməklə nazik pylonkaları hazırlanmışdır. Uyğun olaraq pylonkalar PVS+MBK, PVS+MBK/FQ2-HbK və PVS+MBK və FQ2 (mex. qar.) adlandırılmışdır. Pylonkaların otaq temperaturunda tezliyin  $f=0.01 \cdot 10^5 \div 10 \cdot 10^5$  Hs intervalında elektrik müqaviməti (R, Om) təyin edilmiş, (4) düsturuna əsasən onların xüsusi müqaviməti və sonra (5) düsturu ilə elektrik keçiriciliyi hesablanmışdır:

$$\rho = \frac{R \cdot A}{d} \quad (4) \quad \sigma = \frac{1}{\rho} \quad (5)$$

burada A-elektrodun sahəsi (m<sup>2</sup>), d-təbəqənin qalınlığı (m),  $\sigma$ -elektrik keçiriciliyidir (Om·m)<sup>-1</sup>

Müəyyən olunmuşdur ki, tezliyin bütün qiymətlərində PVS+MBK/FQ2-HbK-nın elektrik keçiriciliyi PVS+MBK-dan çoxdur. Belə ki, PVS+MBK/FQ2-HbK üçün tezliyin ən aşağı qiymətində (0.01·10<sup>5</sup> Hs) elektrik keçiriciliyi 1.19·10<sup>-6</sup> (Om·m)<sup>-1</sup> və ən yüksək qiymətində (10·10<sup>5</sup> Hs) isə 2.27·10<sup>-3</sup> (Om·m)<sup>-1</sup>-ə bərabərdir. Bu nəticələr PVS+MBK üçün müəyyən edilmiş elektrik keçiriciliyindən çoxdur (0.01·10<sup>5</sup> Hs-də 5.4·10<sup>-7</sup> (Om·m)<sup>-1</sup> və 10·10<sup>5</sup> Hs-də 1.04·10<sup>-3</sup> (Om·m)<sup>-1</sup>-ə bərabərdir). Elektrik xassələrin

\* əsərlərin siyahısındakı sıra sayı

yaxşılaşması hibrid kompozitin sintezi zamanı bir-birinə nüfuz edən komponentli strukturun (bütün istiqamətlərdə bütün fazaların fasiləsizliyi) formalaşmasını göstərir (Şəkil 8(a)).

Hibrid kompozitlərdə, adətən, komponentlərin sadə qarışığından fərqli olaraq yaxşılaşmış xassələrin müşahidə edilməsi müsbət sinergetik effekti göstərir. PVS+MBK və FQ2 (mex. qar.) plyonkasının elektrik keçiriciliyi tezliyin  $0.01 \cdot 10^5 \div 10 \cdot 10^5$  Hs intervalında PVS+MBK/FQ2-HbK və PVS+MBK-nın elektrik keçiriciliyindən azdır. PVS+MBK və FQ2 (mex. qar.) plyonkası üçün tezliyin ən aşağı qiymətində ( $0.01 \cdot 10^5$  Hs) elektrik keçiriciliyi  $4.5 \cdot 10^{-7} (\text{Om} \cdot \text{m})^{-1}$  və ən yüksək qiymətində ( $10 \cdot 10^5$  Hs) isə  $7.1 \cdot 10^{-4} (\text{Om} \cdot \text{m})^{-1}$ -ə bərabərdir. Bu nəticələr onu göstərir ki, mexaniki yolla qarışdırılmış FQ2 və MBK komponentləri PVS plyonkasının elektrik keçiriciliyinə demək olar ki, təsir etmir.

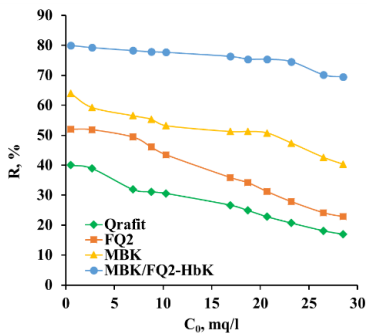
**Bəşinci fəsilə** MBK/FQ2-HbK ilə Akridin sarı boyaq maddəsinin (ASBM) sulu məhlullardan sorbsiyasının qanunauyğunluqları öyrənilmiş və MBK/FQ2-HbK-nın antipiren kimi sınağı aparılmışdır.

ASBM-nin məhluldakı qatılığı 444 nm dalğa uzunluğundakı optiki sıxlıqların qiymətləri əsasında qurulmuş dərəcəli qrafikindən istifadə etməklə təyin olunmuşdur. Nümunələrin statik sorbsiya tutumu ( $Q_{\text{tar.}}$ ) və sorbsiya dərəcəsi (R%) aşağıdakı düsturlarla hesablanmışdır:

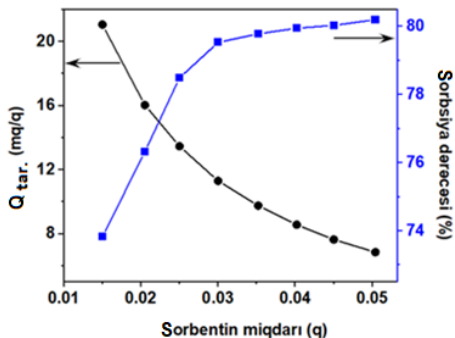
$$Q_{\text{tar.}} = \frac{(C_0 - C_{\text{tar.}}) \times V}{m} \quad (6) \quad R(\%) = \frac{(C_0 - C_{\text{tar.}})}{C_{\text{tar.}}} \times 100\% \quad (7)$$

burada  $C_0$  və  $C_{\text{tar.}}$ -ASBM-in başlanğıc və tarazlıq qatılığı (mq/l); V- boyaq maddəsi məhlulun həcmi (l); m-kompozitin miqdarıdır (q).

Qrafit, FQ2, MBK və MBK/FQ2-HbK ilə  $0.5 \div 28.5$  mq/l ilkin qatılıqlı ASBM-in sorbsiyası 24 saat müddətində statik şəraitdə aparılmış və alınmış nəticələrə əsasən sorbsiyaya boyaq maddəsinin ilkin qatılığının təsiri öyrənilmişdir. ASBM-in ilkin qatılığı 0.5 mq/l-dən 28.5 mq/l-ə qədər artdıqda sorbsiya dərəcəsi qrafit üçün 40%-dən 16.9%-ə, FQ2 üçün 52%-dən 22.8%-ə, MBK üçün 64%-dən 40.4%-ə, MBK/FQ2-HbK üçün isə 80%-dən 69.5%-ə qədər azalır (Şəkil 11). Bu, ASBM-in bütün nümunələrlə sorbsiyasında ilkin qatılığın mühüm rol oynadığını göstərir.



