



## AZƏRBAYCAN ELM FONDU

Azərbaycan Elm Fondunun Gənc Alim və  
Tədqiqatçıların 6-cı qrant müsabiqəsinin  
(EIF-GAT-6-2021-2(39)) qalibi olmuş  
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

### YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Suyun təmizlənməsi və duzsuzlaşdırılması üçün məsaməli polimer nanokompozit membranların alınması və tədqiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Əliyeva Solmaz Bəxtiyar qızı**

Qrantın məbləği: **45 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-GAT-6-2021-2(39)-13/08/4-M-08**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **11 fevral 2022-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 mart 2022-ci il – 01 mart 2023-cü il**

**Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır**

**Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır**

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

**1** Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar

**Suyun duzsuzlaşdırılmasında istifadə edilən membranlara aid son illərdəki ədəbiyyat məlumatlarının analizi.** Su həyatdır və yer üzündəki bütün canlılar üçün çox qiymətlidir. Sürətli urbanizasiya və əhalinin artması son onilliklərdə şirin su ehtiyatlarımızın həddən artıq istismarına səbəb olmuşdur. Dünyadakı suyun yalnız 2%-i şirin, qalanı isə duzlu sudur. Suyu artan tələbat, şübhəsiz ki, dəniz suyunun duzsuzlaşdırılması və tullantı sularının təmizlənməsi hesabına ödənilə bilər [1]. Suyun duzsuzlaşdırılması üçün istifadə olunan üsullar termal, yəni vakuum distillə, çoxmərhələli flaş distillə və çoxmərhələli distillə, həmçinin membrana əsaslanan əks osmos, membran distillə və birbaşa osmos kimi təsnif edilir [2].

Son onilliklərdə membranların sintezində enerji sərfiyyatını və membranların maya dəyərini azaltmaq üçün membran texnologiyaları sahəsində aparılan davamlı tədqiqatlar sintez olunan membranların sayının artmasına səbəb olmuşdur. Yeni yaradılmış membranlara misal olaraq nazik təbəqəli nanokompozit membranlarını ("*thin film nanocomposite membranes*") aid etmək olar [3]. Nazik təbəqəli nanokompozit membranlar substrat və nanohissəcikləri saxlayan selektiv təbəqələrdən ibarətdir. Substrat, adətən faza-dəyişdirmə ("*phase inversion*") metodu ilə polisulfon (PS), polivinilidenflüorid (PVDF), poliimid (PI), poliefirsulfon (PES), poliakrilonitril (PAN) və

polipropilen (PP) kimi polimerlərdən hazırlanır. Substratın səthində selektiv təbəqənin hazırlanması isə səth polimerləşmə (*“interfacial polymerization”*) üsulu ilə aparılır.

İlk dəfə 2007-ci ildə poliamid təbəqəsinə seolit nanohissəcikləri daxil etməklə Hoek və əməkdaşları tərəfindən nazik təbəqəli nanokompozit membran hazırlanmışdır. Bu tədqiqat işində poliamid təbəqəsi m-fenilendiamin (MFD) və trimezoilxloriddən (TMX) hazırlanmışdır. Müəyyən edilmişdirki, seolit nanohissəcikləri super-hidrofilik molekulyar ələk rolunu oynayaraq membrandan su axınına yaxşılaşdırır [4].

Cədvəl 1-də ədəbiyyatda məlum olan nazik təbəqəli nanokompozit membranların sintez üsulları və mühüm xassələri ümumiləşdirilmişdir.

**Cədvəl 1.** Nazik təbəqəli nanokompozit membranların sintezi və xassələri

Polimer matrisi	Nanohissəcik	Sintez üsulu	Xassələr	Mənbə
Poliamid (MFD-TMX)	Seolit A (NaA) (50-150 nm)	Seolit əlavə edilmiş TMX-nın heksanda məhlulunun MFD ilə səth polimerləşməsi	hamar, daha hidrofilik, daha yüksək su keçiriciliyi	[5] (2010)
Poliamid (MFD-TMX)	Kommersiya çoxdivarlı karbon nanoboruları (diametr: 9–12 nm; uzunluq: 10–15 µm)	Çox divarlı karbon nanoboruları saxlayan MFD-nin suda məhlulunun TMX ilə səth polimerləşməsi	Xlor ionlarına qarşı davamlılıq	[6] (2011)
Poliamid (MFD-TMX)	Tək divarlı alümosilikat nanoboruları	0.01% tək divarlı alümosilikat nanoboruları saxlayan TMX-nın heksanda məhlulunun MFD ilə səth polimerləşməsi	Hidrofilik nanoborular membrandan su axınına yaxşılaşdırır, bir və iki valentli ionların membrandan keçməsinə çətinləşdirir	[7] (2013)
Poliamid (MFD-TMX)	Halloysit nanoborular	Halloysit nanoborular saxlayan MFD-nin poliefirsulfon substratının üzərində TMX ilə səth polimerləşməsi	Hidrofilliyin, səth hamarlığının və su axınının artımı müşahidə olunur. Halloysit nanoboruların miqdarının artması mənfi hal olan duz ionlarının keçiriciliyinin yaxşılaşmasına səbəb olur	[8] (2015)
Poliamid (MFD-TMX)	Modifikasiya edilmiş karboksi-funksionallaşdırılmış çoxdivarlı karbon nanoboruları	Modifikasiya edilmiş karboksi-funksionallaşdırılmış çoxdivarlı karbon nanoboruları saxlayan MFD-nin suda məhlulunun poliefirsulfon substratının üzərində TMX ilə	Nanohissəciyin miqdarının artması membrandan su axınına yaxşılaşdırır, membrana çirkləndiricilərə və oksidləşdiricilərə qarşı davamlılıq kimi xassələr verir	[9] (2014)

		səth polimerləşməsi		
Poliamid (MFD-TMX)	Reduksiya olunmuş Qrafen oksid/TiO <sub>2</sub>	Reduksiya olunmuş qrafen oksid/TiO <sub>2</sub> saxlayan MFD-nin suda məhlulunun poliefirsulfon substratının üzərində TMX ilə səth polimerləşməsi	Poliamid substratının hidrofiliyi, mənfəi səth yükü, hamarlığı, su keçiriciliyi artmış, çirklənməyə və xlor qarşı müqaviməti artmışdır	[10] (2015)

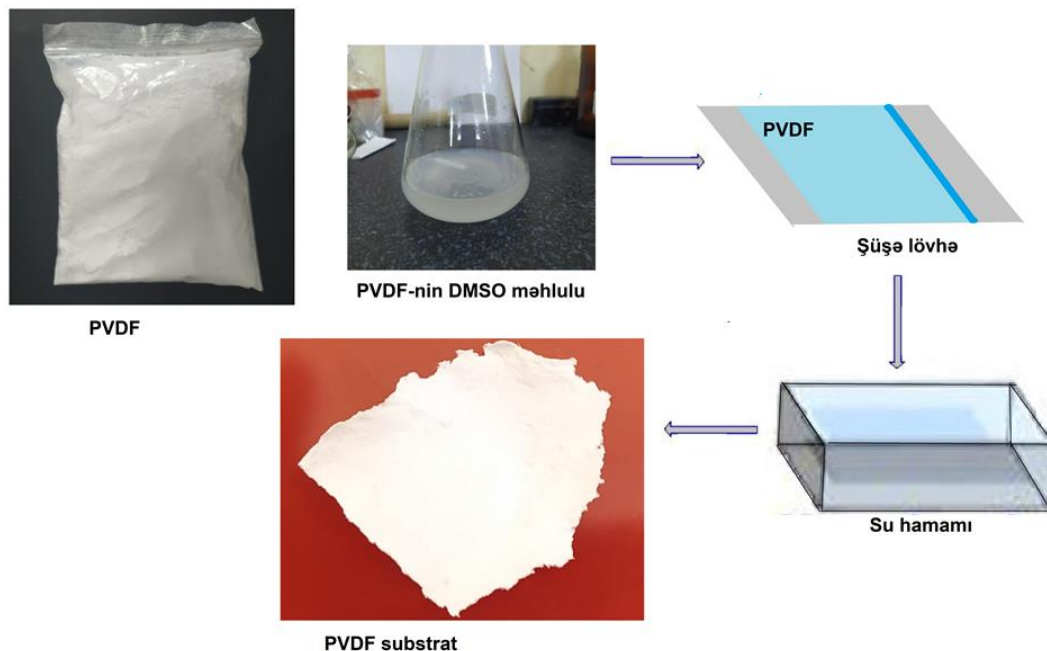
### Suyun duzsuzlaşdırılması və tullantı sularının təmizlənməsi üçün optimal polimer substratın seçilməsi üçün tədqiqat işlərinin aparılması

Polimer substratının hazırlanması üçün HSV900 markalı poliviniliden flüorid (PVDF) polimeri seçilmişdir. Bu polimerin molekül quruluşu və əsas xassələri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

**Cədvəl 2.** PVDF-nin molekül quruluşu və əsas xassələri

Molekül quruluşu	$\left[ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{F} \\   \quad   \\ -\text{C} - \text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{F} \end{array} \right]_n$
Sıxlıq	1.77 - 1.79 q/sm <sup>3</sup>
Ərimə temperaturu	162-172 °C

