



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
"Elm-Təhsil İntegrasiyası" məqsədli qrant müsabiqəsinin
(EIF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **İnterkalyasiya olunmuş laylı quruluşlu birləşmələr və polimerlər əsasında hazırlanmış yeni hibrid nanokompozitlərin sorbsiya və katalitik xassələri**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Əzizov Abdulsəyid Əbdülhəmid oğlu**

Qrantın məbləği: **29 500 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)-71/02/4-M-47**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **28 avqust 2020-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **6 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 oktyabr 2020-ci il – 01 aprel 2021-ci il**

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar
Layihənin icra müddəti dövründə planlaşdırılmış tədqiqat işləri 2 mərhələdə yerinə yetirilmişdir

Birinci mərhələ: Oksidləşdici xlorfosforlaşma üsulu ilə interkalyasiya olunmuş qrafit (İOQ) və butadien kauçuku (BK) əsasında sintez edilmiş yeni hibrid nanokompozitin (HbK) kadmium (II) ionları və Akridin sarı boyaq maddəsi üçün sorbent kimi tətbiqi öyrənilmişdir.

1. Sintez edilmiş yeni hibrid nanokompozitə ağır metal ionlarının sorbsiyasının tədqiqi

Aparılan tədqiqatlarda ağır metal ionlarının nümayəndəsi kimi kadmium ionları götürülmüş və hazırlanmış HbK-nin bu iona görə sorbsiya qabiliyyəti tədqiq edilmişdir. Bu məqsədlə ilk öncə metal ionu məhlulları və bufer məhlullar hazırlanmışdır.

Kadmium ionlarının ana məhlulunun ($C_0 = 10.00 \text{ mmol L}^{-1}$) hazırlanması üçün 2.2832 q miqdarında $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5 \text{ H}_2\text{O}$ duzu deionlaşdırılmış suda həll edilmişdir. Bu məhlulun müvafiq durulaşdırılması ilə lazım olan qatılıqlı məhlullar hazırlanmışdır. $\text{pH}=1-2$, xlorid turşusunun standart məhlulu (0,1 N qatılıqlı) vasitəsilə, 3-11 isə CH_3COOH və NH_4ON məhlullarından (0,1 N qatılıqlı) istifadə etməklə hazırlanmış ammonium-asetat bufer məhlulları ilə yaradılmışdır.

Sorbsiya proseslərinin tədqiqi Mühitin pH-nin təsiri

Uyğun təcrübələr pH-in 1-11 qiymətlərində 24 ± 2 °C temperaturda aparılmışdır. Bu məqsədlə 0.050 q HbK 20 ml ($0.5360 \text{ mmol L}^{-1}$) metal ion məhlulu ilə 8 saat müddətində qarışdırılmışdır. Sorbsiyadan sonra metal ionlarının qalıq qatılıqları induktiv əlaqəli plazma spektroskopiyaya metodu ilə PERKİN-ELMER firmasının OPTİMA 2100D cihazında (ICR-spectrometer) təyin olunmuşdur.

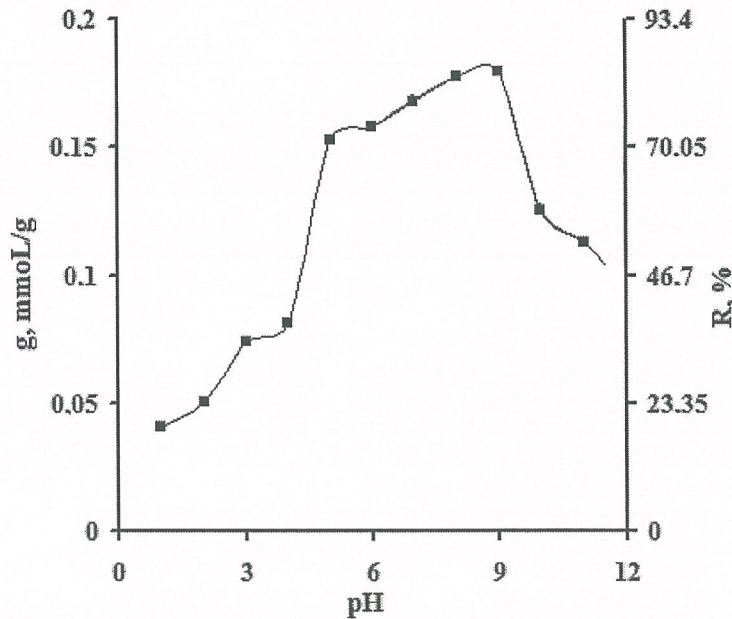
Prosesin qiymətləndirilməsi sorbsiya tutumu (q) və sorbsiya dərəcəsinin (R , %) hesablanması ilə həyata keçirilmişdir:

$$q = \frac{(C_0 - C_{tar})V}{g} \quad (1)$$

$$R = \frac{C_0 - C_{tar}}{C_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

burada, C_0 və C_{tar} —uyğun olaraq sorbatın ilkin və tarazlıqlı qatılığı, mmol L^{-1} və ya mg L^{-1} ; g —HbK-nin kütləsi, q ; V —məhlulun həcmidir, l.

Nəticələr 1-ci şəkildə verilmişdir.



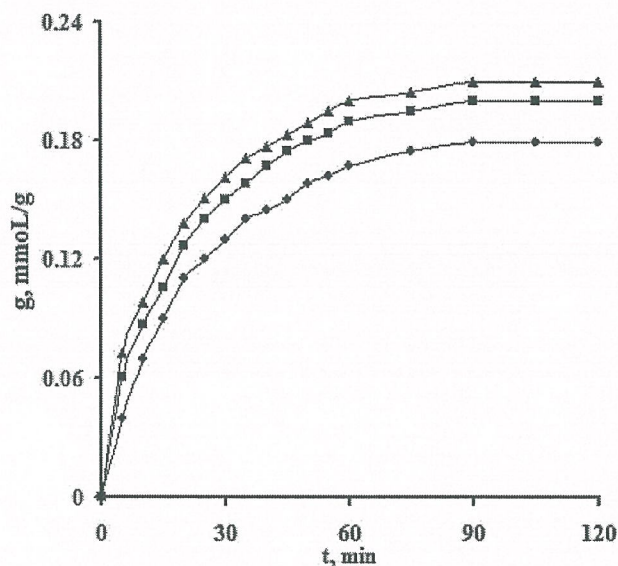
Şəkil 1. Cd (II) ionlarının sorbsiyasına mühitin pH-in təsiri

Göründüyü kimi pH-in 1-2 qiymətlərində sorbsiya dərəcəsi aşağıdır. Belə nəticə pH-in seçilmiş intervalında Cd (II) ionlarının akvakompleks ($[\text{Cd}(\text{H}_2\text{O})_n]^{2+}$) şəklində olması və sorbsiyanın əsasən $-P=O$ qrupları hesabına baş verməsi ilə izah edilə bilər. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, fosforil qrupları tərəfindən sorbsiya olunmuş metal ionları çox asanlıqla protonlar ilə əvəz edilə bilər. Digər tərəfdən pH-in 1-2 qiymətlərində HbK aşağı şişmə dərəcəsinə malik olduğundan prosədə daha az sayda aktiv mərkəz iştirak edir. pH=3-7 aralığında məhlul turşuluğunun azalması ilə metal ionlarının adsorbsiya dərəcəsi tədricən artır. Analoji tendensiya zəif qələvi mühitdə də davam edir və sorbsiya dərəcəsi pH=9-da maksimuma çatır. Sonra nisbətən güclü qələvi mühitə doğru sürüşmə ilə sorbsiya dərəcəsi kəskin azalır. Bu nəticələrin izahı üçün HbK və Cd (II) ionları məhlulunda baş verən aşağıdakı dəyişikləri nəzərə almaq lazımdır. Birincisi,

mühitin pH-ın artması ilə HbK tədricən ionlaşır və müxtəlif quruluşlar da ola bilər: $\sim P(O(OH)(O^-))$ (pH=4-8 aralığında) və $\sim P(O)(O^-)(O^-)$ (pH-da>8) [1]. Ammonium-asetat bufer məhlulundan istifadə etdikdə (pH>3) Cd (II) ionlarının həm ammonium, həm də asetat komplekslərinin əmələ gəlməsi mümkündür. Buna görə pH>3 qiymətində məhluldakı metal ionları su, hidroksi və ammonium kompleksləri şəklində olacaqdır. Bu komplekslərin nisbəti, müxtəlif pH-da fərqli olur. Xüsusilə, maksimum sorbsiya dərəcəsinə uyğun pH qiymətlərində (pH=9) kadmium ionları əsasən aşağıdakı tip ammonyak kompleksi şəklində mövcuddur: $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$. Bu cür komplekslər tamamilə ionlaşmış HbK ($\sim P(O)(O^-)(O^-)$) tərəfindən asanlıqla sorbsiya olunur. pH-ın 10-11 intervalında məhlulda ammonium ionlarının qatılığı artır və nisbətən davamsız komplekslər əmələ gəlir: $[Cd(NH_3)_5]^{2+}$ və $[Cd(NH_3)_6]^{2+}$ [2]. Bu komplekslər pH-ın əvvəlki qiymətlərində məhlulda yaranmış komplekslərlə müqayisədə ($[Cd(NH_3)_4]^{2+}$ HbK tərəfindən daha pis sorbsiya olunur. Nəticədə HbK-nın sorbsiya qabiliyyətinin azalması müşahidə edilir.

Sorbsiya müddəti və temperaturun prosesə təsiri

Sorbsiya müddəti və temperaturun təsirinə öyrənilməsi üçün tədqiqatlar pH-ın 9.0 qiymətində aparılmışdır: məhlulun həcmi 200 ml, metal ionlarının ilkin qatılığı $0.5357 \text{ mmol L}^{-1}$, HbK-nın kütləsi 0,5 q olmuşdur. Nəticələr 2-ci şəkildə verilmişdir.