**Şəkil 11.** Sorbsiyaya ASBM-in ilkin qatılığının təsiri



**Şəkil 12.** Sorbsiyaya MBK/FQ2-HbK-nın miqdarının təsiri

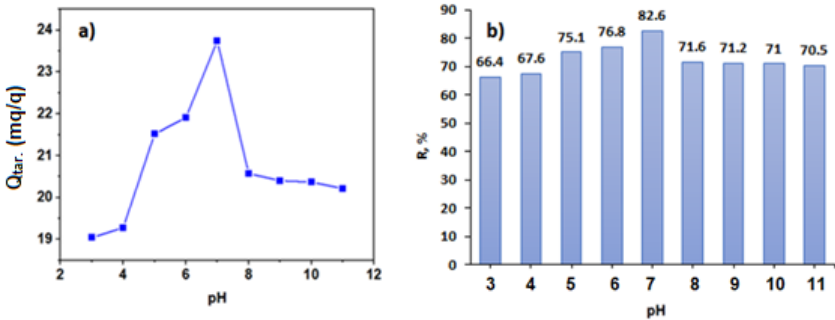
MBK/FQ2-HbK-nın miqdarının sorbsiyaya təsirini öyrənmək üçün 0.015÷0.050 q aralığında MBK/FQ2-HbK ilə başlangıç qatılığı 28.7 mq/l olan (0.015 l) ASBM məhlulundan (pH=6.8) 24 saat müddətində boyaq maddəsinin statik şəraitdə sorbsiyası aparılmışdır. Nəticələrə əsasən, MBK/FQ2-HbK-nın miqdarı 0.015 q-dan 0.05 q-a artıqda onun  $Q_{tar.}$  parametrisinin qiyməti 21.05 mq/q-dan 5.68 mq/q-a kimi azalır (Şəkil 12). Bu, MBK/FQ2-HbK-nın miqdarının artması ilə kompozitin səthində olan sorbsiya mərkəzlərinin üst-üstə düşməsi və ya birləşməsi nəticəsində mövcud olan ümumi sorbsiya səthinin azalmasını göstərir. Digər tərəfdən, MBK/FQ2-HbK-nın miqdarının 0.015 q-dan 0.03 q-a qədər artması ilə sorbsiya dərəcəsi 73.82%-dən 79.53%-ə qədər artır. Kompozitin miqdarının 0.03 q-dan 0.05 q-a qədər sonrakı artımı sorbsiya dərəcəsinin dəyişməsinə nəzərəcarpacaq dərəcədə təsir etmir<sup>21\*</sup>.

Sorbsiyaya temperatur və sorbsiya müddətinin təsiri 298 K, 308 K və 323 K temperaturlarda aşağıdakı şəraitlərdə tədqiq edilmişdir:  $C_0=28.7$  mq/l;  $V=0.05$  l;  $m=0.05$  q; pH=6.8; qarışdırma sürəti=100 dövr/dəq. və  $t=180$  dəq. Alınmış nəticələrə əsasən MBK/FQ2-HbK üçün  $Q_{tar.}$  parametrisinin qiyməti 180 dəqiqədə  $T=298$  K olduqda 23.851 mq/q,  $T=308$ K olduqda 24.313 mq/q,  $T=323$ K olduqda isə 24.514 mq/q olmuşdur. MBK/FQ2-HbK-nın sorbsiya dərəcəsi də temperaturun artması ilə artmış,  $T=298$  K olduqda  $R=84.2\%$ ,  $T=308$  K olduqda  $R=85.9\%$ ,  $T=323$  K olduqda isə  $R=86.6\%$  qiymətləri

\* əsərlərin siyahısındakı sıra sayı

almışdır. 298 K temperaturda tarazlıq 55 dəq., 308 K temperaturda 45 dəq., 323 K temperaturda isə 35 dəq. müddətində müşahidə olunmuşdur. Beləliklə, temperaturun artması ilə sistemdə tarazlıq daha tez yaranır<sup>21\*</sup>.

Sorbsiyaya mühitin pH-nın təsiri öyrənilmiş (pH=3÷11; C<sub>0</sub>=28.7 mq/l; V=0.015 l; m=0.015 q) və alınmış nəticələr kompozitin və ASBM-in kimyəvi quruluşunu nəzərə almaqla izah edilmişdir. Göründüyü kimi, pH-ın 3-dən 6-ya qədər artması ilə Q<sub>tar.</sub> parametri yüksəlmişdir (Şəkil 13). pH-ın 7 qiymətində isə maksimum olmuşdur: 23.7 mq/q. pH-ın 8-dən 11-ə kimi artımı ilə Q<sub>tar.</sub> parametrinin qiyməti azalmışdır.



**Şəkil 13.** Sorbsiyaya mühitin pH göstəricisinin təsiri

Bu nəticə aşağıdakı kimi izah edilə bilər:

- 2-8 pH aralığında, ASBM məhlulda kation şəklində (protonlaşmış azot atomu heterotsiklə yerləşir) mövcud olur<sup>§</sup>;
- MBK/FQ2-HbK fosfon (-PO(OH)<sub>2</sub>) və fosfat (-OPO(OH)<sub>2</sub>) turşu qruplarına malikdir. Orta dərəcəli turşu mühitlərdə oksigen tərkibli funksional qrupların mənfi yükləri protonlaşma hesabına neytrallaşır. Nəticədə müsbət yüklənmiş boyaq maddəsi molekullarının bu şəraitlərdə MBK/FQ2-HbK tərəfindən sorbsiyası çətinləşə bilər. 3-6 pH qiymətlərində baş verən sorbsiya kompozit və ASBM arasında hidrogen rabitələrinin yaranması ilə izah edilə bilər;
- pH-ın 8-dən 11-ə qədər artması ilə Q<sub>tar.</sub> parametrinin qiymətinin azalması sorbsiyanın yalnız elektrostatik qüvvələr hesabına deyil, həm