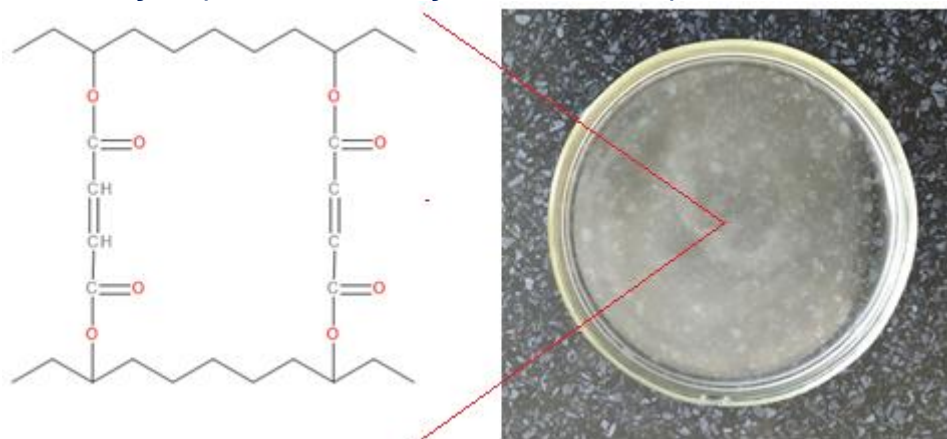
**PVDF substratının hazırlanması.** PVDF substratının hazırlanması üçün ikiboğzlı yumrudibli kolbaya 8.8 q PVDF və 100 ml dimetilsulfoksid (DMSO) əlavə edilir. Kolba əks soyuducu və termometrə təchiz edilir və PVDF-nin həll olması 50°C temperaturda 4 saat müddətində davamlı qarışdırılmaqla aparılır. Tam həll olmuş PVDF məhlulu təmiz şüşə lövhənin üzərinə tökülür və şüşə çubuqla lövhənin səthinə bərabər çəkilir. Sonra səthinə polimer çəkilmiş şüşə lövhə içində soyuq distillə suyu olan su hamamına salınır və həlledicinin polimerdən kənarlaşdırılması üçün 24 saat müddətində su hamamında saxlanılır. Alınmış PVDF membranı açıq havada qurudulur (Şəkil 1).



**Şəkil 1.** PVDF substratının hazırlanması

PVDF substratının hazırlanmasında, həmçinin dimetilformamiddən (DMF) də istifadə edilmişdir. Bunun üçün 1 q PVDF 15 ml DMF-də 40°C temperaturda davamlı qarışdırmaqla həll edilmişdir. PVDF substratının formalaşdırılması üçün faza dəyişdirmə (“*phase inversion*”) metodundan istifadə edilmişdir. DMF həlledicisi ilə PVDF məhlulundan hazırlanmış substrat DMSO həlledicisinə nisbətən daha mexaniki möhkəm olmuşdur.

**Membranın selektiv təbəqəsinin hazırlanması üçün polivinil spirtinin (PVS) tikilmə reaksiyasının sınağı.** Bu reaksiya üçün istifadə olunan PVS, melein anhidridi və buzlu sirkə turşusu (99%) Rusiyanın Vekton firmasından əldə olunmuşdur və kimyəvi təmiz olan reaktivlər əlavə təmizlənmədən istifadə edilmişdir. İkiboğazlı yumrudibli kolbada 1 qr PVS 190 ml distillə suyunda 80°C temperaturda 5 saat müddətində tam şəffaf məhlul alınana qədər həll edilir. Sonra məhlula 0.5 qr malein anhidridi əlavə edilir. Malein anhidridi tam həll olduqdan sonra PVS-in tikilmə reaksiyasında turş mühit yaratmaq üçün kolbaya 0.5 ml 10%-li sirkə turşusu məhlulu əlavə edilir. Tikilmə reaksiyası 1 saat müddətində aparıldıqdan sonra kolbadakı məhlul Petri çəşkasına əlavə edilir. Petri çəşkasındakı məhlul həlledicinin tam buxarlanması üçün otaq temperaturunda qurudulur və tikilmiş PVS-in pilyonkası hazırlanır. PVS-in tikilmə dərəcəsinin daha da artırılması üçün alınmış məhsul 120°C temperaturda 5 saat müddətində qurudulmuşdur [11]. Şəkil 2-dən görüldüyü kimi, tikilmiş PVS, məlum olan təmiz PVS pilyonkasından fərqli olaraq şəffaf deyil. Bu tikilmə nəticəsində efirləşmə proseslərinin baş verməsi ilə əlaqədardır.



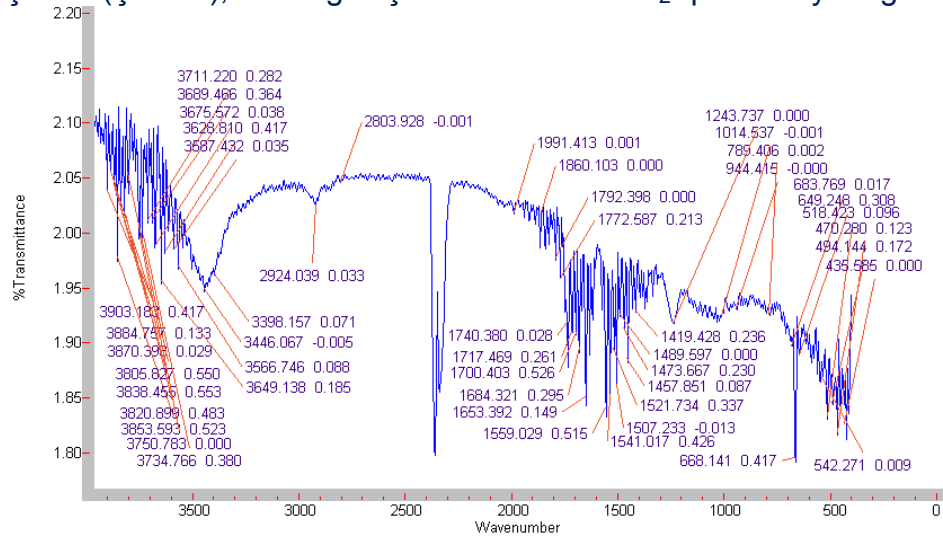
**Şəkil 2.** Tikilmiş PVS pilyonkası

**Suyun duzsuzlaşdırılması və tullantı sularının təmizlənməsi üçün optimal qeyri-üzvi komponentin seçilməsi üçün tədqiqat işlərinin aparılması.**

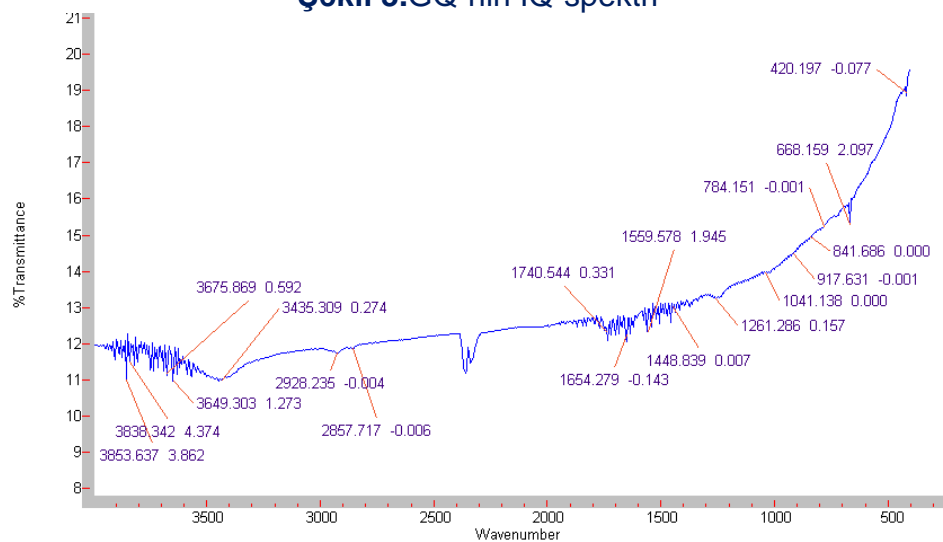
Ayrı-ayrı PVDF substratı və tikilmiş PVS-dən ibarət polimer pilyonkalar hazırlandıqdan sonra, nəzərdə tutulur ki, PVDF substratının üzərində formalaşdırılan tikilmiş PVS-in selektiv təbəqəsinə qeyri-üzvi komponent əlavə edilsin. Bu qeyri-üzvi komponent kimi yüksək məsələliliyə malik genişlənmiş qrafit seçilmişdir. Genişlənmiş qrafit ədəbiyyatda məlum olan üsulla hazırlanmışdır [12]. Bu üsulla əsasən təbii qrafit 93% sulfat və 67% azot turşusu qarışığında 86:14 nisbətində 20 dəqiqə ərzində interkalasiya edilmişdir. İnterkalasiyadan sonra məhsul neytral pH-a qədər distillə edilmiş su ilə yuyulur və bir saat ərzində 115 °C-də qurudulur. Alınmış məhsul Mufel sobasında 300°C-də 2 dəqiqə qızdırılmış və genişlənmiş qrafit (“*expanded graphite*”) sintez edilmişdir.