Şəkil 2. Sorbsiya müddəti və temperaturun Cd (II) ionlarının sorbsiyasına təsiri

Şəkildən görüldüyü kimi, proses çoxmərhləlidir. Əvvəlcə nisbətən yüksək sürətlə baş verir. Zaman keçdikcə tarazlığa yaxınlaşır. Metal ionlarının əksər hissəsi ilk 40 dəqiqə, qalan hissəsi isə sonrakı müddət ərzində sorbsiya olunur. Bu onu göstərir ki, Cd (II) ionlarının sorbsiyası heç bir çətinlik olmadan baş verir. Beləliklə, prosesin ilkin mərhələsində nisbətən çox sayda aktiv mərkəz metal ionları üçün əlçatandır. Zaman keçdikcə daha çox sayda aktiv mərkəzlər metal ionları ilə tutulur. Buna görə də sonrakı mərhələlərdə sorbsiyanın sürəti azalır və proses aktiv mərkəzlərin doyma nöqtəsinə çatır. Ümumiyyətlə, prosesin tam baş verməsi üçün 2 saat kifayət edir. Analoji təcrübələr müxtəlif temperaturlarda aparılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, HbK-nın sorbsiya qabiliyyəti temperaturun 25 °C-dən 55 °C-yə qədər artması ilə artır. Bu nəticə, temperaturun artması ilə kadmium ionlarının daha mütəhərrik olması və sorbsiya üçün nisbətən daha çox aktiv mərkəzin əlçatanlığı ilə izah edilə bilər. Beləliklə, temperaturun artması prosesə müsbət təsir göstərir, yəni sorbsiya endotermik bir təbiətə malikdir.

Alınmış təcrübə nəticələri müxtəlif kinetik modellərlə işlənmişdir. Nəticələr 1-ci cədvəldə göstərilmişdir.

Cədvəl 1. Cd (II) ionlarının sorbsiyasının kinetik parametrləri

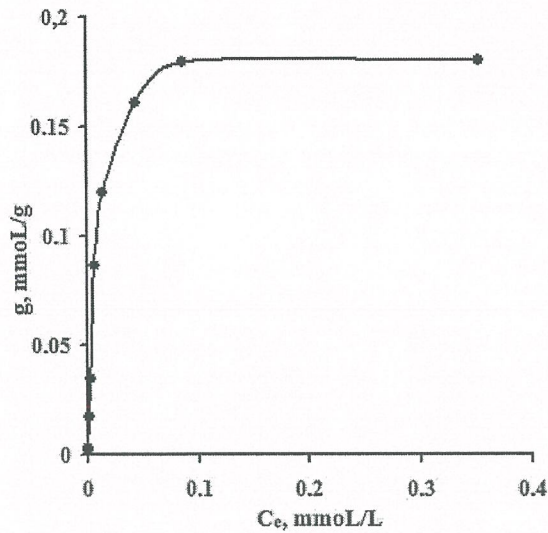
t, °C	psevdo-birinci			psevdo-ikinci			daxili diffuziya		
	$k_1, (d\text{əq}^{-1})$	q_t	R^2	$k_2, (mmol \cdot min)^{-1} g$	q_t	R^2	$k_i, mmol (q d\text{əq}^{0.5})^{-1}$	C	R^2
25	0.0451	0.184	0.9816	0.2391	0.215	0.9973	0.0281	-0.0199	0.9922
40	0.0469	0.193	0.9913	0.2804	0.231	0.9978	0.0281	-0.0015	0.9971
55	0.0464	0.188	0.9900	0.3152	0.238	0.9985	0.0278	0.0114	0.9972

Əvvəlcə psevdo-birinci və psevdo-ikinci dərəcəli modellərin hesablanmış parametrləri müqayisə edilmişdir. Göründüyü kimi psevdo-ikinci dərəcəli modelin korrelyasiya əmsalı psevdo-birinci dərəcəli modelə nisbətən yüksəkdir. Digər tərəfdən psevdo-birinci dərəcəli modelə görə hesablanmış qiymət (q_t) uyğun parametrin eksperimental qiymətinə daha yaxındır. Ancaq bu parametrin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinə nəzərə alsaq, sorbsiya prosesinin psevdo-ikinci dərəcəli modelə daha yaxşı təsvir olunması görülür. Beləliklə, sorbsiya əsasən kimyəvi proses hesabına baş verir. Yeni kadmium ionlarının ammonium kompleksləri ilə tamamilə ionlaşmış HbK arasında kimyəvi təbiətli qarşılıqlı təsir baş verir.

Sonrakı mərhələdə təcrübi qiymətlərin daxili diffuziya modeli ilə işlənməsi hesabına alınmış nəticələr interpretasiya olunmuşdur. Cədvəldən göründüyü daxili diffuziyanın parametri (C) əvvəlcə mənfi qiymətə malikdir. Bu onu göstərir ki, daxili diffuziya ilə yanaşı prosesə xarici diffuziya da təsir göstərir. Nisbətən yüksək temperaturda bu parametr müsbət qiymət alır ki, bu da çox sürətli adsorbsiya ilə əlaqələndirilir.

Cd (II) ionlarının ilkin qatılığının təsiri

Metal ionunun ilkin qatılığının sorbsiya prosesinə təsirini öyrənmək üçün 0,05 q miqdarda quru HbK nümunələri müxtəlif kolbalara yerləşdirilmişdir. Bu kolbalara 20 mL həcmində müxtəlif qatılıqlı ($0.0001-2.2400 \text{ mmol L}^{-1}$) metal ionları məhlulları əlavə edilmişdir. Mühitin pH-ı 9.0 olmuşdur. Kolba, qarışdırıcıda $24 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ -də 8 saat ərzində saxlanmışdır. Sorbsiyadan sonra metal ionlarının qalıq qatılıqları təyin olunmuşdur. Təcrübi nəticələr 3-cü şəkildə verilmişdir.



Şəkil 3. Cd (II) ionlarının sorbsiya izotermi (başlanğıc qatılıq: Cd (II) $0.0001 \div 1.0000 \text{ mmol L}^{-1}$; HbK-nın kütləsi 2.5 g L^{-1} ; pH=9.0; sorbsiya müddəti 8 saat; temperatur $24 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$)

Bu asılıq izotermaların Gils təsnifatına görə L2 tipli modelə uyğundur [3]. Təcrübi nəticələrin təsviri üçün Lenqmür [4], Freundlich [5], Temkin [6] və Dubinin-Radushkevich (D-R) [7] izoterm modellərindən istifadə edilmişdir. Modellərin müəyyən edilmiş parametrləri 2-ci cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 2. Cd(II) ionlarının HbK ilə sorbsiyasının müxtəlif izoterm modellərinə görə parametrləri

Model	İzoterm parametrləri			
	Lenqmür	$K_L, L g^{-1}$	$q_{max}, mmol g^{-1}$	R^2
53.1550		0.1826	0.9975	
Freundlich	K_F	n	R^2	
	0.7396	1.4025	0.8488	
Temkin	A	B	R^2	
	13478.0	0.0204	0.9176	
D-R	$q_s, mmol q^{-1}$	$\beta \times 10^8$	$E, kJ mol^{-1}$	R^2
	0.3043	1.00	7.07	0.9740

Cədvəldən görüldüyü kimi, Lenqmür və D-R modelləri üçün korrelyasiya əmsalı (R^2) müvafiq olaraq 0.9975 və 0.9740-a bərabərdir. Bu qiymətlər digər iki model üçün korrelyasiya əmsalından daha yüksəkdir: Freundlich (0.8488) və Temkin (0.9176). Alınan nəticələr sorbsiyanın Lenqmür və D-R izoterm modellərinə uyğun gəldiyini göstərir. Cd (II) ionlarının sorbsiyasının eksperimental nəticələri ilə Lenqmür izoterm modeli arasında yaxşı uyğunluq aşağıdakıları göstərir: birincisi, energetik baxımdan HbK-nın bütün səthi homogenidir, yeni aktiv mərkəzlər eyni sorbsiya aktivliyinə malikdir. İkincisi, Cd (II) ionları ilə aktiv mərkəzlər arasındakı qarşılıqlı əlaqə metal ionları arasındakı qarşılıqlı əlaqədən daha güclüdür. Buna görə də metal ionlarının sorbentdəki sorbsiyası monotəbəqənin əmələ gəlməsi ilə müşayiət olunur. Üçüncüsü, sorbent tərəfindən Cd (II) ionlarının sorbsiyası ilk növbədə kimyəvi sorbsiya mexanizmi ilə baş verir. Nəhayət, sorbentin Cd (II) ionlarına görə maksimum sorbsiya qabiliyyəti $0.1826 mmol L^{-1}$ -ə bərabərdir.

D-R izoterm modelindəki E-nin qiymətinin $7.07 kC mol^{-1}$ olması sorbsiyanın kimyəvi və ya ion mübadiləsi hesabına baş verdiyini göstərir [8].

2. Sintez edilmiş yeni hibrid nanokompozitlə boyaq maddələrinin sorbsiyasının tədqiqi

HbK-dan istifadə etməklə boyaq maddəsinin sorbsiyasına müxtəlif amillərin (boyaq maddəsinin ilkin qatılığı, temperaturun və HbK-nın miqdarı) təsiri öyrənilmiş, həmçinin sorbsiya prosesindən sonra müxtəlif desorbsiyaedici maddələrdən istifadə etməklə desorbsiya qanunauyğunluqları əsasən sorbsiyanın mümkün mexanizmi tədqiq edilmişdir.

Sorbsiyaya boyaq maddəsinin ilkin qatılığının təsiri

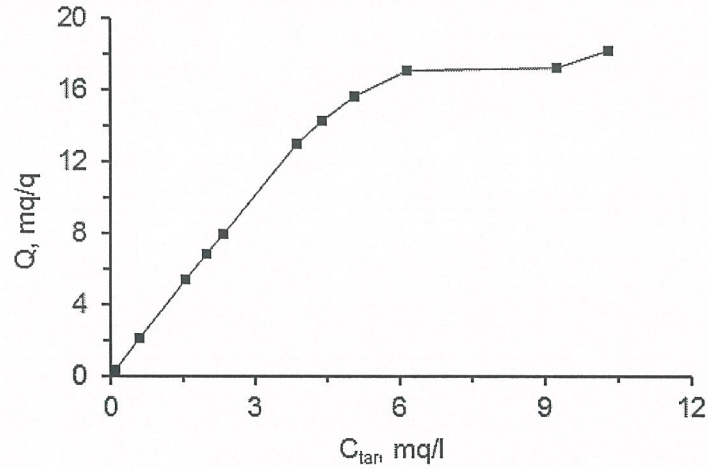
Sorbsiya prosesinə boyaq maddəsinin ilkin qatılığının (C_0) təsirinə öyrənilməsi üçün qatılığı $0.49-28.49 mg/l$ intervalında dəyişən Akridin sarı boyaq maddəsi məhlulları hazırlanmışdır. $0.015 q$ HbK analitik tərəzidə ölçülmüş və pH-ın 6.8 qiymətində 24 saat müddətində $0.015 l$ müxtəlif qatılıqlı Akridin sarı boyaq maddəsi məhlulları ilə sorbsiya prosesi aparılmışdır. Sorbsiya prosesindən sonra məhluldan nümunələr götürülmüş qatılığı SPECORD 210 Plus markalı ultrabənövşəyi-görünən spektrofotometrde $444 nm$ dalğa uzunluğunda tarazlıq qatılığı təyin edilmişdir. Sorbsiya tutumu və sorbsiya dərəcəsi (1) və (2) formulları ilə hesablanmışdır.