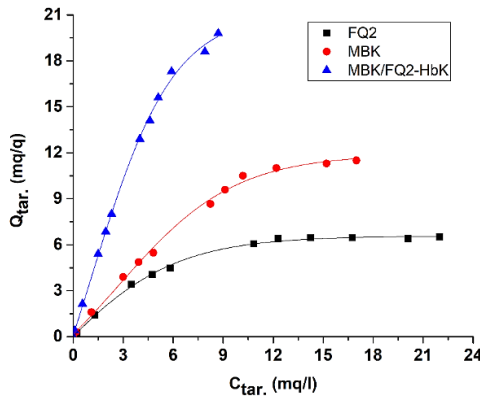
\*əmərlərin siyahısındakı sıra sayı

<sup>§</sup> Vlasova, N., Golovkova, L., Stukalina, N. Adsorption complexes of acridine diaminderivatives on silica surface // Colloid Journal, -2012. Vol.74, - p.25-34

də digər fiziki qarşılıqlı təsirlər nəticəsində meydana gəldiyini göstərir. Həmçinin əsasi mühitlərdə kompozit səthinin protonlaşma dərəcəsinin azalması və pH-ın 8-dən yuxarı qiymətlərində ASBM-in həm amin qruplarında, həm də heterotsikldəki azot atomunda protonlaşma baş vermədiyindən kompozit və ASBM arasında elektrostatik qarşılıqlı təsir və hidrogen rabitəsi yaranmaması aşağı sorbsiyaya səbəb ola bilər. Bundan başqa pH=8-11 olduqda mühitdəki artıq  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{NH}_4\text{OH}$  və  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  bufer məhlullarının suda dissosiasiyasından əmələ gələn) ionları da mənfi yüklənmiş kompozit səthi ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq sorbsiyaya mane ola bilər;

– Neytral şəraitdə (pH=7) qismən mənfi yüklənmiş və neytral kompozit səthi ilə müsbət yüklənmiş boyaq maddəsi molekulları arasında həm elektrostatik qarşılıqlı təsir, həm də hidrogen rabitəsi yarana bilər<sup>21\*</sup>.

ASBM-in FQ2, MBK və MBK/FQ2-HbK ilə sorbsiyasının eksperimental izotermləri Şəkil 14-də verilmişdir. Göründüyü kimi, müşahidə olunan izotermlər “Giles” təsnifatına uyğun olaraq L tipli izotermlərə aiddir. Sorbsiya izotermlərinə əsasən bütün nümunələr məhdud sayda aktiv mərkəzlərə malikdir və müəyyən bir qatılıqda aktiv mərkəzlər nisbətən doymuş olur. Göründüyü kimi FQ2 qrafitlə müqayisədə, MBK/FQ2-HbK isə təşkil olunduğu komponentlər, yəni MBK və FQ2 ilə müqayisədə yaxşılaşmış sorbsiya xassələrinə malikdir<sup>21\*</sup>.



Şəkil 14. ASBM-in sorbsiya izotermləri

\* əsərlərin siyahısındakı sıra sayı

Sorbsiyanın izotermi “Langmuir”, “Freundlich” və “Dubinin-Radushkevich” (D-R) ikiparametrlı və “Sips” üçparametrlı izoterm modelləri ilə işlənmişdir. Bu modellərin parametrlərinin hesablanmış qiymətləri Cədvəl 2-də verilmişdir.

**Cədvəl 2.** ASBM-in sorbsiyanının izoterm sabitləri

Parametr	FQ2	MBK	MBK/FQ2-HbK
“Langmuir”			
$Q_{max}$	8.7	21.3	47.8
$Q_{max}$ (təcrübi)	6.51	11.5	19.8
$K_L$	0.17	0.08	0.09
$R_L$	0.92÷0.17	0.96÷0.30	0.96÷0.28
$R^2$	0.98	0.95	0.95
“Freundlich”			
1/n	0.699	0.812	0.887
n	1.431	1.232	1.127
$K_F$ , mq/q	1.032	1.455	3.491
$R^2$	0.94	0.99	0.99
D-R			
$Q_{D-R}$	5.077	7.309	11.591
$K_{D-R}$	2·10 <sup>-7</sup>	2·10 <sup>-7</sup>	1·10 <sup>-7</sup>
E, kC/mol	1.581	1.581	2.236
$R^2$	0.86	0.78	0.81
“Sips”			
$Q_S$	7.3	14.5	27.8
$a_S$	0.15	0.07	0.14
1/ $n_S$	1.42	1.47	1.33
$n_S$	0.70	0.68	0.75
$R^2$	0.99	0.98	0.99

Göründüyü kimi, ASBM-in FQ2 ilə sorbsiyanı MBK və MBK/FQ2-HbK ilə müqayisədə “Langmuir” izoterm modeli ilə daha yaxşı təsvir olunur. Bu FQ2-nin səthinin MBK və MBK/FQ2-HbK-dan daha çox homogen olmasını göstərir. Habelə, bütün nümunələr üçün hesablanmış  $R_L$  parametrlərinin qiyməti 0-dan böyük və 1-dən kiçikdir ki, bu da FQ2, MBK və MBK/FQ2-HbK-nın ASBM-in sorbsiyanı üçün əlverişli olduğunu göstərir. MBK və MBK/FQ2-HbK üçün

“Langmuir” izoterm modelinin kiçik korrelyasiya əmsalı ( $R^2=0,95$ ) göstərir ki, bu model ASBM-nin MBK və MBK/FQ2-HbK ilə sorbsiyasını tam izah etmək üçün kifayət deyil.

ASBM-in MBK və MBK/FQ2-HbK ilə sorbsiyası, FQ2 ilə müqayisədə “Freundlich” izoterm modeli ilə daha yaxşı təsvir olunmuşdur (Cədvəl 2). Bütün nümunələr üçün  $1/n$  parametrinin qiymətinin 1-dən kiçik olması FQ2, MBK və MBK/FQ2-HbK-nın ASBM üçün əlverişli sorbent olduğunu göstərir.  $K_F$  parametrinin qiyməti MBK/FQ2-HbK (3.491 mq/q) üçün MBK (1.455 mq/q) ilə müqayisədə daha yüksəkdir. Bu nəticə göstərir ki, FQ2-nin polimerə əlavə edilməsilə material səthinin nahamarlığı və səth sahəsinin artması baş verir və ASBM-in sorbsiyası üçün MBK/FQ2-HbK daha çox aktiv mərkəzlərə malikdir.