**Genişlənə bilən (“*expandable*”) və 300°C temperaturda genişlənmiş (“*expanded*”) qrafitin infraqırmızı spektroskopiyaya ilə tədqiqatı aparılmışdır.** Şəkil 3 və Şəkil 4-də uyğun olaraq genişlənmiş və genişlənə bilən qrafit nümunələrinin İQ-spektrləri verilmişdir. Genişlənə bilən qrafitin (GQ) İQ-spektrlərində (Şəkil 3), 668  $\text{sm}^{-1}$  müşahidə olunan udulma zolağı C–H rabitələrinin valent rəqslərini xarakterizə edir. –CH<sub>2</sub> qruplarına uyğun udulma zolaqları 2924 və 2803  $\text{sm}^{-1}$  tezliklərdə müşahidə olunmuşdur. Təxminən 3446  $\text{sm}^{-1}$  tezlikdə müşahidə olunan udulma zolağı O–H qruplarına uyğundur. 1740-1700  $\text{sm}^{-1}$  tezliklərdə müşahidə olunan udulma zolaqları C=O qruplarına, 1521 və 1419  $\text{sm}^{-1}$  tezliklərdəki udulma zolaqları isə –COOH qruplarının valent rəqslərinə aiddir və təbii qrafitin oksidləşməsi zamanı oksigentərkibli funksional

qrupların əmələ gəldiyini göstərir.  $1014 \text{ cm}^{-1}$  tezlikdəki udulma zolağı  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarına aiddir ki, bu da sulfat turşusunun qrafit təbəqələri arasına interkalyasiya olduğunu göstərir. Termiki işlənmədən sonra  $300^\circ\text{C}$  temperaturda genişlənmiş qrafitin (GQ300) bu udulma zolağının intensivliyi azalmışdır ki (Şəkil 4), bu da genişlənmə zamanı  $\text{SO}_2$  qazının ayrıldığını göstərir [13].



Şəkil 3.GQ-nin İQ-spektri



Şəkil 4.GQ300-ün İQ-spektri

Genişlənə bilən qrafit (GQ) və  $300^\circ\text{C}$  temperaturda genişlənmiş qrafit (GQ300) nümunələrinin adsorbsiya xassələrini müəyyən etmək üçün Brilliant yaşılı boyaq maddəsinin (BYBM) bu adsorbentlərlə müxtəlif qatılıq intervallarında adsorbsiyası statik şəraitdə aparılmışdır. BYBM-nin ilkin qatılığı  $0,48 \div 48,26 \text{ mq/l}$  ( $V=0,015 \text{ l}$ ;  $m=0,015 \text{ q}$ ) diapazonunda dəyişmişdir. 24 saat ərzində statik şəraitdə adsorbsiya prosesindən sonra bərk və maye fazalar bir-birindən ayrılmış və məhluldakı boyaq maddəsinin tarazlıq qatılığı spektrofotometrə (Thermo Scientific™ GENESYS 30) təyin olunmuşdur. GQ və GQ300 üçün eksperimental nəticələr tarazlıqda sorbsiya tutumu ( $Q_e$ , mg/g) və adsorbsiya dərəcəsi kimi parametrlərin aşağıdakı düsturlarla hesablanması ilə ifadə olunmuşdur:

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \quad (1) \quad R(\%) = \frac{C_e - C_0}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

burada  $C_0$  və  $C_e$ -müvafiq olaraq ilkin və tarazlıq qatılığıdır,  $V$ -BYBM məhlulunun həcmi (L),  $m$  isə sorbentin kütləsidir (q).

Məlumdur ki, adsorbatların bərk və maye fazalar arasında paylanmasına təsir edən əsas amillərdən biri onların ilkin qatılığıdır [14]. Bunu nəzərə alaraq ilk olaraq boyaq maddəsinin ilkin



qatılığının adsorbsiyaya təsiri öyrənilmişdir. Tədqiqatın nəticələri Cədvəl 3-də verilmişdir. Cədvəldən görüldüyü kimi, həm GQ vəm də GQ300 ilə sorbsiya zamanı BYBM-in ilkin qatılığının ( $C_0 < 19,3$  mq/l) aşağı qiymətlərində adsorbsiya dərəcəsi yüksəkdir ( $R > 45\%$ ). Bununla belə, qatılığın daha da artması ilə adsorbsiya dərəcəsinə azalma müşahidə edilmişdir. Bu onunla izah olunur ki, adsorbentlərin adsorbsiya üçün məhdud sayda aktiv mərkəzəri var və BYBM-in ilkin qatılığının artması adsorbent səthinin doymasına gətirib çıxarır [14].

**Cədvəl 3.** Adsorbsiya dərəcəsinin BYBM-in ilkin qatılığından asılılığı

GQ	$C_0$ , mg/l	0.48	2.41	4.83	9.65	14.48	19.3	24.13	28.96	33.78	43.43	48.26
	R%	53.4	50.8	48.7	47.6	46.8	45.6	42.4	40.5	37.2	35.3	34.2
GQ300	$C_0$ , mg/l	0.48	2.41	4.83	9.65	14.48	19.3	24.13	28.96	33.78	43.43	48.26
	R%	71.3	68.7	66.4	65.5	64.1	63.1	60.5	54.1	51.3	49.4	48.3

GQ və GQ300 nümunələrinin maksimum adsorbsiya tutumun təyini üçün sorbsiyanın izotermi işlənmişdir. Bunun üçün tez-tez istifadə edilən Lenqmür modeli tətbiq edilmişdir. Bu modelin qeyri-xətti tənliyi aşağıda qeyd edilmişdir (düstur 3) [14]:

$$Q_e = \frac{Q_{maks} K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (3) \quad R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (4)$$

burada,  $C_e$ -BYBM-in tarazlıq qatılığı (mq/l);  $Q_e$ -tarazlıqda adsorbsiya tutumu (mq/q);  $Q_{maks}$ -monomolekulyar təbəqədə adsorbentın maksimal adsorbsiya tutumu (mq/q);  $K_L$ -Lenqmür izoterm sabitidir (l/q).

Langmuir izoterm modelinin müvafiq parametrlərinin müəyyən edilmiş qiymətləri Cədvəl 4-də verilmişdir (cədvəldə  $R^2$  korrelyasiya əmsalındır).

**Cədvəl 4.** BYBM-in adsorbsiyasının Lenqmür izoterm parametrləri

GQ			
$Q_{maks}$	$K_L$	$R_L$	$R^2$
30.15	0.04	0.34÷0.98	0.998
GQ300			
$Q_{maks}$	$K_L$	$R_L$	$R^2$
36.49	0.06	0.40÷0.99	0.992

Langmuir izoterm modeli homogen səthlərdə baş verən adsorbsiya proseslərini xarakterizə edir. Həm GQ, həm də GQ300 üçün Langmuir izoterm modeli ilə daha yüksək korrelyasiya əmsalları müşahidə edilmişdir. Bu modelə əsasən hesablanmış maksimum adsorbsiya tutumu GQ üçün 30.15 mq/l və GQ300 üçün isə 36.49 mq/l təşkil edir. 4-cü düstura əsasən hesablanmış ayrılma əmsalının ( $R_L$ ) hesablanmış qiymətləri əsasında boyaq maddəsinin ilkin qatılığının (0.48÷48.26 mq/l) artması ayrılma əmsalının qiymətinin azalmasına səbəb olur. Ayrılma əmsalının qiymətlərinin həm GQ, həm də GQ300 üçün 1-dən az olması göstərilən qatılıq diapazonlarında adsorbsiyanın mümkünlüyünü göstərir [14].

Langmuir izoterm modelindən hesablanmış GQ və GQ300 nümunələrinin  $Q_{maks}$  parametri ədəbiyyatdakı digər adsorbentlərlə müqayisə edilmişdir.

**Cədvəl 5.** Nəticələrin müqayisəsi

Adsorbent	$Q_{maks}$ , mq/q	Mənbə
Qırmızı gil	125	[15]
Kaolin	65.42	[16]
Kimyəvi modifikasiya olunmuş areka qozu qabığı	18.21	[17]
Luffa süngəri	18.20	[18]
Tannin geli	8.55	[19]
GQ	30.15	Bu tədqiqat işi
GQ300	36.49	Bu tədqiqat işi

Cədvəldən göründüyü kimi, adsorbentlərin maksimum adsorbsiya tutumu qırmızı gil→kaolin→GQ300→GQ→areka qoz qabığı→Luffa süngəri→tannin geli istiqamətində azalır. Nəticələr göstərir ki, GQ300-ün (36.49 mq/l) adsorbsiya tutumu GQ-dən (30,15 mq/l) yüksəkdir. Məlumdur ki, genişlənmə nəticəsində məsamələrin həcmi və xüsusi səth sahəsi artır. Ədəbiyyata görə, qrafit əsaslı karbon materiallarının səthi ilə boyaq maddələri adsorbsiyası π-π qarşılıqlı təsire uyğundur. Buna görə də xüsusi səth sahəsi BYBM-nin GQ və GQ300 tərəfindən adsorbsiyasında əsas amildir. Nəticədə, GQ300-ün GQ-dən daha yüksək sorbsiya qabiliyyəti GQ300-ün genişlənmə nəticəsində daha yüksək səth sahəsinə malik olması ilə əlaqələndirilə bilər [20].