HbK ilə Akridin sarı boyaq maddəsinin sorbsiyasının boyaq maddəsinin ilkin qatılığından asılığının öyrənilməsindən alınan tədqiqatın nəticələri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 3. HbK-nin sorbsiya tutumu və sorbsiya dərəcəsinin boyaq maddəsinin məhluldakı ilkin qatılığından asılılığı

C_0 , mq/l	0.49	2.70	6.92	8.80	10.31	16.86	18.69	20.72	23.18	26.47	28.49
q , mq/q	0.37	2.10	5.38	6.80	7.96	12.99	14.28	15.63	17.02	17.22	18.17
R,%	78.2	77.8	77.8	77.3	77.2	77.0	76.4	75.4	73.4	65.1	63.8

Alınmış nəticələr əsasında aşağıdakı qrafik qurulmuşdur.



Şəkil 4. HbK ilə Akridin sarı boyaq maddəsinin sorbsiyasına boyaq maddəsinin ilkin qatılığının təsiri

Qrafikdən və cədvəldən görüldüyü kimi başlanğıc qatılıq 0.49 mq/l-dən 28.49 mq/l-ə artırılan zaman sorbsiya olunmuş boyaq maddəsinin miqdarı 0.37 mq/q-dan 18.17 mq/q-a qədər artır, sorbsiya dərəcəsi isə 78.2%-dən 63.8%-ə qədər azalır. Sorbsiya dərəcəsinin azalmasına səbəb boyaq maddəsinin yüksək qatılıqlarında kompozitin səthindəki aktiv mərkəzlərin daha çox doymuşluğa malik olmasıdır.

Akridin sarı boyaq maddəsinin HbK ilə 24 saat müddətində sorbsiyasından sonra onunla çirklənmiş suyun təmizlənməsini vizual olaraq görmək mümkündür (Şəkil 5).

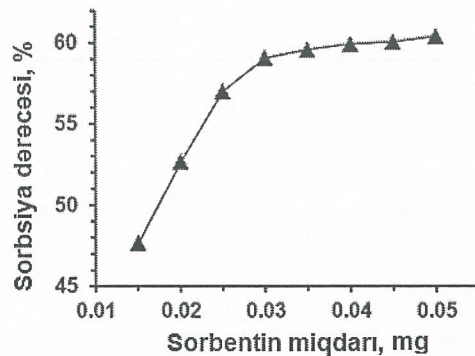


Şəkil 5. Akridin sarı boyaq maddəsinin sorbsiyadan əvvəl (sol) və sonra (sağ) foto görüntüləri

Sorbsiyaya kompozitin miqdarının təsiri

Sorbsiya prosesinə HbK-nin miqdarının təsirinin öyrənilməsi üçün 8 ədəd 50 ml-lik bükslərə 0.015, 0.020, 0.025, 0.030, 0.035, 0.040, 0.045 və 0.050 q kompozit yerləşdirilmiş və hər birinin üzərinə 0.015 l başlanğıc qatılığı 14.36 mq/l olan Akridin sarı boyaq maddəsi əlavə edilmişdir.

Otaq temperaturunda 24 saat müddətində statik şəraitdə sorbsiya aparıldıqdan sonra məhluldan nümunələr götürülmüş və boyaq maddəsinin tarazlıq qatılığı SPECORD 210 Plus markalı ultrabənövşəyi-görünən spektrofotometrde 444 nm dalğa uzunluğunda təyin edilmişdir. Alınmış nəticələrə əsasən sorbsiya tutumu və sorbsiya dərəcəsi hesablanmış və aşağıdakı qrafik qurulmuşdur.

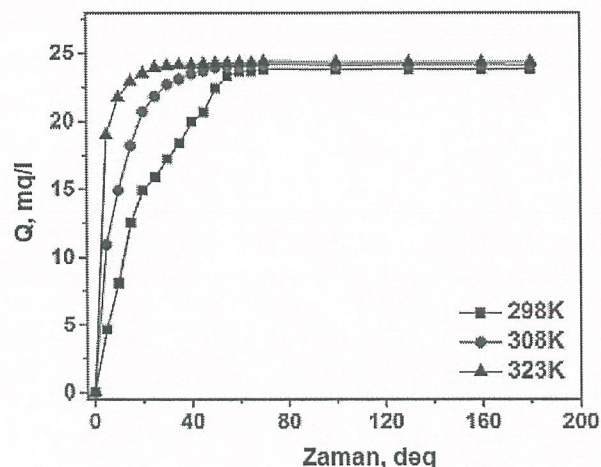


Şəkil 6 BK/İOQ-nin miqdarının sorbsiyaya təsiri

Şəkildən görüldüyü kimi, BK/İOQ-nin miqdarı 0.015 q-dan 0.03 q-a artan zaman sorbsiya dərəcəsi nəzərəçarpan dərəcədə artır. BK/İOQ-nin 0.03 q-dan 0.05 q-a artması zamanı sorbsiya dərəcəsinin daha az tempdə artması müşahidə olunmuşdur. Bunu onunla izah etmək olar ki, BK/İOQ-nin müəyyən miqdarından sonra maksimum adsorbsiya müşahidə edilir və hətta BK/İOQ-nin sonrakı əlavə edilməsi ilə də BK/İOQ ilə əlaqəli Akridin sarı molekullarının miqdarı sabit qalır.

Sorbsiyaya temperaturun və zamanın təsiri

HbK-nin sorbsiya qabiliyyətinin zamandan və temperaturda asılılığını öyrənmək üçün müxtəlif zaman müddətlərində və temperaturalarda boyaq maddəsi məhlulunun qatılığının dəyişməsi təyin olunur. Bunun üçün 0.05 q kompozit nümunəsi üzərinə 0.05 l qatılığı 28.7 mq/l olan Akridin sarı boyaq maddəsi məhlulu əlavə olunur. Məhlul 298, 308, 323 K temperaturda 100 dövr/dəqiqə sürətlə qarışdırılır və hər 10 dəqiqədən bir 0.5 ml nümunə götürülür və nümunədə boyaq maddəsinin tarazlıq qatılığı SPECORD 210 Plus ultrabənövşəyi-görünən spektrofotometrde 444 nm dalğa uzunluğunda təyin edilir. Alınmış nəticələrə əsasən sorbsiya tutumu və sorbsiya dərəcəsi hesablanır və aşağıdakı qrafik qurulur.



Şəkil 7. Akridin sarı boyaq maddəsinin kompozitlə sorbsiyasına temperaturun və sorbsiya müddətinin təsiri

Şəkil 7-dən görüldüyü kimi ilk 30 dəqiqə ərzində kompozitin səthindəki aktiv mərkəzlər sərbəst olduğu üçün proses sürətlə gedir [9]. 60 dəqiqə sonra tarazlıq halı yaranır. Bu nəticə bütün temperaturlar üçün xarakterikdir. Həmçinin şəkildən görünür ki, HbK-nın sorbsiya tutumu temperaturun artması ilə artır. Bu sorbsiyanın endotermik təbiətli olduğunu göstərir [10].

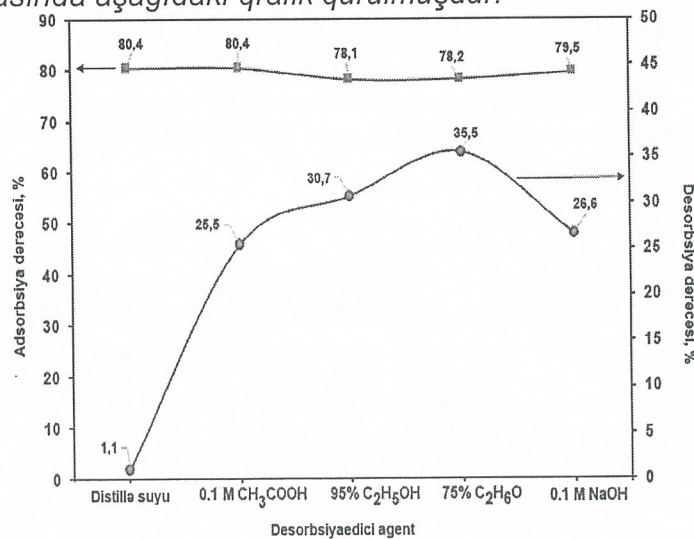
Desorbsiya

Desorbsiya tədqiqatları boyaq maddəsinin adsorbsiya mexanizmini izah etməkdə böyük əhəmiyyətə malikdir [11]. Desorbsiya tədqiqatlarının aparılması üçün əvvəlcə 28.7 mq/L qatılıqlı 0.02 l Akridin sarı boyaq maddəsi və 0.015 q HbK ilə dörd sorbsiya təcrübəsi aparılmışdır. Sorbsiya təcrübələri kompozit və boyaq maddəsi qarışığının otaq temperaturunda (298 K) 100 dövr/dəq sürətlə qarışdırmaqla 30 dəqiqə ərzində aparılmışdır. 30 dəqiqədən sonra məhlullardan nümunələr götürülmüş və məhlulda boyaq maddəsinin tarazlıq qatılığı SPECORD 210 Plus ultabənövşəyi-görünən spektrofotometrə 444 nm dalğa uzunluğunda təyin edilmişdir. Bütün təcrübələr üçün adsorbsiya dərəcəsi (2) düsturundan istifadə edilərək hesablanmışdır. Sorbsiya təcrübəsindən sonra HbK maye fazadan ayrılmış və açıq havada qurudulmuşdur. Desorbsiya təcrübələri fərqli desorbsiyaedici agentlərdə istifadə etməklə həyata keçirilmişdir. Desorbsiyaedici agentlər kimi müxtəlif qatılıqlı məhlullar götürülmüşdür: 0,1 M CH₃COOH, 0,1 M NaOH, 95% C₂H₅OH və 75% C₂H₆O Desorbsiya agentləri maye və bərk fazaların 1:100 (q:ml) nisbətində götürülmüşdür (q, kompozitin adsorbsiya sonrası quru kütləsi və ml, desorbsiyaedici məhlulun həcmi). Daha sonra kompozit/desorbsiyaedici məhlul qarışığı 30 dəqiqə müddətində 100 dövr/dəq sürətlə qarışdırılmışdır. 30 dəqiqədən sonra məhlullardan nümunələr götürülmüş və 444 nm dalğa uzunluğunda UV-vis spektrofotometrindən (SPECORD 210 Plus spektrofotometri) istifadə edərək nümunələrdə boyaq maddəsinin qatılığı təyin edilmişdir. Alınmış nəticələr əsasında desorbsiya faizi (D, %) aşağıdakı tənlikdən istifadə edərək hesablanmışdır [12]:

$$D = \frac{C_{des}}{C_0} \cdot 100\% \quad (3)$$

burada C_0 boyaq maddəsinin ilkin qatılığı (mq/l), C_{des} isə desorbsiyadan sonra məhlulda boyaq maddəsinin qatılığıdır (mq/l).