D-R izoterm modelindən FQ2, MBK və MBK/FQ2-HbK üçün hesablanmış  $E$  parametri 8 kC/mol-dan kiçik qiymətlər alır (uyğun olaraq 1.581 kC/mol, 1.581 kC/mol və 2.236 kC/mol) və bu ASBM-in qeyd olunmuş nümunələrlə sorbsiyasında fiziki proseslərin üstün olduğunu göstərir. Lakin korrelyasiya əmsalının kiçik qiymətləri bu modelin sorbsiya proseslərinin hərətərəfli izah edilməsində əlverişli olmadığını göstərir (Cədvəl 2).

Bütün nümunələrlə ASBM-in sorbsiyası “Sips” izoterm modeli ilə yaxşı təsvir olunmuşdur (Cədvəl 2). FQ2, MBK və MBK/FQ2-HbK üçün hesablanmış  $Q_s$  qiymətləri təcrübi nəticələrə yaxındır və “Langmuir” izoterm modelindən hesablanmış  $Q_{max}$ -dan kiçikdir. “Sips” izoterm modelinin korrelyasiya əmsallarının “Langmuir” izoterm modelinin korrelyasiya əmsallarından böyük olması “Sips” tənliyindən əldə edilən sorbsiya tutumu qiymətlərinin “Langmuir” tənliyindən daha real olmasını göstərir. ASBM-in FQ2, MBK və MBK/FQ2-HbK ilə sorbsiyasının “Sips” izoterm modelindən hesablanmış  $a_s$  parametrlərinin qiymətinin 0-a yaxın olması nəticəsində bu model “Freundlich” tənliyinə çevrilir.

MBK/FQ2-HbK ilə ASBM-in sorbsiyasının kinetikasi psevdobirinci və psevdodikinci tərtib kinetik modellərlə öyrənilmişdir. Bu kinetik modellərin tətbiqi ilə hesablanmış parametrlərin qiymətlərindən görüldüyü kimi (Cədvəl 3), psevdodikinci tərtib kinetik model üçün hesablanmış korrelyasiya əmsalları ( $R^2$ ) yüksəkdir



və psevdo-ikinci tərtib kinetik modeldən hesablanan  $Q_{tar}$  parametrlərinin qiymətləri  $Q_{tar}$  (təcrübi) nəticələrə nisbətən yaxındır.

**Cədvəl 3.** ASBM-in sorbsiyasının kinetik parametrləri

T, K	$Q_{tar}$ (təcrübi)	Psevdo-birinci tərtib			Psevdo-ikinci tərtib		
		$k_1$	$Q_{tar}$	$R^2$	$k_2$	$Q_{tar}$	$R^2$
298	23.803	0.054	22.4	0.88	0.002	28.902	0.98
308	24.246	0.0431	6.8	0.84	0.009	25.510	0.99
323	24.505	0.0428	2.8	0.93	0.038	24.691	1

ASBM-in MBK/FQ2-HbK ilə sorbsiyasının psevdo-ikinci tərtib kinetik modelə daha yaxşı təsvir olunması sorbsiya zamanı sorbat və kompozit arasında kimyəvi proseslərin getdiyini göstərir<sup>21\*</sup>.

ASBM-in MBK/FQ2-HbK ilə sorbsiyasının  $\Delta H^\circ$  və  $\Delta S^\circ$  termodinamik parametrləri  $\ln K_p$  və  $1/T$  asılılığından düstur (8) və  $\Delta G^\circ$  parametri isə düstur (9) vasitəsilə hesablanmışdır:

$$\ln K_p = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT} \quad (8) \quad \Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \quad (9)$$

burada  $K_p$ -paylanma əmsalındır ( $l/q$ ) və  $K_p = Q_{tar}/C_{tar}$  düsturu ilə hesablanır,  $R$ -universal qaz sabiti ( $8.314 \text{ C/mol}\cdot\text{K}$ ) və  $T$ -temperaturdur (K).

Alınmış nəticələrə əsasən 298K-323K temperatur aralığında  $\Delta G^\circ$  mənfi qiymətlər almışdır ki, bu da sorbsiyanın mümkünlüyünü və spontanlığını göstərir (Cədvəl 4).

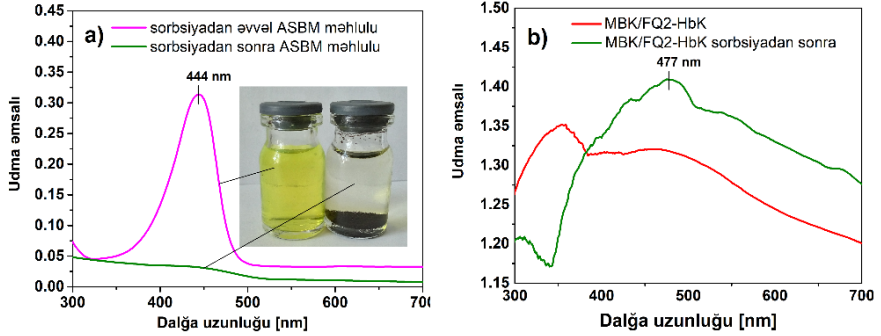
**Cədvəl 4.** Sorbsiyasının  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta S^\circ$  və  $\Delta G^\circ$  parametrləri

T (K)	$K_p$	$\Delta S^\circ$ (C/mol·K)	$\Delta H^\circ$ (kC/mol)	$R^2$	$\Delta G^\circ$ (kC/mol)
298	5.34	+33.78	+5.87	0.91	-4.196
308	6.08				-4.534
323	6.45				-5.041

Temperatur artımı ilə  $\Delta G^\circ$  parametrlərinin -4.196 kC/mol-dan -5.041 kC/mol-a qədər dəyişməsi sorbsiya prosesinin nisbətən yüksək temperaturalarda daha spontan olduğunu göstərir.  $\Delta S^\circ$  parametrlərinin müsbət qiyməti (+33.78 C/mol·K) sorbsiya və sonrakı desorbsiya ilə əlaqədar bərk maddə/məhlul sərhəddində nizamsızlığın artmasını göstərir<sup>21\*</sup>.