GQ və GQ300 nümunələri membranların hazırlanmasında polimərə əlavə xassələrin verilməsində istifadə olunacaq.

**Membranın hazırlanması.** Poliviniliden flüorid (PVDF) əsaslı membranın hazırlanmasında faza dəyişdirmə ("*phase inversion*") və səth modifikasiyası üsullarından istifadə edilmişdir. Membran aşağıdakı ardıcılıqla hazırlanır: 1) Substratın hazırlanması: Dimetilsulfooksid həlledicisində PVDF məhlulu (15 %) hazırlanır. Sonra bu məhlul şüşə lövhənin üzərinə tökülür və təxminən 24 saat açıq havada saxlanılır. 24 saatdan sonra bu şüşə lövhə içərisində soyuq (10°C) distillə suyu olan qaba salınır. Həlledicinin tam kənarlaşdırılması üçün membran distillə suyunda iki gün saxlanılır; 2) Membranın selektiv təbəqəsinin hazırlanması: membranın selektiv təbəqəsinin hazırlanması üçün polivinil spirtinin (PVS) tikilmə reaksiyası aparılmışdır. Bunun üçün distillə edilmiş suda 0.5 %-li PVS məhlulu hazırlanmış və bu məhlula 0.5 qram genişlənməmiş qrafit (GQ300) əlavə edilmişdir. Bu qarışıq 60°C-də 12 saat müddətində qarışdırılmışdır. Sonra məhlula 0.5 q malein anhidridi (MA) və 0.5 ml sirkə turşusu (10 %) məhlulu əlavə edilmişdir; 3) PVDF substratının səthinin modifikasiyası: PVDF səthi 50°C-yə qədər qızdırılan NaOH ilə işlənmişdir; 4) Membranın hazırlanması: GQ300/PVA-PVDF membranını hazırlamaq üçün tərkibində GQ300, MA və sirkə turşusu olan PVS məhluluna səthi modifikasiya edilmiş PVDF substratı salınmışdır; 5) Selektiv təbəqənin tikilmə reaksiyası: GQ300/PVA-PVDF membranı əvvəlcə aşağı təzyiç altında 50°C temperaturda, sonra GQ300/PVA təbəqəsinin tikilmə reaksiyası üçün 100°C temperaturda 1 saat qurudulmuşdur. Eyni üsulla, həmçinin genişlənə bilən qrafit (GQ)/PVA-PVDF membranı da hazırlanmışdır. İstifadə edilən genişlənməmiş və genişlənə bilən qrafit məlum metodikaya əsasən sintez edilmişdir [21].

Membranların hazırlanmasının mümkünlüyü, həmçinin yalnız faza dəyişdirmə metodu ilə də yoxlanılmışdır. Bunun üçün PVDF-nin dimetilsulfooksiddə 15%-li məhlulu hazırlanmış və tərkibinə qrafit, liqnin və bentonit əlavə edilmişdir. Qarışıq 24 saat davamlı olaraq 40°C temperaturda qarışdırılmış və şüşə lövhənin üzərinə keçirilmişdir. Şüşə lövhələr içində soyuq distillə suyu olan qaba salınmış və həlledicinin kənarlaşdırılması ilə membranların hazırlanması yoxlanılmışdır. Bu təcrübədən müəyyən edilmişdir ki, bu üsulla alınmış membranlar bircinsli olsalar da onların davamlılığı çox aşağıdır və suyun təmizlənməsində və duzsuzlaşdırılmasında membran kimi tətbiq edilə bilməz.

Digər bir membran nümunəsi PVDF-nin DMF-də məhlulu və GQ300 qarışığının faza dəyişdirmə metodu ilə hazırlanmışdır. Bu membranın hazırlanması üçün DMF-də 1 qr GQ300 24 saat müddətində qarışdırılır. Daha sonra bu məhlula PVDF məhluluna (1 qr PVDF 15 ml DMF-də həll edilmişdir) əlavə edilir. Alınmış qarışıq nazik şüşə lövhə üzərinə tökülür və tökmə bıçağı vasitəsilə şüşə lövhənin üzərinə çəkilir. Şüşə lövhə membranın formalaşması üçün su hamamına salınır və sonra açıq havada qurudulur.

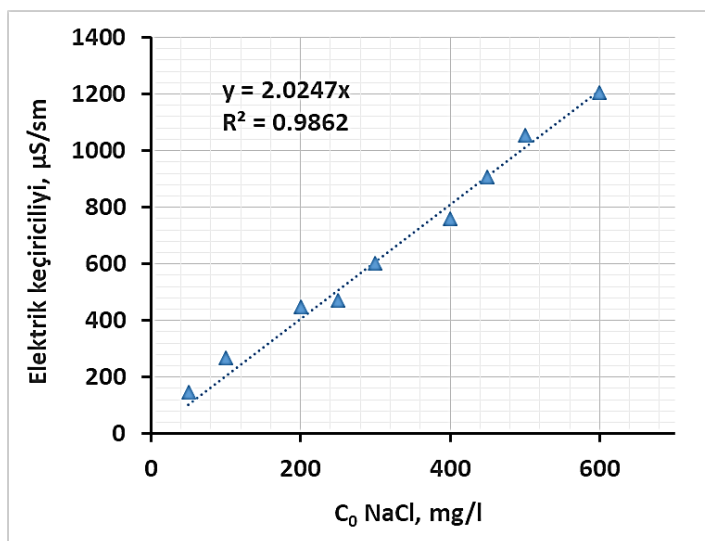
Hesabat dövründə nanokompozit membranların qeyri-üzvi komponenti kimi istifadə olunacaq genişlənə bilən qrafitin (expandable graphite-EG), 300°C temperaturda genişlənməmiş qrafitin (expanded graphite 300°C- EG300) və bentonitin NaCl-in sulu məhlullardan duz ionlarını sorbsiya etmək qabiliyyəti araşdırılmışdır.

Bunun üçün birinci mərhələdə qatılığı  $10^{-3}$  M olan NaCl-in distillə suyunda "ana məhlulu" (58440 mg/l) hazırlanır. Daha sonra dərəcəli əyri qrafikinin qurulması üçün "ana məhlul"dan

nümunələr götürülmüş və durulaşdırma yolu ilə qatılığı 50; 100; 200; 250; 300; 400; 450; 500; 600 mg/l olan işçi məhlullar hazırlanır. Bu məhlulların elektrik keçiriciliyi ölçülərək qatılığın elektrik keçiriciliyindən asılılığını göstərən dərəcəli əyri qrafiki qurulur (Şəkil 5).

Şəkildən görüldüyü kimi, NaCl məhlulunun qatılığının elektrik keçiriciliyindən ( $\sigma$ ,  $\mu\text{S}/\text{sm}$ ) asılılığı xətti xarakter daşıyır və  $\sigma=2.0247C_0$  xətti tənliyinə uyğun gəlir. Bu tənlikdən daha sonra sorbsiya proseslərinin öyrənilməsində NaCl məhlullarının qatılığının hesablanması üçün istifadə ediləcəkdir.

İkinci mərhələdə 0.5 qr EG, EG<sub>300</sub> və bentonitin NaCl ionlarına qarşı sorbsiya qabiliyyəti öyrənilmişdir. Bunun üçün 0.5 qr EG, EG300 və bentonit gili kimyəvi stəkana əlavə edilmiş və üzərinə qatılığı 500 mq/l olan NaCl məhlulu əlavə edilmişdir. Sorbent/NaCl məhlulu olan kimyəvi stəkanlar 24 saat müddətində statik şəraitdə, ağzı qapalı şəkildə saxlanılmışdır. 24 saat sonra məhluldan nümunələr götürülmüş və bu məhlulların elektrik keçiricilikləri təyin olunmuşdur. Müxtəlif nümunələr üçün elektrik keçiriciliyinin qiymətindən istifadə etməklə dərəcəli əyri qrafikinə uyğun olaraq tarazlıq qatılığı ( $C_{\text{tar}}$ ) hesablanmışdır. Alınmış nəticələr aşağıdakı cədvəldə ümumiləşdirilmişdir.