Alınmış nəticələr əsasında aşağıdakı qrafik qurulmuşdur.



Şəkil 8. Akridin sarı boyaq maddəsinin kompozitdən desorbsiyası (şərait: sorbsiya/desorbsiya müddəti = 30 dəq, $V_{desorbsiyaedici}$ maddə = 0.0005 ml, V_{boyaq} maddəsi = 0.015 ml, C_0 = 28.7 mq/l, m = 0.05 q, T = 298 K).

Şəki 8-dən göründüyü kimi, distillə suyu üçün digər desorbsiyaedici agentlərə nisbətən kiçik desorbsiya dərəcəsi (1.1%) müşahidə edilir. Distillə suyu ilə desorbsiya dərəcəsinin bu qiyməti Akridin sarı boyaq maddəsinin kiçik bir hissəsinin HbK ilə zəif rabitələrlə əlaqələnməsini göstərir [13]. 0,1 M qatılıqlı CH_3COOH məhlulu ilə bir az yüksək desorbsiya dərəcəsi (25,5%) belə izah edilə bilər: turş mühitdə HbK protonlanmış səthə malikdir və desorbsiya kompozitdəki müsbət yüklənmiş səthlər və kation tipli boyaq maddəsi olan Akridin sarı boyaq maddəsi molekulları arasındakı elektrostatik qarşılıqlı təsir nəticəsində baş verir [14]. 0.1 M qatılıqlı NaOH məhlulunda (26.6%) desorbsiyanın baş verməsi adsorbsiyanın tək hərəkətverici qüvvəsinin ion mübadilə prosesi olmadığını göstərir [15]. Üzvi həlledicilər məhlullarında (95%-li $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ və 75%-li $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) nisbətən yüksək desorbsiya dərəcəsi qeydə alınmışdır: uyğun olaraq 30.7 və 35.5%. Bu nəticə Akridin sarı boyaq maddəsinin desorbsiyaedici məhlullarda həll olmasının yüksək olması və ya üzvi həlledicilərlə Akridin sarı boyaq maddəsi arasındakı mümkün qarşılıqlı təsirlərlə izah edilə bilər [15].

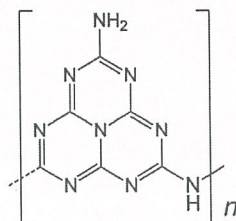
3. Tərkibində ağır metal ionları və boyaq maddələri olan suların yeni hibrid nanokompozitlə təmizlənməsinin tədqiqi

Bu bölmə üzrə aparılmış tədqiqatlarda tərkibində həm Cd (II) ionları, həm də Akridin sarı boyaq maddəsi olan sulardan HbK-nın sorbsiya qabiliyyəti öyrənilmişdir. Tədqiqatlar pH-ın 7 qiymətində aparılmışdır. Cd (II) ionlarının 2, 7, 12 və 17 mq/l olaraq götürülmüşdür. Akridin sarı boyaq maddəsinin ilkin qatılığı isə 5, 10, 15, 20 mq/l olmuşdur. Məhlulun ümumi həcmi 50 ml, kompozitin miqdarı isə 50 mq olmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, hər iki sorbatın maksimum qatılığında sorbent sorbsiya tutumu uyğun olaraq 15 mq/q (Cd (II) ionları üçün) və 17.6 mq/q (boyaq maddəsi üçün) olmuşdur. Ayrı-ayrılıqda götürüldükdə bu göstəricilər tək metal ionu və ya boyaq maddəsi üçün alınmış nəticələrdən aşağıdır. Ancaq mürəkkəb tərkibli məhlullardan (yeni tərkibində həm metal ionu, həm də boyaq maddəsi olan) sorbsiya zamanı kompozitin sorbsiya tutumunun cəm qiymətinin yüksək olduğu görünür.

İkinci mərhələ: Qrafit tipli polimer karbon nitrid ($\text{g-C}_3\text{N}_4$) əsasında tərkibində metal olmayan katalizatorlar müxtəlif üsullarla sintez edilmiş, metal və qeyri-metallarla modifikasiya edilmiş, onların effektiv fenilasetilenin stirola selektiv hidrogenləşməsi prosesində tədqiq edilmişdir.

Kimya sənayesində hazırda istifadə edilən katalitik proseslərin əksəriyyəti tərkibində qiymətli metallar olan heterogen katalizatorlar üzərində aparılır. Bu sistemlərin iştirakı ilə gedən proseslər yüksək enerji tutumu və çox miqdarda qiymətli metalların sərf edilməsilə xarakterizə olunur və ekoloji problemlər yaradır. Bu baxımdan tərkibində metal olmayan yüksək katalitik effektiv malik, ekoloji baxımdan təmiz katalizatorların hazırlanması, həmçinin tədqiqi nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Son illər tsiklik triazin molekulları əsasında formalaşan $\text{g-C}_3\text{N}_4$ (Şəkil 9) tərkibində metal olmayan yeni effektiv foto-, elektro- və kimyəvi katalizator kimi təklif olunur.



Şəkil 9. Qrafit tipli polimer karbon nitrid

Karbon nitridin nano-ölçülü quruluşa malik səthi -NH-, NH₂-, N=C=N və C=C kimi funksional qrupların qarşılıqlı təsiri nəticəsində əsasi və π-donor-akseptor xassələri kəsb edir ki, bu da g-C₃N₄-ü bir sıra elektrofil və nukleofil mexanizmə malik reaksiyalarda katalizator kimi istifadə etməyə imkan verir. g-C₃N₄ bir sıra azot tərkibli birləşmələrdən yüksək selektivliklə sintez edilə bilən, yüksək termiki (>550°C) və kimyəvi stabilliyə malik yarımkeçirici xassəli (2.70 eV) və qrafit kimi təbəqələri 2D quruluşa malik materialdır. Beləliklə, qeyd olunan mühüm fiziki-kimyəvi, elektron xassələri, ekoloji cəhətdən zərərsizliyi g-C₃N₄-ün foto-, elektro- və heterogen katalizdə effektiv üzvü katalizator kimi istifadəsinə imkan yaradır. Bu gün g-C₃N₄ bir çox araşdırma mərkəzlərində oksidləşmə, alkiləşdirmə, suyun parçalanması, CO₂-un aktivləşdirilməsi və s. proseslərdə katalizator kimi intensiv tədqiq edilir. Qrafit tipli g-C₃N₄ tərkibində metal olmayan heterogen katalitik sistemlərin yaradılması üçün unikal bir platformadır [16-18].

Bununla belə, katalizdə onun tətbiqi kiçik səth sahəsi, işıq şüası nəticəsində yaranan elektron - "çuxur" cütlərinin yüksək rekombinasiya sürəti və olduqca aşağı keçiriciliyi ilə məhdudlaşır. Polimer g-C₃N₄ quruluşunu asanlıqla modifikasiya etmək mümkündür [19]. Mezoməsəmali quruluşları yaratmaqla, metal və qeyri-metallarla, müvafiq enerji səviyyələrinə malik yarımkeçiricilərlə kombinə etməklə polimer g-C₃N₄-ün optiki və elektrik xassələrini yaxşılaşdırmaq mümkündür. Bu da onun daha geniş miqyasda foto-, elektro- və kimyəvi katalizdə, elektronikada, optikada və bir sıra başqa praktiki əhəmiyyətli sahələrdə istifadəsinə imkan yaradır. Unikal katalitik aktivliyi ilə yanaşı karbon nitridlər həm də effektiv daşıyıcı kimi də istifadə oluna bilər. Effektiv daşıyıcı potensialını inkişaf etdirmək məqsədilə karbon nitridlərin bir sıra katalitik aktiv metal və metal oksidləri ilə kompozitlərinin sintezi və tədqiqi aparılmışdır [20,21].

1. Karbon nitridin (g-C₃N₄) müxtəlif azot-tərkibli maddələrdən sintezi

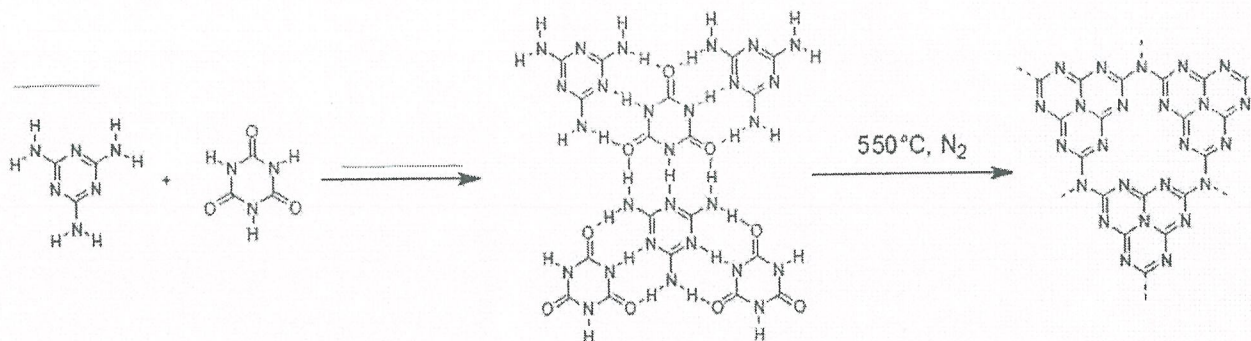
g-C₃N₄-ü sianamidin, disianamidin, melaminin, karbamidin və s. termiki özü özü ilə polikondensasiyası yolu ilə sintez etmək olar. Sintez müxtəlif temperaturlarda aparılır. Cədvəl 4-də melaminin 400-600°C -də pirolizinin nəticələri verilmişdir.