\*əməllərin siyahısındakı sıra sayı

ASBM-in sorbsiyasından əvvəl və sonra MBK/FQ2-HbK-nın UB-gör. spektrləri Şəkil 15 (b)-də verilmişdir.



**Şəkil 15.** Sorbsiyadan əvvəl və sonra UB-gör. spektrlər: ASBM məhlulu (a); MBK/FQ2-HbK (b)

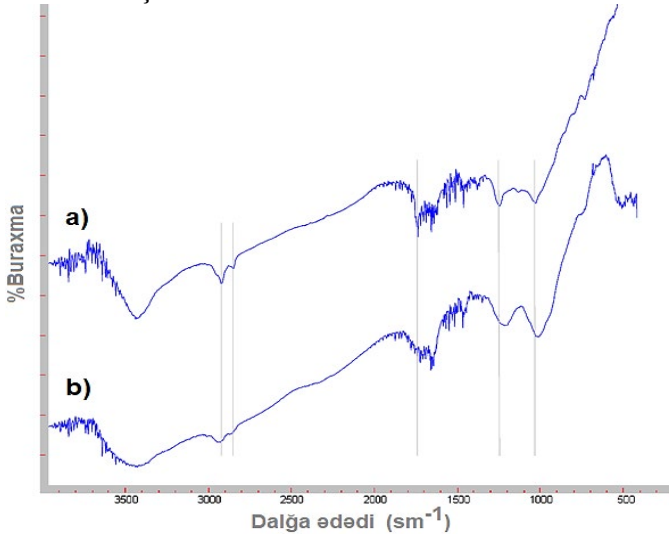
Göründüyü kimi, ASBM-ə uyğun absorbsiya pikləri (Şəkil 15 (a)) MBK/FQ2-HbK-nin səthində daha uzun dalğa uzunluğuna tərəf sürüşərək 444 nm-də deyil, 477 nm-də müşahidə edilmişdir (Şəkil 15 (b)). Bu, kation tipli boyaq maddəsi molekulaları ilə kompozitin fosfortərkibli turşu qrupları arasında elektrostatik qarşılıqlı təsirlərin əmələ gəlməsi ilə əlaqədar ola bilər<sup>21\*</sup>.

Şəkil 16-da MBK/FQ2-HbK-nın sorbsiyadan əvvəl və sonra İQ spektrləri verilmişdir. Göründüyü kimi, sorbsiyadan əvvəl və sonra MBK/FQ2-HbK-nın İQ-spektrində eyni tezliklərdə eyni udulma zolaqları müşahidə olunmuş, lakin sorbsiyadan sonra  $\sim 2927 \text{ sm}^{-1}$ ,  $\sim 2857 \text{ sm}^{-1}$  və  $\sim 1740 \text{ sm}^{-1}$  tezliklərdəki udulma zolaqlarının intensivliyi azalmışdır. Bu nəticə sorbsiya nəticəsində MBK/FQ2-HbK-nın səthində geniş ASBM molekulaları örtüyünün yaranması və boyaq maddəsi molekulalarının MBK/FQ2-HbK-nın funksional qruplarının üzərini örtməsi ilə əlaqədar ola bilər<sup>21\*</sup>.

MBK/FQ2-HbK-nın sorbsiyadan əvvəl İQ-spektrində müşahidə olunan  $\sim 1239 \text{ sm}^{-1}$  və  $\sim 1021 \text{ sm}^{-1}$  tezliklərdəki udulma zolaqlarının kiçik tezliklərə (uyğun olaraq  $\sim 1186 \text{ sm}^{-1}$  və  $\sim 995 \text{ sm}^{-1}$ ) sürüşməsi müşahidə edilmişdir. Bu, ASBM-in heterotsikldə yerləşən protonlaşmış azot atomu və MBK/FQ2-HbK-nın fosfortərkibli

\* əsərlərin siyahısındakı sıra sayı

funksional qrupları arasında elektrostatik qarşılıqlı təsir qüvvəsinin əmələ gəlməsilə baş verə bilər<sup>21\*</sup>.



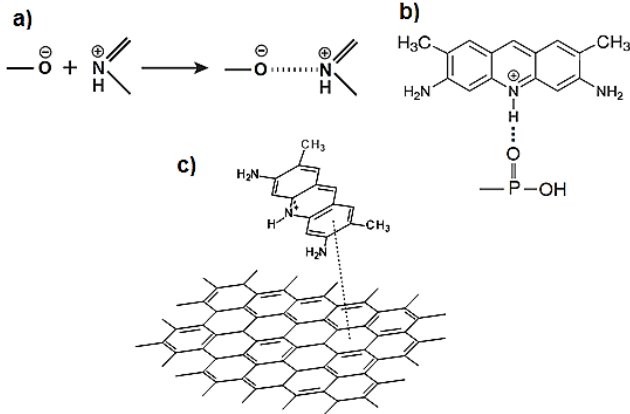
**Şəkil 16.** MBK/FQ2-HbK-nın sorbsiyadan əvvəl (a) və sonra (b) İQ-spektrləri

Sorbsiyanın mexanizmini izah edərkən MBK/FQ-HBK ilə ASBM-in sorbsiyası zamanı aşağıdakı qarşılıqlı təsirlərin yaranma bilməsi nəzərə alınmalıdır (Şəkil 17): a) MBK/FQ2-HbK-nın mənfi yüklənmiş fosfortərkibli funksional qrupları və müsbət yüklü ASBM molekulları arasında yaranan elektrostatik qarşılıqlı təsir; b) hidrogen rabitəsi; c) ASBM-in aromatik həlqələri və MBK/FQ2-HbK qeyri-üzvi komponentinin (FQ2) qrafen təbəqələrindəki aromatik həlqələr arasında yaranan  $\pi$ - $\pi$  qarşılıqlı təsir.