Şəkil 5. NaCl məhlulunun qatılığına qarşı elektrik keçiriciliyi üçün dərəcəli əyri qrafiki

Cədvəl 6. EG, EG300 və bentonit gili üçün sorbsiya nəticələri

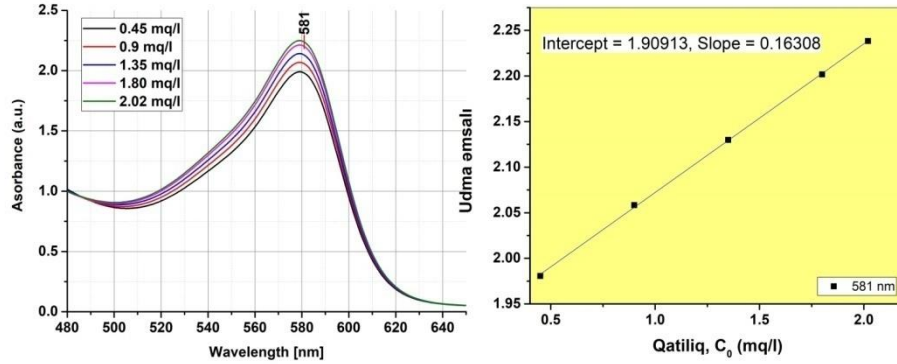
Sorbisyaadan əvvəl NaCl məhlulu		Sorbisyaadan sonra NaCl məhlulu	
Qatılıq, $C_0$ (mq/l)	Elektrik keçiriciliyi, $\sigma$ ( $\mu\text{S}/\text{sm}$ )	Qatılıq, $C_{\text{tar}}$ (mq/l)	Elektrik keçiriciliyi, $\sigma$ ( $\mu\text{S}/\text{sm}$ )
EG			
500	1055	454.4	920
EG300			
500	1055	375.4	760
Bentonit			
500	1055	420.8	852

Bu tədqiqatların aparılması zamanı istifadə olunmuş distillə suyunun elektrik keçiriciliyi 2.60  $\mu\text{S}/\text{sm}$  olmuşdur. Cədvəl 6-da əks olunmuş nəticələrə əsasən sorbent kimi EG300 istifadə edilmiş məhlulun elektrik keçiriciliyi 24 saat müddətində digər sorbentlərə nisbətən daha çox azalmışdır.

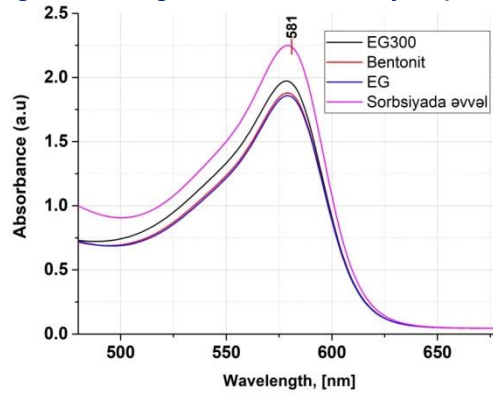
EG, EG300 və bentonit gilinə duz ionlarını sorbsiya etmək qabiliyyəti öyrənildikdən sonra, eyni sorbentlərlə ağır metal ionlarına qarşı sorbsiya qabiliyyəti də əlavə olaraq tədqiq edilmişdir. Ağır metal ionunu saxlayan tullantı suyunun modeli kimi  $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$ -in distillə suyunda qatılığı 1124.11 mq/l olan "ana məhlulu" məhlulu hazırlanmışdır. Daha sonra bu məhluldan istifadə etməklə durulaşdırma yolu ilə 25 ml-lik ölçü kolbasında qatılığı  $0.45 \pm 2.02$  mq/l olan "işçi



məhlullar” hazırlanır. Bu məhlullarda  $Cd^{2+}$  ionlarının təyini məlum metodika [22] üzrə Ksilenol Narıncı (KN), urotropin və  $KNO_3$  istifadə etməklə əmələgələn qırmızı rəngli kompleks birləşmə məhlulunun işıqudma spektrinə əsasən təyin edilir. Daha sonra bu məhlulların 581 nm dalğa uzunluğundakı işıqudma əmsallarına əsasən dərəcəli əyri qrafiki qurulur (Şəkil 6). Sonrakı mərhələdə EG, EG300 və bentonit gilinin  $Cd^{2+}$  ionlarına qarşı sorbsiya qabiliyyəti müqayisə olunmuşdur. Bunun üçün qatılığı 2.02 mq/l olan  $CdCl_2 \cdot 2.5H_2O$  məhlulu ilə sorbsiyası 30 dəqiqə müddətində davamlı qarışdırılmaqla aparılmışdır (Şəkil 7).



**Şəkil 6.** 0.45÷2.02 mq/l qatılıqlı Cd-KN kompleksinin məhlulunun işıqudma spektrləri və 581 nm dalğa uzunluğunda dərəcəli əyri qrafiki



**Şəkil 7.** 2.02 mq/l qatılıqlı Cd-KN kompleksi məhlulunun sorbsiyadan əvvəl və 30 dəqiqə müddətində EG, EG300 və bentonitlə təmasından sonra məhlulun işıqudma spektri

Şəkil 7-dən görüldüyü kimi bütün sorbentlərlə sorbsiyadan sonra 581 nm dalğa uzunluğunda müşahidə olunan udma əmsalı azalmışdır. Bu nəticələr  $Cd^{2+}$  ionlarına qarşı hər üç sorbentin sorbsiya qabiliyyətlil olmasını göstərir. Udma əmsalı: Sorbsiyadan əvvəl (2.2383) > EG300 (1.9663) > Bentonit (1.8698) > EG (1.8485).

Həm suyun duzsuzlaşdırılması, həm də sulu məhlullardan  $Cd^{2+}$  ionlarını sorbsiya etmək qabiliyyəti müşahidə edildiyindən EG, EG300 və bentonit nanokompozitlərin hazırlanmasında qeyri-üzvi komponent kimi istifadə edilə bilər.

#### **İstifadə olunmuş üsul və yanaşmalar:**

Polimer substratının hazırlanması üçün faza dəyişdirmə (*“phase inversion”*) metodundan istifadə edilmişdir. PVDF substratının səthində torşəkilli polimer selektiv təbəqəsinin hazırlanması üçün polivinil spirtinin malein anhidridi ilə tikilmə reaksiyası aparılmışdır. Genişlənmiş qrafitin sintezi üçün interkalyasiya üsulundan istifadə edilmişdir.

Membranın hazırlanması üçün faza dəyişdirmə (*“phase inversion”*) və səth modifikasiya metodundan istifadə edilmişdir.

Genişlənmiş və genişlənə bilən qrafitin tədqiqi İQ-spektroskopiyaya metodu ilə aparılmışdır və onların polimer membrana əlavə hansı xassələr verə biləcəyini araşdırılması üçün adsorbsiya

xassələri öyrənilmişdir.

Adorbsiya proseslərinin öyrənilməsində  $10^{-3}$  M qatılıqlı NaCl məhlulunun hazırlanması üçün 58.44 q NaCl 1000 ml distillə suyunda həll edilmişdir. Bu qatılıq həmçinin 58.44 g/l-ə bərabərdir. Müxtəlif qatılıqlı NaCl məhullarının elektrik keçiriciliyi BOYN firmasının çox parametrlı su keyfiyyəti ölçən cihazında (BOYN, benchtop multi-parameter water quality meter water quality analyzer) təyin edilmişdir.

Məhlulda  $Cd^{2+}$  ionlarının təyini spektrofotometrik üsulla Thermo Scientific™ GENESYS 30 markalı spektrofotometrə aparılmışdır. Cd-KN komplekslərinin formalaşdırılması üçün 3 ml  $10^{-3}$  M KN məhlulu, 5 ml 1.5 M  $KNO_3$  məhlulu,  $CdCl_2 \cdot 2.5H_2O$  məhlulu və 10 ml 20%-li urotropin məhulları qeyd edilmiş ardıcılıqla əlavə olunur. Cd-KN kompleks birləşməsi məhlulunun udma əmsalı 581 nm dalğa uzunluğunda, su fonunda təyin edilmişdir

## Ədəbiyyat

1. George, D. R., Tyni, S., Elizabeth, A. & Nair, A. K. Polymer nanocomposite membranes for pervaporation desalination process. *Polym. Nanocomposite Membr. Pervaporation* 175–199 (2020) doi:10.1016/B978-0-12-816785-4.00008-2.
2. Subramani, A. & Jacangelo, Joseph, G. Emerging desalination technologies for water treatment: a critical review. *Water Res.* 75, 164–187 (2015).
3. Nambi Krishnan, J. et al. Review of Thin Film Nanocomposite Membranes and Their Applications in Desalination. *Front. Chem.* 10, 781372 (2022).
4. Jeong, B. H. et al. Interfacial polymerization of thin film nanocomposites: A new concept for reverse osmosis membranes. *J. Memb. Sci.* 294, 1–7 (2007).
5. Li, D. & Wang, H. Recent developments in reverse osmosis desalination membranes. *J. Mater. Chem.* 20, 4551–4566 (2010).
6. Zhang, L., Shi, G.-Z., Qiu, S., Cheng, L.-H. & Chen, H.-L. Preparation of high-flux thin film nanocomposite reverse osmosis membranes by incorporating functionalized multi-walled carbon nanotubes. *Desalin. Water Treat.* 34, 19–24 (2011).
7. Baroña, G. N. B., Lim, J., Choi, M. & Jung, B. Interfacial polymerization of polyamide-aluminosilicate SWNT nanocomposite membranes for reverse osmosis. *Desalination* 325, 138–147 (2013).
8. Ghanbari, M., Emadzadeh, D., Lau, W. J., Matsuura, T. & Ismail, A. F. Synthesis and characterization of novel thin film nanocomposite reverse osmosis membranes with improved organic fouling properties for water desalination. *RSC Adv.* 5, 21268–21276 (2015).
9. Zhao, H. et al. Improving the performance of polyamide reverse osmosis membrane by incorporation of modified multi-walled carbon nanotubes. *J. Memb. Sci.* 450, 249–256 (2014).
10. Safarpour, M., Khataee, A. & Vatanpour, V. Thin film nanocomposite reverse osmosis membrane modified by reduced graphene oxide/TiO<sub>2</sub> with improved desalination performance. *J. Memb. Sci.* 489, 43–54 (2015).
11. Chen, Y.-T., Sun, Y.-M., Hu, C.-C., Lai, J.-Y. & Liu, Y.-L. Employing lignin in the formation of the selective layer of thin-film composite membranes for pervaporation desalination. *Mater. Adv.* 2, 3099–3106 (2021).
12. US6416815B2 - Expandable graphite and method - Google Patents. <https://patents.google.com/patent/US6416815B2/en>.
13. Tian, Y. et al. Adsorption performance of expanded graphite and its binary composite microbeads toward oil and dyes. *Desalin. WATER Treat.* 178, 283–295 (2020).
14. Das, B., Mondal, N. K., Bhaumik, R. & Roy, P. Insight into adsorption equilibrium, kinetics and thermodynamics of lead onto alluvial soil. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2013 114 11, 1101–1114 (2013).
15. Saif Ur Rehman, M. et al. Adsorption of Brilliant Green dye from aqueous solution onto red clay. *Chem. Eng. J.* 228, 54–62 (2013).