Cədvəl 4. Sintez olunmuş karbon nitrid nümunələri

g-C ₃ N ₄ nümunələr	İlkin maddə	Sintez şəraiti	S _{BET} , m ² g ⁻¹
I	Melamin	200 → 300 → 400 → 450°C	5.8
II		200 → 300 → 400 → 500°C	5.3
III		200 → 300 → 450 → 550°C	4.1
IV		200 → 300 → 500 → 600°C	4.0

İlkin maddələrin bir başa termolizi zamanı səth sahəsi kiçik həcmli və qadağan zonasının bir qədər genişliyi ilə fərqlənən quruluşlu g-C₃N₄ formalaşır. Katalitik effektivliyi artırmaq məqsədilə hesabat dövründə müxtəlif supra-molekulyar komplekslər əsasında yüksək səthə malik mezo-məsəmali karbon nitridlərin (mpg-C₃N₄) sintez üsulu işlənilib hazırlanmışdır.

Müxtəlif tərkibli ilkin maddələr bir-birilə müxtəlif - hidrogen, ion tipli - əlaqələri vasitəsilə spontan birləşərək stabil quruluşlu supra-molekulyar kompleks formalaşdırır (Sxem 1). İlkin maddələrin çəki nisbətini, istifadə olunan həlledicinin təbiətini və prosesin şəraitini dəyişməklə müxtəlif molekulyar tərkibli komplekslər sintez etmək mümkündür [22]. Hesabat dövründə melamin /cyanuric acid (M/CA) (Sxem 1), melamin/cyanuric acid/karbamid (M/CA/U), melamin/cyanuric acid/tiokarbamid (M/CA/TU) əsasında supramolekulyar komplekslər sintez edilmişdir.



Sxem 1. Mezoməsaməli karbon nitridin ($mpg-C_3N_4$) sintezi

Sintez olunmuş müxtəlif tərkibli molekulyar komplekslər 500 – 550 °C-də inert qaz (azot, arqon) axınında 4,5-5 saat müddətində termoliz edilməklə yüksək səthə malik $mpg-C_3N_4$ nümunələri hazırlanmışdır (Cədvəl 5). $mpg-C_3N_4$ nümunələrin sintezi üçün ilk dəfə olaraq templat kimi $(NH_4)X$ ($X = Cl, Br$) istifadə olunmuşdur. Yüksək səthə malik $mpg-C_3N_4$ sintezi üçün təklif olunan üsul öz sadəliyi və effektivliyi ilə fərqlənir. Belə ki, hazırlanmış molekulyar komplekslərin termolizi şəraitində $(NH_4)X$ -in parçalanmasından əmələ gələn NH_3 və HX qaz qabarcıqları templat effekti yaradır və nəticədə ultra-nazik təbəqəli quruluşa malik mezo- məsaməli karbon nitrid formalaşır.

Cədvəl 5. Supramolekulyar komplekslərin sintez şəraiti və termolizindən alınan $mpg-C_3N_4$ -lərin səthi ölçüləri

$mpg-C_3N_4$ nümunələr	Supramolekullar	Supramolekullar sintez şəraiti	S_{BET}, m^2g^{-1}
V	M/CA	M/CA= 1 : 1, həlledici–dimetilsulfosid	60
VI	M/CA+ NH_4Cl		48,5
VII	M/CA/U + NH_4Br	M/CA=1:1, M:U=1:1+3:1, etanol, 60 °C	28.5
VIII	M/CA/TU + NH_4Cl	M/CA=1:1, M:TU=1:1+3:1, etanol, 60°C	30.7

Cədvəl 5-dən görüldüyü kimi, $mpg-C_3N_4$ həcmi $g-C_3N_4$ müqayisədə BET-ə görə xüsusi səthinin çox böyük ($60 m^2g^{-1}$) olması ilə fərqlənir.

Mezoməsaməli matrislərin faza quruluşu bütün hallarda qrafite bənzər strukturların meydana gəlməsini təsdiqləyən X-ray diffraktometriya spektrləri, IQ Furye spektrləri əsasında təhlil edilmişdir.

$g-C_3N_4$ sintezi üçün geniş istifadə olunan melamin sənayedə karbamid əsasında istehsal olunur. Ölkəmizdə karbamidin sənaye miqyasında istehsalını nəzərə alaraq, hesabat dövründə $g-C_3N_4$ -ün birbaşa karbamid əsasında sintezinin mümkünlüyü araşdırılmışdır. Reaksiya normal təzyiqdə 490-550°C temperaturda inert qaz (azot, arqon) axınında 4,5-5 saat müddətində termoliz edilməklə aparılmışdır. Karbamid molekulları bir-birilə müxtəlif - hidrogen, ion tipli - əlaqələri vasitəsilə birləşməsi nəticəsində aralıq biuret, sianur turşusu, ammelid-ammelin və melamin birləşmələri formalaşır və melamin daha sonra polikondensasiyaya uğrayaraq polimer karbon nitrid əmələ gətirir. Aralıq birləşmə kimi əmələ gələn sianur turşusu templat rolunu oynayır və nəticədə mezo-morfologiyalı karbon nitrid sintez olunur. Prosesin temperatur şəraitini dəyişməklə sintez olunan $g-C_3N_4$ -in morfologiyasını müəyyən qədər dəyişmək mümkün

olur. Hesabat dövründə karbamidin disiandiamid, sianur turşusu və melaminlə ikili və üçlü so-polikondensasiyası da tədqiq edilmişdir. Bu reaksiyalar da karbamidin self-polikondensasiyası kimi eyni qanunauyğunluqlarla baş verir. Cədvəl 6-də sintez olunan polimer karbon nitridlərin sintez şəraiti göstərilmişdir.

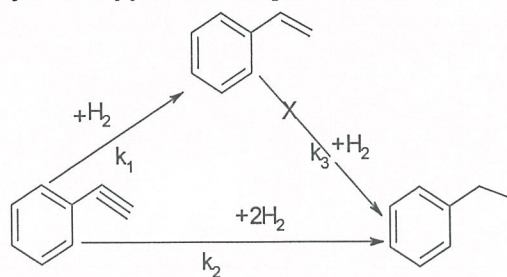
Cədvəl 6. Karbamid əsasında sintez olunan polimer karbon nitridlərin sintez şəraiti

$g-C_3N_4$ nümunələr	İlkin maddə	Sintez şəraiti
IX	Karbamid	20 → 200 → 300 → 400 → 490°C
X		20 → 200 → 300 → 400 → 500°C
XI		20 → 200 → 300 → 450 → 520°C
XII	Karbamid/Melamin	20 → 200 → 300 → 400 → 500°C
XIII		20 → 200 → 300 → 400 → 550°C
XIV	Karbamid/Cyanuric acid	20 → 200 → 300 → 400 → 500°C
XV	Karbamid/Melamin/Cyanuric acid	20 → 200 → 300 → 400 → 500°C
XVI		20 → 200 → 300 → 400 → 550°C

$g-C_3N_4$ əsasında tərkibində metal olmayan katalizatorlar sintez edilmiş və onların effektivliyi fenilasetilenin stirola selektiv hidrogenləşməsi prosesində tədqiq edilmişdir. İlk dəfə olaraq nano-quruluşlu karbon nitridin metal iştirakı olmadan hidrogen molekulunu aktivləşdirmək xassəsi müəyyən edilmiş və onun üzərində fenilasetilenin stirola selektiv hidrogenləşməsi üsulu işlənilib hazırlanmışdır. Polimer karbon nitridin üzərində gedən prosesdə metal tərkibli heterogen sistemlərdən fərqli olaraq koks əmələ gəlmir və bu səbəbdən $g-C_3N_4$ uzun müddət stabil aktivlik və selektivlik nümayiş etdirir.

2. Fenilasetilenin stirola selektiv hidrogenləşməsi

Tərkibində ikiqat və multi karbon - karbon rabitələri olan üzvi birləşmələrin (olefinlər, acetilen və onun törəmələri, aromatik birləşmələr) hidrogenləşməsi kimya sənayesində geniş istifadə edilən mühüm proseslərdir. Belə praktiki əhəmiyyətli proseslərdən biri fenilasetilenin stirola selektiv hidrogenləşməsidir. Stirol qiymətli monomerdır və bir neçə növ sintetik kauçukun və plastik kütlələrin istehsalında geniş istifadə olunur. Sənayedə stirolu əsasən etilbenzolun katalitik dehidrogenləşməsi yolu ilə sintez edirlər. Bu zaman müəyyən qədər fenilasetilen də əmələ gəlir. Tərkibində fenilasetilen qaldıqda o stirolu polimerləşdirmək üçün istifadə olunan katalizatorun aktivliyini zəiflədir və polistirolun keyfiyyətinə mənfi təsir göstərir. Bu səbəbdən polistirol istehsalı üçün istifadə olunan monomerin tərkibində qalan fenilasetileni etilbenzola qədər hidrogenləşdirirlər. Yalnız Lindlar katalizatoru kimi tanınan, $Pd/CaCO_3.(RCOO)_2Pb$ sistemi reaksiya mühitində az miqdarda xinolin olduqda fenilasetileni stirola selektiv hidrogenləşdirə bilir [23]. İlk dəfə olaraq fenilasetilenin tərkibində metal olmayan $g-C_3N_4$ üzərində stirola selektiv hidrogenləşməsinin mümkünlüyü müəyyən edilmişdir (Sxem 2).



Sxem 2. Fenilasetilenin karbon nitrid üzərində parsial hidrogenləşməsi

Sintez olunmuş polimer karbon nitrid nümunələrin fenilasetilenin stirola selektiv hidrogenləşməsi reaksiyasında aktivliyi sınaqdan keçirilmişdir.