Yuxarıda qeyd olunanlara əsasən demək olar ki, ASBM qrafitlə yalnız qrafen təbəqələrindəki poliaromatik həlqələr hesabına  $\pi$ - $\pi$  qarşılıqlı təsirlər, FQ2 ilə isə  $\pi$ - $\pi$  qarşılıqlı təsirlərdən əlavə olaraq, fosfon turşu qruplarının hesabına həm hidrogen rabitəsi, həm də elektrostatik qarşılıqlı təsirlərlə əlaqələndə bilər. MBK və MBK/FQ2-HbK eyni funksional qruplara (fosfon və fosfat) malik olduğu üçün bu nümunələrlə ASBM-in sorbsiyası həm hidrogen rabitəsi, həm də elektrostatik qarşılıqlı təsirlər hesabına baş verir. MBK/FQ2-HbK ilə

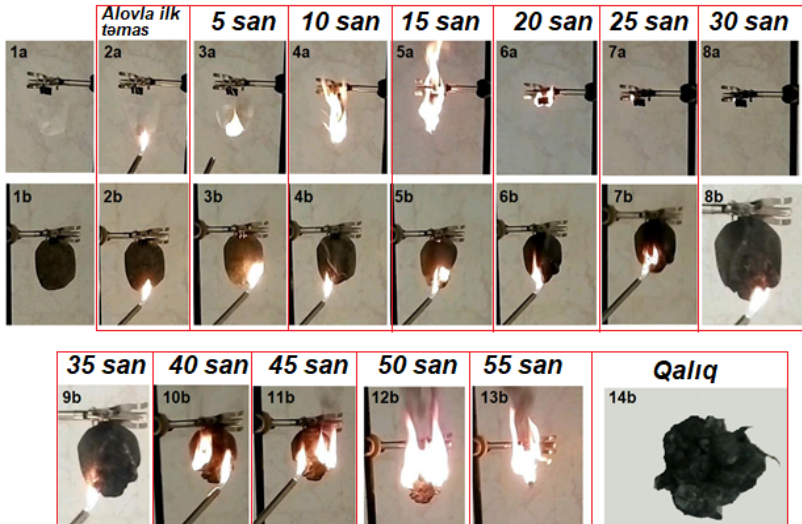
\*əsərlərin siyahısındakı sıra sayı

ASBM-in sorbsiyasında əlavə olaraq  $\pi$ - $\pi$  qarşılıqlı təsirlər iştirak etdiyi üçün bu nümunə daha yüksək sorbsiya tutumuna (Cədvəl 2) malik olmuşdur.



**Şəkil 17.** MBK/FQ2-HbK ilə ASBM-in sorbsiya mexanizminin sxematik təsviri

Şəkil 18-də MBK/FQ2-HbK-nın antipiren kimi sınağına aid aparılmış təcrübə işlər verilmişdir.



**Şəkil 18.** PVS+MBK/FQ2-HbK və PVS plyonkasının yanmasının müqayisəsi

Qatqısız PVS və MBK/FQ2-HbK əlavə edilmiş PVS (PVS+MBK/FQ2-Hb) plyonkalarının açıq havada zamandan asılı

olaraq yanması müqayisə olunmuşdur. Şəkil 18 (1a) PVS plyonkasını, (2a) isə PVS plyonkasının alovla ilk təması, Şəkil 18 (1b) PVS+MBK/FQ2-HbK plyonkasını, (2b) isə PVS+MBK/FQ2-HbK plyonkasının alovla ilk təması əks etdirir.

PVS plyonkası alışıqdan sonra alov mənbəyi kənarlaşdırılmış və plyonkanın müəyyən zaman fasiləsində yanması müşahidə edilmişdir. Şəkil 18 (2b)-(13b)-dən görüldüyü kimi, PVS+MBK/FQ2-HbK plyonkasının yanması zamanı alov mənbəyi kənarlaşdırılmamışdır. Çünki təmiz PVS plyonkasından fərqli olaraq alov mənbəyi kənarlaşdırılan zamanı PVS+MBK/FQ2-HbK plyonkasının yanması dayanır. 45 saniyə sonra alov mənbəyi kənarlaşdırılmış və PVS+MBK/FQ2-HbK plyonkasının yanması 10 saniyə davam etmişdir. PVS+MBK/FQ2-HbK plyonkasının yandıqdan sonra PVS-dən fərqli olaraq qalıq qalmışdır.

MBK/FQ2-HbK-də istilik keçirici doldurucu olan qrafitin funksionallaşdırılması ilə polimer matrisi arasında kimyəvi yaxınlığın təmin edilməsi materialın istilik keçiriciliyinin və yanğın gecikdirici xassələrinin yaxşılaşmasına səbəb olmuşdur. Habelə, MBK/FQ2-HbK-nin funksional qrupların dehidratlaşması ilə ayrılan su molekulları və onun tərkibindəki xlor atomu materialın yanmasını ləngidə bilər<sup>23\*</sup>.

## NƏTİCƏLƏR

1. İlk dəfə olaraq, qrafitin müxtəlif şəraitlərdə OXF reaksiyası ilə funksionallaşdırılması aparılmış, alınmış məhsullar fiziki və fiziki-kimyəvi tədqiqat metodları ilə tədqiq edilmiş və funksionallaşdırılma reaksiyasının mümkün mexanizmi işlənilib hazırlanmışdır. Aparılmış tədqiqatların nəticələri funksionallaşmanın qrafitin kristal qəfəs parametrlərini və morfologiyasını dəyişməsi və FQ-də fosfon turşu qruplarının mövcudluğunu müəyyən etməyə imkan vermişdir.
2. İlkin qrafit və FQ-nin kristal qəfəs parametrlərində və morfologiyasındakı fərqlər, həmçinin FQ-nin fosfon funksional qruplar saxlaması onların termiki, elektrik, dielektrik və sorbsiya xassələrinin müxtəlif olması ilə nəticələnir.
3. BK-nın FQ ilə bircə kimyəvi modifikasiyası OXF reaksiyası ilə aparılmış və hibrid kompozitin (MBK/FQ2-HbK) sintez metodikası

---

\*əsərlərin siyahısındakı sıra sayı

işlənilib hazırlanmışdır. Sistematik tədqiqatlarla MBK/FQ2-HbK fiziki və fiziki-kimyəvi tədqiqat üsulları ilə tədqiq edilmiş və MBK/FQ2-HbK-nın bircinsli strukturu onun termiki, elektrik, dielektrik və sorbsiya xassələrinin öyrənilməsindən alınan nəticələrə əsasən müəyyən edilmişdir. MBK/FQ2-HbK təşkil olunduğu komponentlərlə müqayisədə daha yaxşılaşmış elektrik, dielektrik, termiki və sorbsiya xassələri nümayiş etdirmişdir.