	<p>16. Nandi, B. K., Goswami, A. &amp; Purkait, M. K. Adsorption characteristics of brilliant green dye on kaolin. J. Hazard. Mater. 161, 387–395 (2009).</p> <p>17. Sukla Baidya, K. &amp; Kumar, U. Adsorption of brilliant green dye from aqueous solution onto chemically modified areca nut husk. South African J. Chem. Eng. 35, 33–43 (2021).</p> <p>18. Segun Esan, O., Nurudeen Abiola, O., Owoyomi, O., Olumuyiwa Aboluwoye, C. &amp; Olubunmi Osundiya, M. Adsorption of Brilliant Green onto Luffa Cylindrical Sponge: Equilibrium, Kinetics, and Thermodynamic Studies. ISRN Phys. Chem. 2014, 1–12 (2014).</p> <p>19. Akter, N. et al. Amine modified tannin gel for adsorptive removal of Brilliant Green dye. J. Environ. Chem. Eng. 4, 1231–1241 (2016).</p> <p>20. Yin, G., Sun, Z., Gao, Y. &amp; Xu, S. Preparation of expanded graphite for malachite green dye removal from aqueous solution. Microchem. J. 166, 106190 (2021).</p> <p>21. Shi, T., Sun, W. &amp; Yang, Y. Characterization of Expanded Graphite Microstructure and Fabrication of Composite Phase-Change Material for Energy Storage. J. Mater. Civ. Eng. 27, 4014156 (2015).</p> <p>22. Otomo, M. The Spectrophotometric Determination of Cadmium with Xylenol Orange. Bull. Chem. Soc. Jpn. 37, 504–508 (1964).</p>
2	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)
	Layihənin iş planı üzrə nəzərdə tutulmuş işlər 100% yerinə yetirilmişdir
3	<p>Hesabat dövründə alınmış <b>elmi nəticələr</b> (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübi əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)</p> <p>Hesabat dövründə nəzərdə tutulduğu kimi təmiz PVDF substratının, tikilmiş PVS, liqin/PVDF, bentonit/PVDF, GQ300/PVDF, (GQ)/PVA-PVDF və (GQ300)/PVA-PVDF membranlarının hazırlanması şəraitləri yoxlanılmış və interkalyasiya edilmiş qrafit və genişlənmiş qrafit sintez edilmişdir.</p> <p>Brilliant yaşılı ilə çirklənmiş tullantı suyu modeli hazırlanmış, genişlənmiş və genişlənmə bilən qrafit nümunələri ilə bu boyaq maddəsinin sorbsiyası öyrənilmişdir. Hesabat dövründə modifikasiya olunmuş PVDF-nin səthində məsaməli genişlənmiş və genişlənmə bilən qrafit saxlayan tikilmiş PVS selektiv təbəqəsindən ibarət PVDF membranı hazırlanmışdır. Həmçinin liqin, bentonit, genişlənmiş və genişlənmə bilən qrafit nümunələrinin birbaşa PVDF polimerinə əlavə edilərək faza dəyişdirmə metodu ilə membranların hazırlanma mümkünlüyü yoxlanılmışdır. Nəticələrə əsasən müəyyən olunmuşdur ki, bu cür membranların mexaniki möhkəmliyi çox aşağıdır.</p> <p>Hesabat dövründə EG, EG300 və bentonit istifadə etməklə suyun duzsuzlaşdırılmasının və Cd<sup>2+</sup> ionları ilə çirklənmiş model tullantı suyunun təmizlənməsinin mümkünlüyü yoxlanılmışdır. Alınmış nəticələrə əsasən bu birləşmələr nanokompozitlərin hazırlanmasında qeyri-üzvi komponent kimi istifadə edilə bilər.</p> <p>(GQ300)/PVA-PVDF membranı GQ300-ün hesabına sorbsiya xassələrinə malikdir. Bu (GQ300)/PVA-PVDF membranından gələcəkdə həm membranla filtrləmə metodu ilə tullantı sularının təmizlənməsində, həm də adsorbsiya metodu ilə tullantı sularının təmizlənməsi və suyun duzsuzlaşdırılması üçün təbəqəşəkilli adsorbent kimi tətbiq imkanlarını genişləndirir.</p>
4	Layihə üzrə <b>elmi nəşrlər</b> (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmaller, konfrans materiallarında məqalələr, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə, uyğun məlumat - jurnalın adı, nömrəsi, cildi, səhifələri, nəşriyyat, indeksi, Impact Factor, həmmüəlliflər və s. bunun kimi məlumatlar - ciddi şəkildə dəqiq olaraq göstərilməlidir) <i>(surətlərini kağız üzərində və CD şəkildə əlavə etməli!)</i>
1)	<b>Məqalə-S.Aliyeva. Covalent Carbon Nanotube and Fullerene Hybrid Structures: Mini-</b>

Review / Surface Review and Letters. IF: 1.240. Web of Science, Science Citation Index Expanded, DOI: 10.1142/S0218625X23300083.

<https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0218625X23300083#pane-pcw-details>

- 2) **Məqalə**-S.B.Aliyeva. Comparison of adsorption properties of expandable and expanded graphite in relation to brilliant green /ADPU-nun "Pedaqoji Universitetin Xəbərləri" dövrü elmi jurnalı "Riyaziyyat və təbiət elmləri seriyası"(çapa qəbul olunub)
- 3) **Məqalə**-S.Aliyeva. Polypropylene, polycarbonate, and polyphenylene sulfide polymers: environmental aspects of the synthesis / Baku Engineering University, Chemistry and Biology. (çapa göndərilib).
- 4) **Məqalə**-S.Aliyeva. Comparison of the sorption property of expandable and thermally expanded graphite adsorbents, and bentonite towards sodium and cadmium (II) ions / «Вестник НЯЦ РК»(çapa göndərilib)
- 5) **Tezis**-S.Aliyeva, R.Khankishiyeva, J.Ismayilova, R.Gahramanov. Cheap material that can be used for water desalination / VI International Scientific Conference of Young Researchers, 29-30 April 2022, Baku, Azerbaijan, -p.107-109. [http://yric.az/Book GTK VI.pdf](http://yric.az/Book_GTK_VI.pdf) (dərc olunub)
- 6) **Tezis**-Gahramanov R., Ismayilova J., Khankishiyeva R., Aliyeva S. Infrared spectroscopy study of hydrolyzed lignin, the main component of the "Polyphepan". "Müasir Təbiət və İqtisad Elmlərinin Aktual Problemləri Beynəlxalq Elmi Konfransı", Gəncə, Azərbaycan, 06-07 may 2022-ci il, III hissə, -s.101-103. [https://gdu.edu.az/wp-content/uploads/2022/09/Konfrans\\_2022\\_3.pdf](https://gdu.edu.az/wp-content/uploads/2022/09/Konfrans_2022_3.pdf) (dərc olunub)
- 7) **Tezis**-J.Ismayilova, S.Aliyeva. Membrane-based technologies for wastewater treatment and water desalination: membrane distillation / "Şuşa və ətraf ərazilərin biomüxtəlifliyi, torpaq və su ehtiyatları: gələcəyə baxış" mövzusunda beynəlxalq konfrans, 22-23 sentyabr 2022-ci il, s.261-262. <http://bteb.science.gov.az/uploads/Qaraba%C4%9F-%C5%9Eu%C5%9Fa%20konfrans%20abstract%20book.pdf> (dərc olunub)
- 8) **Tezis**-S.B.Aliyeva. Membrane for desalination based on lignin, bentonite, expandable graphite, and polyvinylidene fluoride. Всероссийская научная конференция с международным участием «Современные проблемы органической химии», 12-14 сентября 2022, Новосибирск. -p.114. <https://drive.google.com/file/d/1A5So9PiHlyt4mT2P5m0u-Glm1FMNLi0/view> (dərc olunub)
- 9) **Tezis**-S.Aliyeva, J.Ismayilova, R.Gahramanov. Polyvinylidene fluoride and polyvinyl alcohol-based membrane containing bentonite nanoparticles / Sumqayıt Dövlət Universitetinin 60 illiyinə həsr olunmuş "Universitet elminin və təhsilinin müasir problemləri" mövzusunda Respublika elmi konfransı, 17-18 noyabr 2022-ci il, s.87-88. <https://www.ssu-conferenceproceedings.edu.az/pdf/8-1.pdf> (dərc olunub)
- 10) **Tezis**-S.B.Aliyeva. Environmental aspects of the synthesis Polypropylene, Polycarbonate, and Polyphenylene Sulfide Polymer. XXVI Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием) — Нижний Новгород, 18-20 апреля 2023 г. (çapa qəbul olunub)
- 11) **Tezis**-С.Б.Алиева. Поливинилиденфторидная мембрана на основе терморасширенного графита / XIX Международной научно-практической конференции «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения», 3-8 июля 2023 г. / п.Эльбрус, Россия (çapa göndərilib)