Tərcübələrdə fenilasetilenin 30%-li heptan və tsikloheksan məhlulları istifadə edilmişdir. Fenilasetilenin parsial hidrogenləşməsi reaksiyası 150-250 °C temperatur intervalında, fenilasetilenin 0.6-1.0 saat¹ intervalda həcmi sürətində və C₈H₆:H₂=1:(1.2-3.0) mol nisbətində aparılmışdır. Reaksiya U şəkilli axar reaktorda fasiləsiz rejimdə aparılmışdır. Reaktora yerləşdirilmiş katalizatorun həcmi 1 sm³ təşkil etmişdir. Reaktor qızma temperaturu tənzimlənən hava elektrik hamamında yerləşdirilmişdir. Sobanın temperaturu termocütlə ölçülmüş və elektron tənzimləyicisinin köməyi ilə qeyd olunmuşdur. Altıyollu kranlar nümunəgötürücü ilgək və birləşdirici kapilyarlar xammalın buxar halında qalmasını təmin edən və reaksiya məhsullarının kondensasiya olunmasının qarşısını alan termostatik şkafa yerləşdirilmişdir. Şkafda temperatur rele ilə birləşmiş kontakt termometrinin köməyi ilə sabit saxlanmış və tənzimlənmişdir. Xammalın verilməsi avtomatik rejimdə işləyən mikronasosun köməyi ilə həyata keçirilmişdir. Reaktora verilən fenilasetilenin heptan və ya tsikloheksan məhlulu və hidrogen termostatik şkafda qaz halında qarışaraq içərisində katalizator təbəqəsi olan reaktora daxil edilir. Reaksiya məhsullarının soyudulması və yığılması üçün tutucudan istifadə olunur. Reagentlərin və reaksiya məhsullarının analizi xromatoqrafiya metodu vasitəsilə kütlə detektorlu Agilent 5975-də uzunluğu 30 m olan HP 5-MS kolonkasında aparılmışdır.

Cədvəl 7-də melamindən müxtəlif temperaturlarda sintez olunmuş həcmi g-C₃N₄ və mezoporlu mpg-C₃N₄ nümunələrin üzərində 220 °C-də fenilasetilenin hidrogenləşməsinin nəticələri verilmişdir. Fenilasetilenə görə həcmi sürət fenilasetilenin miqdarının (ml/saat) katalizatorun həcminə olan nisbəti ilə hesablanmışdır. Nəticələrdən görüldüyü kimi həcmi g-C₃N₄ və mezoporlu mg-C₃N₄ nümunələr üzərində fenilasetilenin parsial hidrogenləşməsi baş verir və yüksək selektivliklə (99.5-99.7%) stirol alınır, yalnız çox cüzi miqdarda etilbenzol əmələ gəlir. Nəticələrin müqayisəli analizi göstərir ki, böyük səthə malik olan mg-C₃N₄ fenilasetilenin parsial hidrogenləşməsində həcmi g-C₃N₄-ə nisbətən daha yüksək aktivlik nümayiş etdirir. Müxtəlif temperaturlarda sintez olunmuş həcmi g-C₃N₄ sırasında eyni identik şəraitdə 450 °C-də hazırlanmış nümunə daha yüksək temperaturlarda sintez olunmuş nümunələrlə müqayisədə daha yüksək aktivlik nümayiş etdirir.

Cədvəl 7. Fenilasetilenin sintez olunmuş karbon nitridlər üzərində hidrogenləşməsi

g-C ₃ N ₄ nümunələri	FA:C _x H _y :H ₂ , mol nisbəti	T, °C	V, saat ¹	t, san	K _{FA} , %	S _{ST} , %	S _{EB} , %
I	1: 1.7 : 1.2 (H)	220	1.0	4.5	62.2	99.4	1.2
II		220	1.0	4.5	60.7	99.1	1.2
III		220	1.0	4.5	57.4	98.7	1.1
IV		220	1.0	4.5	53.9	99.1	0.9
V		220	1.0	4.5	70.7	98.7	1.3

K_{FA}—fenilasetilenin konversiyası; S_{ST}, S_{EB} - prosesin stirola, etilbenzola müvafiq selektivliyi

Sintez olunmuş mezoməsəmali karbon nitridlər (cədvəl 7, nümunə V) fenilasetilenin stirola selektiv hidrogenləşməsi reaksiyasında daha yüksək aktivlik göstərir. Onların üzərində fenilasetilenin hidrogenləşməsi zamanı stirola görə katalizatorun aktivliyinə və selektivliyinə təsir edən amillərin (temperatur, katalizatorun miqdarı, fenilasetilenin və hidrogenin parsial təziqləri) təsiri öyrənilmiş, prosesin optimal şəraiti müəyyən edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, karbon nitrid və onun əsasında sintez olunan katalizatorlar tərkibində metal daşıyan katalizatorlardan fərqli olaraq stirola qarşı neytraldır və onu hidrogenləşdirmir. Bu səbəbdən polimer karbon nitridlər

yüksək selektivliklə fenilasetilenin parsial hidrogenləşməsinə təmin edir (Sxem 2). Polimer karbon nitridin üzərində gedən prosədə metal tərkibli heterogen sistemlərdən fərqli olaraq koks əmələ gəlmir və bu səbəbdən mpg-C₃N₄ uzun müddət stabil aktivlik və selektivlik nümayiş etdirir

NH₄Cl iştirakı ilə yeni üsulla hazırlanmış mpg-C₃N₄ nümunələrinin (Cədvəl 5, nümunə VI, VII, VIII) katalitik effektivliyi fenilasetilenin hidrogenləşməsi prosesinde sınaqdan keçirilmişdir. mpg-C₃N₄ nümunələri fenilasetilenin hidrogenləşməsi prosesinde sıx həcmli karbon nitridlə müqayisədə yüksək aktivlik və sabillik göstərir. Reaksiyanın müəyyən edilmiş optimal şəraitində fenilasetilenin konversiyası 75-81%, stirola görə selektivliyi 95-96 % təşkil edir.

Hesabat dövründə karbamid, melamin və disiandiamiddən sintez olunmuş g-C₃N₄ nümunələri modifikasiya edilmiş və tərkibində -NH-, NH₂-, N-C=N və C=C funksional qruplarla yanaşı S, J, Al₂O₃, NaOH, və KOH kimi heteroatom və molekullar olan kompozit materiallar hazırlanmışdır. Sintez edilmiş kompozit materialların quruluşu İQ-, Rentgen-spektroskopiya, skanedici elektron mikroskopiya üsulları ilə tədqiq edilmişdir.

Fenilasetilenin (FA) stirola selektiv hidrogenləşməsi reaksiyasında modifikasiya olunmuş karbon nitridlərin katalitik aktivliyinə və selektivliyinə heteroatomların təsiri öyrənilmişdir (Cədvəl 8).

Cədvəl 8. Fenilasetilenin modifikasiya olunmuş karbon nitridlər üzərində hidrogenləşməsi*

Modifikator	FA, mol/s	H ₂ , mol/s	S _{st} , %	S _{EB} , %	K _{FA} , %
S	0.018	0.04	94.1	5.9	67.7
J ₂	0.018	0.04	95.5	4.5	63.4
Al ₂ O ₃	0.018	0.04	93.4	6.6	56.2
NaOH	0.018	0.04	90.2	9.8	44.9
KOH	0.018	0.04	92.6	7.4	47.4

*Temperatur 190 °C; K_{FA} – FA-in konversiyası; S_{ST}, S_{EB} - prosesin stirola, etilbenzola müvafiq selektivliyi

Karbamid əsasında sintez olunmuş polimer karbon nitrid nümunələrinin katalitik effektivliyi fenilasetilenin hidrogenləşməsi prosesinde sınaqdan keçirilmişdir. Fenilasetilenin selektiv hidrogenləşməsi qaz fazada 190 °C və normal təzyiqdə aparılmışdır. Aparılan təcrübələrin nəticələrindən görüldüyü kimi, karbamid əsasında sintez olunmuş polimer karbon nitrid nümunələri fenilasetileni yüksək selektivliklə stirola hidrogenləşdirməyə imkan verir (Cədvəl 9).

Cədvəl 9. Fenilasetilenin karbamid əsasında sintez olunmuş karbon nitridlər üzərində qaz fazada hidrogenləşməsi *

Katalizator	FA, mol/s	H ₂ , mol/s	S _{st} , %	S _{EB} , %	K _{FA} , %
IX	0.018	0.04	94.8	5.2	33.3
XI	0.018	0.04	96.1	3.9	35.6
XII	0.018	0.04	94.4	5.6	34.4
XIII	0.018	0.04	93.2	6.8	37.9
XIV	0.018	0.04	94.7	5.3	37.4

* Katalizator – 0.3q; Temperatur -190 °C; Həllədiçi-n-heksan; K_{FA} – FA-in konversiyası; S_{ST}, S_{EB} - prosesin stirola, etilbenzola müvafiq selektivliyi

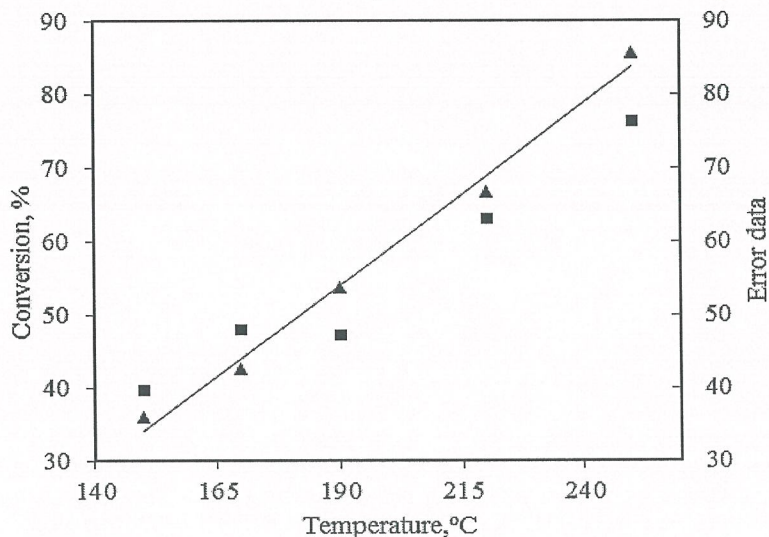
Tərkibində metal olmayan mezo-quruluşlu polimer karbon nitrid üzərində fenilasetilenin selektiv hidrogenləşməsi reaksiyasının kinetik qanunauyğunluqları araşdırılaraq, fenilasetilenin

konversiyasına, reaksiya məhsullarının çıxımına və stirola görə prosesin selektivliyinə temperaturun, reagentlərin parsial təzyiqlərinin və ilkin reagentlərin qarışığının həcmi sürətinin təsiri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, karbon nitrid və onun əsasında sintez olunan katalizatorlar tərkibində metal daşıyan katalizatorlardan fərqli olaraq stirola qarşı neytraldır və onu hidrogenləşdirmir. Bu səbəbdən polimer karbon nitridlər yüksək selektivliklə fenilasetilenin parsial hidrogenləşməsinə təmin edir (Sxem 2). Yerinə yetirilmiş təcrübələrin və ədəbiyyat materiallarının analizi əsasında fenilasetilenin stirola selektiv hidrogenləşməsi reaksiyasının ehtimal edilən mexanizmi formalaşdırılmış və prosesin kinetik modeli işlənilib hazırlanmışdır. Reaksiyanın kinetik parametrlərinin hesablanmış ədədi qiymətləri Cədvəl 10-da verilmişdir.