4. MBK/FQ2-HbK-nın Akridin sarı boyaq maddəsinə qarşı sorbsiya qabiliyyəti tədqiq olunmuş və sorbsiya prosesinə boyaq maddəsi məhlulunun ilkin qatılığı, temperatur və sorbsiya müddəti, kompozitin miqdarı və mühitin pH-ı kimi amillərin təsiri öyrənilmişdir. Nəticələrə əsasən, boyaq maddəsinin ilkin qatılığı 0.5 mq/l-dən 28.5 mq/l-ə artdıqda sorbsiya dərəcəsi 80%-dən 69.5%-ə qədər azalmış, maksimum sorbsiya tutumu kompozitin 0.015 q miqdarında və pH-ın 7 qiymətində müşahidə olunmuşdur. Temperaturun artması ilə sorbsiya tutumu artmış və 298 K temperaturda 55 dəqiqə, 308K temperaturda 45 dəqiqə və 323K temperaturda isə 35 dəqiqədən sonra tarazlıq halı yaranmışdır.

5. Sorbsiya izotermi müxtəlif iki və üçparametrlı riyazi izoterm modelləri ilə işlənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, Akridin sarı boyaq maddəsinin MBK/FQ2-HbK ilə sorbsiyası ideal monomolekulyar sorbsiyaya uyğun deyil və müxtəlif təbiətli aktiv mərkəzlərin rolu sorbsiyada daha çoxdur.

6. Sorbsiya kinetikasi tədqiq edilərək müəyyən edilmişdir ki, proses psevd-ikinci tərtib kinetik modellə daha yaxşı təsvir olunur və boyaq maddəsi molekulları həm MBK/FQ2-HbK-nın səthinə, həm də daxilinə diffuziya edir. Sorbsiyanın sürətinə temperaturun təsiri öyrənilmiş və müəyyən edilmişdir ki, proses kimyəvi təbiətlidir.

7. Termodinamik tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, MBK/FQ2-HbK ilə Akridin sarı boyaq maddəsinin sorbsiyası endotermikdir, spontan baş verir və bərk maddə/məhlul sərhəddində nizamsızlıq artır.

8. İQ- və UB-gör. spektroskopiyaya tədqiqatlarının nəticələri, ASBM və hibrid kompozitin quruluşu və sorbsiyanın təcrübi nəticələrinə əsasən, MBK/FQ2-HbK ilə ASBM-in sorbsiyası eyni zamanda elektrostatik,  $\pi$ - $\pi$  qarşılıqlı təsir və hidrogen rabitəsi iştirakı ilə gedir.

9. MBK/FQ2-HBK-nın antipiren kimi sınağı üçün onun PVS-dən istifadə etməklə hazırlanmış (PVS+MBK/FQ2-HbK) plyonkasının yanma müddəti təmiz PVS plyonkasının uyğun parametri ilə müqayisə olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, PVS plyonkası alov mənbəyi kənarlaşdırıldıqdan sonra 20 saniyə müddətində tamamilə alışaraq yanmışdır. PVS+MBK/FQ2-HbK plyonkası isə fasiləsiz alov mənbəyində 45 saniyə müddətində yanmış və alov mənbəyi kənarlaşdırıldıqdan 10 saniyə sonra alovun zəifləməsi nəticəsində sönmüşdür.

**Dissertasiya materialları üzrə aşağıdakı elmi əsərlər çap edilmişdir:**

1. Aliyeva, S.B. Graphite intercalated compound / S.B.Aliyeva, E.M.Aliyev, R.M.Alosmanov, A.M.Maharramov, A.A.Azizov, I.A.Bunyatzadeh, G.M.Eyvazova, Z.A.Aghamaliyev // Azərbaycan Kimya Jurnalı, -2016. №4, - p.24-28
2. Əliyeva, S.B., Əzizov, A.Ə., Alosmanov, R.M., Bünyadzadə, İ.A. Butadien kauçuku və qrafit əsaslı polimer hibrid kompozit material // Kimyanın aktual problemləri, X Respublika Elmi Konfransı, -Bakı, - 4-5 may, -2016, -s.5
3. Aliyeva, S., Azizov, A., Alosmanov, R., Buniyatzadeh, I. Polybutadiene rubber-graphite hybrid composite as an adsorbent for removal of oil products from water // Neft kimyası üzrə IX Beynəlxalq Məmmədəliyev Konfransı, -Bakı, -4-5 oktyabr, -2016, -p.202
4. Əliyeva, S.B. Qrafit interkalyasiya edilmiş birləşmə / S.B.Əliyeva, A.M.Məhərrəmov, A.Ə.Əzizov, R.M.Alosmanov, İ.A.Bünyadzadə // M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans, -Bakı, -15-16 noyabr, -2016, -s.82-83.
5. Aliyeva, S. Synthesis of o-phenylenediamine functionalized graphite / S.Aliyeva, E.Aliyev, A.Maharramov, R.Alosmanov, A.Azizov, I.Buniyatzadeh, G.Eyvazova, Z.Aghamaliyev // Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures, -2017. Vol. 25(5), - p.306-311
6. Əliyeva, S.B. Oksidləşdirici mühitdə xlorfosforlaşdırma reaksiyası ilə qrafit səthinin modifikasiyası / R.M.Alosmanov, İ.A.Bünyadzadə, Q.M.Eyvazova, İ.R.Əmiraslanov, A.A.Əzizov,

A.M.Məhərrəmov // Bakı Universitetinin xəbərləri. Təbiət elmləri seriyası, -2017. №2, -s.18-23

7. Aliyeva, S.B. Carbon materials as adsorbents for Removal of crystal violet dye from aqueous solutions / S.B.Aliyeva, A.M.Maharramov, A.A.Azizov, R.M.Alosmanov, I.A.Buniyatzadeh // Su ehtiyatları, hidrotexniki qurğular və ətraf mühit mövzusunda beynəlxalq elmi-praktiki konfrans, -Bakı, -15-16 mart, -2017, -s.106-108.