5 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər

Hesabat dövründə nəzərdə tutulmamışdır

6 Layihə üzrə ezamiyyətlər (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmçinin ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiq göstərməlidir)

Hesabat dövründə nəzərdə tutulmamışdır.



7	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa) Hesabat dövründə nəzərdə tutulmamışdır
8	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak Hesabat dövründə nəzərdə tutulmamışdır.
9	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar) (məlumat tam şəkildə göstərməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq) VI International Scientific Conference of Young Researchers, 29-30 April 2022, Baku, Azerbaijan a) Divar məruzəsi; b) beynəlxalq konfrans
10	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları Hesabat dövründə layihə üzrə cihaz, avadanlıq, qurğu, mal və materiallar əldə olunmamışdır.
11	Yerli həmkarlarla əlaqələr Hesabat dövründə yerli həmkarlarla əlaqələr nəzərdə tutulmamışdır. Bəzi tədqiqat işləri Azərbaycan-Fransız Universitetində (UFAZ) aparılmışdır.
12	Xarici həmkarlarla əlaqələr Hesabat dövründə xarici həmkarlarla əlaqələr nəzərdə tutulmamışdır
13	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa) Hesabat dövründə layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı nəzərdə tutulmamışdır
14	Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa) Hesabat dövründə sərgilərdə iştirak nəzərdə tutulmamışdır
15	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa) Hesabat dövründə təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi nəzərdə tutulmamışdır
16	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərməlidir) Hesabat dövründə layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri olmamışdır

#### SİFARIŞÇI:

Azərbaycan Elm Fondu

Şöbə müdiri

Quliyeva Mülayim Sahib qızı

(imza)

“ \_ ” \_\_\_\_\_ 20\_ -cü il

#### İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Əliyeva Solmaz Bəxtiyar qızı

(imza)

“ \_ ” \_\_\_\_\_ 20\_ -cü il





## AZƏRBAYCAN ELM FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Elm Fondunun Gənc Alim və  
Tədqiqatçıların 6-cı qrant müsabiqəsinin  
(EIF-GAT-6-2021-2(39)) qalibi olmuş  
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

### ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN ƏMƏLİ (TƏCRÜBİ) HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ VƏ LAYİHƏNİN NƏTİCƏLƏRİNDƏN GƏLƏCƏK TƏDQIQATLARDA İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ HAQQINDA MƏLUMAT VƏRƏQİ

(Qaydalar üzrə Əlavə 16)

Layihənin adı: **Suyun təmizlənməsi və duzsuzlaşdırılması üçün məsaməli polimer nanokompozit membranların alınması və tədqiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Əliyeva Solmaz Bəxtiyar qızı**

Qrantın məbləği: **45 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-GAT-6-2021-2(39)-13/08/4-M-08**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **11 fevral 2022-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 mart 2022-ci il – 01 mart 2023-cü il**

**Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır**

#### Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

1 Layihənin əsas əməli (təcrübi) nəticələri, bu nəticələrin məlum analoqlar ilə müqayisəli xarakteristikası

Layihənin əsas təcrübi nəticələrindən biri poliviniliden flüorid substartı və laboratoriya şəraitində sintez edilmiş genişlənmiş qrafit saxlayan tikilmiş polivinil spirti selektiv təbəqəsindən ibarət məsaməli polimer nanokompozit membranın hazırlanmasıdır. Məsaməli polimer nanokompozit membranın selektiv təbəqəsində olan genişlənmiş qrafit yüksək məsaməliliyə malikdir və o, brilliant yaşılı boyaq maddəsi,  $Cd^{2+}$  və  $Na^+$  ionlarının sorbsiyasında tədqiq edilmişdir. Məlum edilmişdir ki, genişlənmiş qrafitin brilliant yaşılı boyaq maddəsi,  $Cd^{2+}$  və  $Na^+$  ionlarına qarşı adsorbsiya xassələri genişlənən qrafit və bentonit gilindən geri qalmır. Genişlənmiş qrafitlə brilliant yaşılı boyaq maddəsinin adsorbsiyasından alınan nəticələrə əsasən bu boyaq maddəsinə qarşı genişlənmiş qrafitin sorbsiya tutumu ədəbiyyatda məlum olan kimyəvi modifikasiya olunmuş areka qozu qabığı [Sukla Baidya, K. & Kumar, U. Adsorption of brilliant green dye from aqueous solution onto chemically modified areca nut husk. South African J. Chem. Eng. 35, 33–43 (2021)], Luffa süngəri [Segun Esan, O., Nurudeen Abiola, O., Owoyomi,

O., Olumuyiwa Aboluwoye, C. & Olubunmi Osundiya, M. Adsorption of Brilliant Green onto Luffa Cylindrical Sponge: Equilibrium, Kinetics, and Thermodynamic Studies. ISRN Phys. Chem. 2014, 1–12 (2014)] və tannin gelindən [Akter, N. et al. Amine modified tannin gel for adsorptive removal of Brilliant Green dye. J. Environ. Chem. Eng. 4, 1231–1241 (2016)] çoxdur. Qeyd edilmiş tədqiqat işlərinin nəticələrinə əsasən Langmuir izoterm modelinə əsasən hesablanmış maksimum sorbsiya tutumu kimyəvi modifikasiya olunmuş areka qozu qabığı üçün 18.21 mq/q, Luffa süngəri üçün 18.20 mq/q, tannin geli üçün 8.55 mq/q-dır. Tərəfimizdən sintez edilmiş genişlənmiş qrafitin Langmuir modelinə əsasən təyin edilmiş sorbsiya tutumu isə 36.49 mq/q-a bərabərdir.

Layihə çərçivəsində poliviniliden flüorid substartı və laboratoriya şəraitində sintez edilmiş genişlənmiş qrafit saxlayan tikilmiş polivinil spirti selektiv təbəqəsindən ibarət məsaməli polimer nanokompozit membranı hazırlanmışdır. Ədəbiyyat məlumatlarında membranın selektiv təbəqəsinin formalaşdırılması üçün, çox hallarda m-fenilendiamin (MFD) və trimezoilxloriddən (TMX) istifadə edilir. Ədəbiyyatda MFD və TMX-dən formalaşdırılan selektiv təbəqəsində karbon tərkibli doldurucu olan membranların hazırlanması məlumdur [Zhang, L., Shi, G.-Z., Qiu, S., Cheng, L.-H. & Chen, H.-L. Preparation of high-flux thin film nanocomposite reverse osmosis membranes by incorporating functionalized multi-walled carbon nanotubes. Desalin. Water Treat. 34, 19–24 (2011)]. Həmçinin, ədəbiyyat məlumatlarında polivinil spirtinin tikilmə reaksiyası ilə selektiv təbəqəsində liqnin saxlayan membranının sintezi məlumdur [Chen, Y.-T., Sun, Y.-M., Hu, C.-C., Lai, J.-Y. & Liu, Y.-L. Employing lignin in the formation of the selective layer of thin-film composite membranes for pervaporation desalination. Mater. Adv. 2, 3099–3106 (2021)]. Tərəfimizdən ilk dəfə olaraq ədəbiyyatda məlum membranlardan fərqli olaraq selektiv təbəqəsində genişlənmiş qrafit saxlayan membran sintez edilmişdir.

2 Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi haqqında məlumat (istehsalatda tətbiq (tətbiqin aktını əlavə etməli); tədris və təhsildə (nəşr olunmuş elmi əsərlər və s. – təhsil sistemində tətbiqin aktını əlavə etməli); bağlanmış xarici müqavilələr və ya beynəlxalq layihələr (kimlə bağlanıb, müqavilənin və ya layihənin nömrəsi, adı, tarixi və dəyəri); dövlət proqramlarında (dövlət orqanının adı, qərarın nömrəsi və tarixi); ixtira üçün alınmış patentlərdə (patentin nömrəsi, verilmə tarixi, ixtiranın adı); və digərlərində)

Hesabat dövründə olmamışdır.