Cədvəl 10. Fenilasetilenin stirola selektiv hidrogenləşməsi reaksiyasının kinetik parametrləri.

Pre-eksponensial faktor		Aktivləşmə enerjisi, kkal/mol	
$\ln k_1^0$	2.427×10^{-2}	E_1	3.396
$\ln k_2^0$	16.143	E_2	3.967
$\ln k_3^0$	28.728	E_3	3.044
$\ln k_4^0$	19.850	E_4	3.082
$\ln k_5^0$	0.840	E_5	6.545

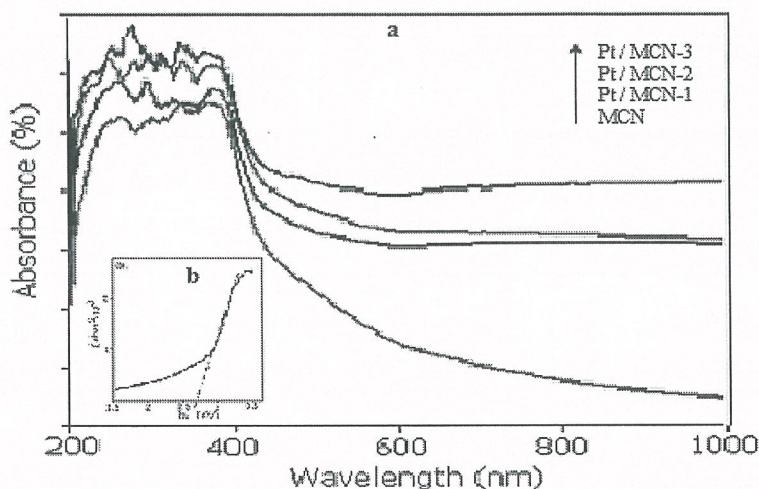
Təcrübələrin və nəzəri hesablanmış nəticələrin nisbi xətası Şəkil 10-da verilmişdir.



Şəkil 10. Təcrübələrin (▲) və (■) nəzəri hesablanmış nəticələrin nisbi xətası

Platinin mpg-C₃N₄-lə kompozitləri hazırlanmışdır. Bu məqsədlə H₂PtCl₆ • 6H₂O ilk dəfə olaraq karbon nitridin metil spirti və su qarışığında suspensiyası mühitində kimyəvi reduksiya edilməklə Pt(0)/mpg-C₃N₄ tərkibli nano-kompozitlər hazırlanmışdır. SEM analiz nəticələrinə görə bu nümunələrdə Pt nanohissəciklərinin ölçüləri 18-30 nm, mezoməsələrin həcmi isə 22-35 nm diapazonunda paylanmışdır. Yüksək dispersli Pt nanohissəcikləri mpg-C₃N₄-in çoxsaylı azot tərkibli funksional qrupları vasitəsilə stabilizasiya edilir və bu səbəbdən uzun müddət aqlomerasiyaya uğramır. mpg-C₃N₄ və onun əsasında əldə edilmiş nanokompozitlərin elektron quruluşu və optik xüsusiyyətləri spektrin UV-görünən bölgəsində diffuz əks elektron spektroskopiyası ilə tədqiq edilmişdir (şəkil 11, a,b). mpg-C₃N₄ üçün udma kənarı 440 nm səviyyəsində sabitlənir. Kompozitlərdə, yüklənmiş platin miqdarı artdıqca, udma kənarının "qırmızı"zolağa dəyişməsi

müşahidə olunur - təxminən 20-40 nm. Spekrin görünən hissəsində - 500 nm-dən sonra kompozitlər tərəfindən udma intensivliyi açıq şəkildə artır (şəkil 11a). Sintez edilmiş nümunələrin əlaqə boşluğu $Tauk$ sahəsindən hesablanmışdır (Şəkil 11b). Matris üçün ədəbiyyat məlumatları ilə yaxşı uyğunlaşan 2.8 eV-dir [16]. Kompozitlərdə 2.61-ə qədər azalır, yeni 0,2 eV ilə. Beləliklə, mezoporoz matrisdə platin dopinqinin nəticəsi görünən işığın udulmasında artım və kompozitlərdə əlaqə boşluğunun daralmasıdır.



Şəkil 11. mpg-C₃N₄ və nanokompozitlərin elektron diffuz əks etdirmə spektrləri

Pt(0)/mpg-C₃N₄-in effektiv kimyəvi və foto-, elektrokatalizdə istifadəsi üçün potensial imkanlar açır. Sintez olunmuş Pt(0)/mpg-C₃N₄-in katalitik effektivliyi fenilasetilenin hidrogenləşməsi prosesində sınaqdan keçirilmişdir (Cədvəl 11). Karbon nitridin bu prosesdə daşıyıcı və stabilizirici funksiyaları ilə yanaşı özünün də katalitik aktivliyi sayəsində sinergetik effekt baş verir və nəticədə reaksiyanın sürəti kəskin artır. Bu katalizator üzərində fenilasetilenin konversiyası 100% təşkil edir. Reaksiya mühitinə əlavə liqandlar daxil etməklə prosesin stirola görə selektivliyini 87-90 %-ə qədər artırmaq mümkündür.

Cədvəl 8. Pt(0)/mpg-C₃N₄ kompozit katalizator üzərində fenilasetilenin və stirolun hidrogenləşmə prosesində aktivliyi

	Katalizator	Katalizatorun miqdarı, mq	Konversiya, %	Selektivliyi, %	
				stirol	etilbenzol
Stirol	M/CA	50	0		
	M/CA / Pt	10	100		100
	M/CA+ NH ₄ Cl /Pt	10	100		100
Fenilasetilen	M/CA	50	80,9	95,2	4,8
	M/CA / Pt	10	100	6,7	93,3
	M/CA / Pt / L*	10	100	87,3	12,7
	M/CA+ NH ₄ Cl	10	100	2,9	97,1
	M/CA+ NH ₄ Cl/ Pt / L*	10	100	90,1	9,9

Pt-0.1mq; T- 150-190 °C; {L}* - Liqand – Piridin

Ədəbiyyat

1. N.A. Efendiyeva, A.A. Azizov, G.A. Nagkhiyev, R.M. Alosmanov and I.A. Bunyad-zadeh, Chem. Probl. 4, 514 (2018). doi:10.32737/2221-8688-2018-4-514-518.

2. U.U. Lurie, *Hand Book of Analytical Chemistry* (Chemistry publishing, Moscow, Russia, 1989), p. 255.
3. C.H. Giles, D. Smith and A. Huitson, *J. Colloid Interface Sci.* 47, 755 (1974). doi:10.1016/0021-9797(74)90252-5.
4. I. Langmuir, *J. Am. Chem. Soc.* 38, 2221 (1916). doi:10.1021/ja02268a002.
5. H.M.F. Freundlich, *J. Phys. Chem. A.* 57, 385 (1906).
6. M. Temkin and V. Pyzhev, *Zh. Fiz. Khim.* 13, 851 (1939). [*Acta Physicochimica U.R.S.S.* 12, 327 (1940)].
7. M.M. Dubinin and L.V. Radushkevich, *Doklady AN SSSR* 55, 331 (1947). [*Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR, Physical Chemistry Section*, 55, 331 (1947)].
8. S. Ahmad, N. Khalid and M. Daud, *Sep. Sci. Technol.* 37, 343 (2002). doi:10.1081/SS-120000792.
9. F. Kallel, F. Chaari, F. Bouaziz, F. Bettaieb, R. Ghorbel, S. E. Chaabouni, *J. Mol. Liq.* 2016, 219, 279.
10. E.-K. Guechi, O. Hamdaoui, *Arab. J. Chem.* 2016, 9, S416.
11. R. Hachani, H. Sabir, N. Sana, K. F. Zohra, N. M. Nesrine, *Water Environ. Res.* 2017, 89, 827.
12. D. Kołodzinska, J. Krukowska, P. Thomas, *Chem. Eng. J.* 2017, 307, 353.
13. S. Suresh, C. S. Vimal, M. M. Indra, *J. Environ. Eng.* 2011, 137, 114.
14. E. Daneshvar, A. Vazirzadeh, A. Niazi, M. Kousha, M. Naushad, A. Bhatnagar, *J. Clean. Prod.* 2017, 152, 443.
15. K. S. Bharathi, S. T. Ramesh, *Appl. Water Sci.* 2013, 3, 773.
16. Thomas A., Fischer A., Goettmann F., Antonietti M., Müller J.O., Schlögl R., Carlsson J.M., *J. Mater. Chem.* 2008, 18, 4893.
17. Su D.Sh., Zhang J., Frank B., Thomas A., Wang X., Paraknowitsch J, Schlögl R., *ChemSusChem.*, 2010, 3, 169.
18. Zhu J., Xiao P., Li H., C.Carabineiro S.A., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2014, 6, 16449;
19. Cao Sh., Low J., Yu J., M. Jaroniec M., *Adv. Mater.* 2015. 27. 215;
20. Sun Sh., Liang Sh., *Nanoscale*, 2017, 9, 10544.
21. Hasija V., Raizada P, Sudhaik A, Sharma K., KumarA., Singh P., Jonnalagadda S.B., Thakur V.K., *Applied Materials Today*, 2019, 15, 494;
22. Barrio J., Shalom M., *ChemCatChem.* 2018, 10, 5573;
23. H. Lindlar, R.Dubius, *Palladium catalyst for partial reduction of acetylenes. Org.Synth. Coll.* 5(1973) 880-883.