8. Aliyeva, S. Application of phosphorus-functionalized carbon material for removal of crystal violet dye from the wastewater / S.Aliyeva, A.Maharramov, A.Azizov, R.Alosmanov, I.Buniyatzadeh, O.Balayeva // Ecological and environmental chemistry-2017, The 6th international conference, -Chisinau, Republic of Moldova, -2-3 March, -2017, -p.59

9. Əliyeva, S.B. Oksidləşdirici xlorfosforlaşma reaksiyası ilə sintez edilmiş kompozitin Rentgen difraksiya metodu ilə tədqiqi / S.B.Əliyeva, R.M.Alosmanov, İ.A.Bünyadzadə, A.Ə.Əzizov, A.M.Məhərrəmov // Kimyanın aktual problemləri, XI Beynəlxalq Elmi Konfransı, -Bakı, -3-4 may, -2017, -s.60.

10. Алиева, С.Б. Гибридный композит на основе поверхностно-модифицированного графита и бутадиенового каучука / С.Б.Алиева, Р.М.Алосманов, И.А.Буниятзаде, Г.М.Эйвазова, А.А.Азизов, А.М. Магеррамов, Балаева О.О. // V Международная Бергмановская конференция «Физико-химический анализ в образовании, науке и технике, -Махачкала, -27-28 сентября, -2017, -с.94-96.

11. Əliyeva S.B. Əsas su çirkləndiricilərinin xarakterizə edilməsi və hibrid polimer kompozitlərin tullantı sularının təmizlənməsində adsorbent kimi tətbiqi (ədəbiyyat icmalı) // Su problemləri: elm və texnologiyalar, -2018, Vol.2(12), -p.104-111.

12. Aliyeva, S.B. Effect of hybrid composite dosage on efficiency of acridine yellow dye removal / S.B.Aliyeva, R.M.Alosmanov, I.A.Buniyatzadeh A.A.Azizov, A.M.Maharramov // Kimyanın aktual problemləri, XII Beynəlxalq Elmi Konfransı, -Bakı, -3-4 may, -2018, -p.161.



13. Əliyeva, S.B. Səthi modifikasiya edilmiş qrafit və polimer əsaslı hibrid kompozitlə akrinin sarı boyaq maddəsinin sorbsiyasının kinetik və termodinamiki qanunauyğunluqları / S.B.Əliyeva, R.M.Alosmanov İ.A.Bünyadzadə, Q.M.Eyvazova, A.Ə.Əzizov, A.M.Məhərrəmov // Akademik Murtuza Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş “Nağıyev qıraətləri” elmi konfransı, -Bakı, -30-31 oktyabr, -2018, -s.156.
14. Aliyeva, S.B. Desorption studies of Acridine yellow dye from polymer hybrid composite by different desorbing agents / S.B.Aliyeva, R.M.Alosmanov, I.A.Buniyatzadeh A.A.Azizov, A.M.Maharramov // XIV Ukrainian conference on macromolecules, -Kyiv, Ukraine, -15-18 october, -2018, -p.9-10.
15. Aliyeva, S.B. Intraparticle diffusion process during acridine yellow dye adsorption onto polymer hybrid composite / S.B.Aliyeva, R.M.Alosmanov, I.A.Buniyatzadeh A.A.Azizov, A.M.Maharramov // 14th International Saint Petersburg conference of young scientists – Saint Petersburg, Russia, -12-14 november, -2018, -p.161.
16. Aliyeva, S. Functionalized graphene nanoplatelets/modified polybutadiene hybrid composite / S.Aliyeva, R.Alosmanov, I.Buniyatzadeh, G.Eyvazova, A.Azizov, A.Maharramov // Colloid and Polymer Science, -2019. Vol. 297, -p.1529-1540
17. Aliyeva, S. Recent developments in edge-selective functionalization of surface of graphite and derivatives – a review / S.Aliyeva, R.Alosmanov, I.Buniyatzadeh, A.Azizov, A.Maharramov // Soft Materials, -2019. Vol.17(4), -p.448-466
18. Əliyeva, S.B. Hibrid kompozitlər-ədəbiyyat icmalında // Pedaqoji Universitetin Xəbərləri. Riyaziyyat və təbiət elmləri seriyası, -2019. C.67, №4, -s.69-78
19. Əliyeva, S.B. Səthi funksionallaşdırılmış qrafit və polivinil spirti əsaslı təbəqənin dielektrik xassələrinin tədqiqi / S.B.Əliyeva, R.M.Alosmanov, İ.A.Bünyadzadə, Q.M.Eyvazova, A.Ə.Əzizov // Gənc Tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi Konfransı, -Bakı, -29-30 aprel, -2019, -s.136-137.
20. Aliyeva, S.B. A comparative study of sorption of acridine yellow dye from aqueous solutions on graphite and modified graphite / S.B.Aliyeva, R.M.Alosmanov, I.A.Buniyatzadeh A.A.Azizov,

А.М.Махаррамов // XXIX Российская молодежная научная конференция с международным участием, посвященной 150-летию Периодической таблицы химических элементов, -Екатеринбург, Россия, -23-26 апрель, -2019, -с.162.

**21.** Aliyeva, S. Adsorption of acridine yellow G from aqueous solutions using functionalized graphene nanoplatelets/modified polybutadiene hybrid composite // Journal of the Chinese Chemical Society, -2020. Vol.67(11), - p.2071-2081

**22.** Aliyeva, S. X-ray powder diffraction analysis of graphite modified by oxidative chlorphosphorylation reaction under different conditions // New Carbon Nanomaterials: Ultrathin Diamond Films, - Moscow, Russia, -6-9 december, -2021, -p.11-12.

**23.** Aliyeva, S., Alosmanov, R. Fire-retardant properties of functionalised graphene nanoplatelets/modified polybutadiene hybrid composite material: a technical note // Journal of Rubber Research, - 2022. Vol.25, -p.19-26.

Dissertasiyanın müdafiəsi 21 oktyabr 2022-ci il tarixində saat 10<sup>00</sup> - da Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Polimer Materialları İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.28 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 5004, Azərbaycan Respublikası, Sumqayıt ş., S.Vurğun prospekti, 124.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Polimer Materialları İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Polimer Materialları İnstitutunun rəsmi internet saytında ([www.amea-pmi.az](http://www.amea-pmi.az)) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 16 Sentyabr 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: **06.09.2022**  
Kağızın formatı: **A5 (60×90 1/16)**  
Həcm: **39008 simvol**  
Tiraj: **100 nüsxə**