### 1. Layihənin nəticələrindən gələcək tədqiqatlarda istifadə perspektivləri

1 Nəticələrin istifadəsi perspektivləri (fundamental, tətbiqi və axtarış-innovasiya yönü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında; dövlət proqramlarında; dövlət qurumlarının sahə tədqiqat proqramlarında; ixtira və patent üçün verilmiş ərizələrdə; beynəlxalq layihələrdə; və digərlərində)

Poliviniliden flüorid substartı və tikilmiş polivinil spirti selektiv təbəqəsində laboratoriya şəraitində sintez edilmiş genişlənmiş qrafit saxlayan məsaməli polimer nanokompozit membran sorbsiya xassəsinə malik olduğu üçün həm membranla filtrləmə metodu ilə tullantı sularının təmizlənməsində, həm də adsorbsiya metodu ilə tullantı sularının digər növ çirkləndiricilərdən də təmizlənməsi və suyun duzsuzlaşdırılması üçün təbəqəşəkilli adsorbent kimi tətbiq edilə bilər. Layihə mövzusunun əhəmiyyətli və aktual olması, bu istiqamətdə aparılacaq tədqiqat işlərinin çoxşaxəli olmasını nəzərə alaraq, hesabat dövründə alınmış nəticələrə əsaslanmaqla gələcək tədqiqatlarda da bu mövzu ilə bağlı praktiki işlərin davam etdirilməsi nəzərdə tutulmuşdur.

**SİFARİŞÇİ:**

**Azərbaycan Elm Fondu**

**Şöbə müdiri**

**Quliyeva Mülayim Sahib qızı**

\_\_\_\_\_  
(imza)

“ \_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_ -cü il

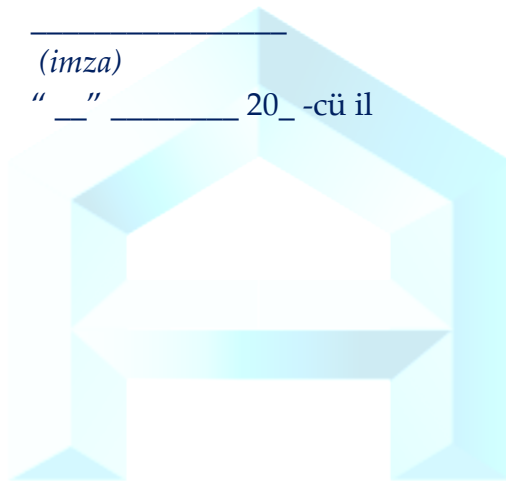
**İCRAÇI:**

**Layihə rəhbəri**

**Əliyeva Solmaz Bəxtiyar qızı**

\_\_\_\_\_  
(imza)

“ \_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_ -cü il





## AZƏRBAYCAN ELM FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Elm Fondunun Gənc Alim və  
Tədqiqatçıların 6-cı qrant müsabiqəsinin  
(EIF-GAT-6-2021-2(39)) qalibi olmuş  
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

### ALINMIŞ ELMİ MƏHSUL HAQQINDA MƏLUMAT (Qaydalar üzrə Əlavə 17)

Layihənin adı: **Suyun təmizlənməsi və duzsuzlaşdırılması üçün məsaməli polimer nanokompozit membranların alınması və tədqiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Əliyeva Solmaz Bəxtiyar qızı**

Qrantın məbləği: **45 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-GAT-6-2021-2(39)-13/08/4-M-08**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **11 fevral 2022-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 mart 2022-ci il – 01 mart 2023-cü il**

**Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır**

#### 1. Elmi əsərlər (sayı)

№	Tamlıq dərəcəsi	Dərc olunmuş	Çapa qəbul olunmuş və ya çapda olan	Çapa göndərilmiş
1.	Monoqrafiyalar			
	həmçinin, xaricdə çap olunmuş			

2.	Məqalələr		S.B.Aliyeva. Comparison of adsorption properties of expandable and expanded graphite in relation to brilliant green /ADPU-nun "Pedaqoji Universitetin Xəbərləri" dövrü elmi jurnalı "Riyaziyyat və təbiət elmləri seriyası"	
	həmçinin xarici nəşrlərdə		S.Aliyeva. Polypropylene, polycarbonate, and polyphenylene sulfide polymers: environmental aspects of the synthesis / Baku Engineering University, Chemistry and Biology	
			S.Aliyeva. Covalent Carbon Nanotube and Fullerene Hybrid Structures: Mini-Review / Surface Review and Letters.	
				S.Aliyeva. Comparison of the sorption property of expandable and thermally expanded graphite adsorbents, and bentonitetowards sodium and cadmium (II) ions / «Вестник НЯЦ РК»



3.	Konfrans materialları nda məqalələr  O cümlədən, beynəlxalq konfrans materialları nda			
4.	Məruzələrin tezisləri          həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda	S.Aliyeva, J.Ismayilova, R.Gahramnov. Polyvinylidene fluoride and polyvinyl alcohol- based membrane containing bentonite nanoparticles / Sumqayıt Dövlət Universitetinin 60 illiyinə həsr olunmuş "Universitet elminin və təhsilinin müasir problemləri" mövzusunda Respublika elmi konfransı, 17-18 noyabr 2022-ci il, s.87-88. <a href="https://www.ssu-conferenceproceedings.edu.az/pdf/8-1.pdf">https://www.ssu- conferenceproceedings.edu.az/pdf/ 8-1.pdf</a>		
		S.Aliyeva, R.Khankishiyeva, J.Ismayilova, R.Gahramanov. Cheap material that can be used for water desalination / VI International Scientific Conference of Young Researchers, 29-30 April 2022, Baku, Azerbaijan, -p.107- 109. <a href="http://yric.az/Book GTK VI.pdf">http://yric.az/Book GTK VI.pdf</a>		
		Gahramanov R., Ismayilova J., Khankishiyeva R., Aliyeva S. Infrared spectroscopy study of hydrolyzed lignin, the main component of the "Polyphepan". "Müasir Təbiət və İqtisad Elmlərinin Aktual Problemləri Beynəlxalq Elmi Konfransı", Gəncə, Azərbaycan, 06-07 may 2022-ci il, III hissə, - s.101-103. <a href="https://gdu.edu.az/wp-content/uploads/2022/09/Konfrans_2022_3.pdf">https://gdu.edu.az/wp- content/uploads/2022/09/Konfrans _2022_3.pdf</a>		

		<p>J.Ismayilova, S.Aliyeva. Membrane-based technologies for wastewater treatment and water desalination: membrane distillation / “Şuşa və ətraf ərazilərin biomüxtəlifliyi, torpaq və su ehtiyatları: gələcəyə baxış” mövzusunda beynəlxalq konfrans, 22-23 sentyabr 2022-ci il, s.261-262. <a href="http://bteb.science.gov.az/uploads/Qaraba%C4%9F-%C5%9Eu%C5%9Fa%20konfrans%20abstract%20book.pdf">http://bteb.science.gov.az/uploads/Qaraba%C4%9F-%C5%9Eu%C5%9Fa%20konfrans%20abstract%20book.pdf</a></p>		
		<p>S.B.Aliyeva. Membrane for desalination based on lignin, bentonite, expandable graphite, and polyvinylidene fluoride. Всероссийская научная конференция с международным участием «Современные проблемы органической химии», 12-14 сентября 2022, Новосибирск. -р.114. <a href="https://drive.google.com/file/d/1A5So9PiHlyt4mT2P5m0u-Glm1FMNLI0/view">https://drive.google.com/file/d/1A5So9PiHlyt4mT2P5m0u-Glm1FMNLI0/view</a></p>		
			<p>S.B.Aliyeva. Environmental aspects of the synthesis Polypropylene, Poly carbonate, and Polyphenylene Sulfide Polymer. XXVI Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием) — Нижний Новгород, 18-20 апреля 2023 г.</p>	

				С.Б.Алиева. Поливинилиден фторидная мембрана на основе терморасширенн ого графита / XIX Международной научно- практической конференции «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения», 3-8 июля 2023 г. / п.Эльбрус, Россия
5.	Digər (icmal, atlas, kataloq və s.)			

## 2. İxtira və patentlər (sayı)

No	Elmi məhsulun növü	Alınmış	Verilmiş	Ərizəsi verilmiş
1.	Patent, patent almaq üçün ərizə			
2.	İxtira			
3.	Səmərələşdirici təklif			

## 3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

No	Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.)	Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional, beynəlxalq)	Məruzənin növü (plenary, dəvətli, şifahi, divar)	Sayı
1.	VI International Scientific	Beynəlxalq	divar	1

	Conference of Young Researchers, 29-30 April 2022, Baku, Azerbaijan			
2.				
3.				

**SİFARİŞÇİ:**

**Azərbaycan Elm Fondu**

**Şöbə müdiri**

**Quliyeva Mülayim Sahib qızı**

(imza)

“ ” 20\_-cü il

**İCRAÇI:**

**Layihə rəhbəri**

**Əliyeva Solmaz Bəxtiyar qızı**

(imza)

“ ” 20\_-cü il