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 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr** (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübə əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)

Layihədə nəzərdə tutulduğu kimi oksidləşdici xlorofosforlaşma üsulu ilə interkalyasiya olunmuş İQQ və BK əsasında sintez edilmiş yeni HbK ilə kadmium (II) ionları və Akridin sarı boyaq maddəsinin sudan kənarlaşdırılması yoxlanılmışdır. Hibrid nanokompozit ilk dəfə layihə çərçivəsində bizim tərəfimizdən hazırladığı üçün aparılan bu tədqiqatlar və əldə olunmuş nəticələr çox mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, ilk dəfə olaraq üçün sorbent kimi tətbiqi öyrənilmişdir. Aparılan tədqiqatlarda müəyyən edilmişdir ki, sorbsiyanın optimal qiyməti zəif qələvi mühitdə (pH=9) 0,536 mmol/l qatılıqlı Cd (II) ionları məhlullarından 120 dəq müddətində 55 °C temperaturda baş verir. Kompozitin sorbsiya tutumu 0,18 mmol/q-yə (20,1 mq/q) bərabərdir. Sorbsiya, metal ionlarının monotəbəqəsinin əmələ gəlməsilə kimyəvi reaksiya hesabına həyata keçir. Prosesin kinetikasının tədqiqi ilə müəyyən olunmuşdur ki, sorbsiya kifayət qədər mürəkkəb mexanizmlə baş verir ki, bu da kompozitin quruluşu ilə əlaqədardır.

	<p><i>Alınmış kompozitin akrinin sarı boyaq maddəsinə görə maksimum sorbsiya qabiliyyəti pH-ın 7 qiymətində müşahidə olunur və 23.7 mq/q-a bərabərdir. Temperaturun artması ilə kompozitin sorbsiya qabiliyyəti yüksəlir, kütlənin artması ilə isə sorbsiya tutumu 20.8-dən 6.7-ə qədər azalır. Sorbsiya izotermlərinin tədqiq ilə müəyyən edilmişdir ki, proses Lenqmür modelinə daha uyğundur və uyğun parametrlər 22.9 mq/q-a bərabərdir.</i></p> <p><i>Bununla yanaşı nano-quruluşlu karbon nitridin metal iştirakı olmadan hidrogen molekulunu aktivləşdirmək xassəsi müəyyən edilmiş və onun üzərində fenilasetilenin stirola selektiv hidrogenləşməsi üsulu işlənib hazırlanmışdır.</i></p>
4	<p>Layihə üzrə elmi nəşrlər (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, 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 göstərməlidir) <i>(surətlərini kağız üzərində və CD şəklində əlavə etməli!)</i></p> <p><i>Layihə üzrə yerinə yetirilmiş işlər əsasında bir məqalə çap olunmuş, bir məqalə çapdadır.</i></p> <p>1. Aliyeva, S. Adsorption of acridine yellow G from aqueous solutions using functionalized graphene nanoplatelets/modified polybutadiene hybrid composite. <i>J. Chin. Chem. Soc.</i> 2020; 67: 2071– 2081. https://doi.org/10.1002/jccs.202000162. Impact factor 1.21</p> <p>2. В.М. Ахмедов, Н. Е. Мельникова, А. З. Бабаева, Г. Нуруллаев, Вс. Ахмедов, Д.Б.Тагиев. Наноконпозиты платины с мезопористым нитридом углерода: синтез и оценка гидрогенизационной активности. <i>Журнал Известия Академии наук. Серия химическая</i>, 2021, No 4, 712-719. Impact factor 1.062</p> <p>V. M. Akhmedov, N. E. Melnikova, A. Z. Babayeva, G. G. Nurullayev, Vs. M. Akhmedov, and D. B. Tagiyev "Platinum nanocomposites with mesoporous carbon nitride: synthesis and evaluation of the hydrogenation activity" <i>Russian Chemical Bulletin, International Edition</i>, Vol. 70, No. 4, pp. 1-8, April, 2021. Impact factor 1.062</p>
3	
5	<p>İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər</p> <p><i>Sintez edilmiş yeni materialların patentləşdirilməsi nəzərdə tutulur</i></p>
6	<p>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)</p> <p><i>Hesabat dövründə layihədə ezamiyyətlər nəzərdə tutulmamışdır</i></p>
7	<p>Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa)</p> <p><i>Hesabat dövründə layihə iştirakçıları elmi ekspedisiyalarda iştirak etməmişlər.</i></p>
8	<p>Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak</p> <p><i>Hesabat dövründə layihə iştirakçıları digər tədbirlərdə iştirak etməmişlər.</i></p>
9	<p>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)</p> <p>Layihə mövzusu üzrə bir məruzə Beynəlxalq konfransda şifahi şəkildə təqdim olunacaqdır.</p> <p>S. B. Aliyeva. Investigation of flame-retardant properties of functionalized graphene nanoplatelets/modified polybutadiene composite material. 17th International conference of young scientists on energy and natural sciences issues. May 24-28, CYSENI. 2021 http://cyseni.com/</p>
10	<p>Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmullatları</p> <p><i>Layihə üzrə cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar əldə edilməmişdir.</i></p>
11	<p>Yerli həmkarlarla əlaqələr</p> <p><i>Tədqiqatlar AMEA-nın Kataliz və qeyri-üzvi kimya institutunun əməkdaşları(Layihə iştirakçıları) ilə birlikdə aparılmışdır.</i></p>

12	Xarici həmkarlarla əlaqələr
13	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlıđı (�g�r varsa)
14	Sergil�rd� iřtirak (�g�r bař tutubsa)
15	Təcrübəartırmada iřtirak v� təcrübə mübadiləsi (�g�r bař tutubsa)
16	Layihə mövzusu ilə bađlı elmi-kütləvi n�řrl�r, kütləvi informasiya vasitələrində �ıxıřlar, yeni yaradılmıř internet səhifələri və s. (məlumatı tam řekild� göstərilməlidir)

SİFARİŐİ:

Elmin İnkiřafı Fondu

Aparıcı məsləhətçi

H seyinzad  Leyla İlqar qızı

(imza)

" 09 " aprel 2021-ci il

İCRAŐI:

Layihə rəhbəri

Əzizov Abdulsəyid  bd lh mid ođlu

(imza)

" 09 " aprel 2021-ci il



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
“Elm-Təhsil İntegrasiyası” məqsədli grant müsabiqəsinin
(EIF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

**ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN ƏMƏLİ (TƏCRÜBİ) HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ
VƏ LAYİHƏNİN NƏTİCƏLƏRİNDƏN GƏLƏCƏK TƏDQIQATLARDƏ
İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ HAQQINDA
MƏLUMAT VƏRƏQİ
(Qaydalar üzrə Əlavə 16)**

Layihənin adı: **İnterkalyasiya olunmuş laylı quruluşlu birləşmələr və polimerlər əsasında hazırlanmış yeni hibrid nanokompozitlərin sorbsiya və katalitik xassələri**
Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Əzizov Abdulsəyid Əbdülhəmid oğlu**
Qrantın məbləği: **29 500 manat**
Layihənin nömrəsi: **EIF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)-71/02/4-M-47**
Müqavilənin imzalanma tarixi: **28 avqust 2020-ci il**
Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **6 ay**
Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 oktyabr 2020-ci il – 01 aprel 2021-ci il**

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

1

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

Layihənin əsas təcrübi nəticələri interkalyasiya olunmuş laylı quruluşlu birləşmələr və polimerlər əsasında hibrid nanokompozitlərin hazırlanması, onların boyaq maddəsi (akridin sarı) və ağır metal ionlarına (Cd^{2+}) görə sorbsiya xassələrinin tədqiqi, eləcə də qrafit tipli polimer karbon nitrid ($g-C_3N_4$) əsasında tərkibində metal olmayan katalizatorların müxtəlif üsullarla sintezi, onların metal və qeyri-metallarla modifikasiyası və katalitik xassələrinin öyrənilməsindən ibarətdir.

Müəyyən edilmişdir ki, tərəfimizdən sintez edilən hibrid nanokompozitin Akridin sarı boyaq maddəsi və Cd^{2+} ionlarına görə sorbsiya xassələri məlum adsorbentlərdən geri qalmır. Məsələn, ədəbiyyatda qələviləşdirilmiş Luffa lifi ilə akridin sarı boyaq maddəsinin sorbsiyasına aid tədqiqat işləri aparılmışdır [Wang, Y., Liu, J., Li, X. Adsorption Performance of Mixed Dyes on Alkalization Loofah Fibers // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science -2018, 121, -p.22023.]. Tədqiqat işinin nəticələrinə əsasən qələviləşdirilmiş Luffa lifinin Lenqmür izoterm modelinə əsasən sorbsiya tutumu 303 K temperaturda 20.48 mq/q-a

bərabərdir. Tərəfimizdən sintez edilmiş hibrid nanokompozitin Lenqmür modelinə əsasən təyin edilmiş sorbsiya tutumu isə 298 K temperaturda 35.21 mq/q-a bərabərdir.

Hibrid nanokompozitlə Cd(II) ionarının sorbsiyasının Lenqmür izoterm modelinə əsasən hesablanmış sorbsiya tutumu 0.1796 mmol/q-a (20.1 mq/q) təşkil edir. Bu nəticə ədəbiyyatda məlum olan bəzi sorbentlərin sorbsiya tutumundan çoxdur. Məsələn, poli 4-vinil piridin və poli (vinil piridin-poli etilen qlikol metakrilat-etilen qlikol dimetakrilat) kimi sorbentlərin Lenqmür izoterm modelinə əsasən hesablanmış sorbsiya tutumu uyğun olaraq 3.3 və 16.5 mq/q-a bərabərdir [A. Duran, M. Soylak and A. Tuncel. *Poly(vinyl pyridine-poly ethylene glycol methacrylate-ethylene glycol dimethacrylate) beads for heavy metal removal // J. Hazard. Mater. 155, 114 (2008)*].

Sorbsiya xassələrinin öyrənilməsindən alınan əsas nəticələrdən biri də tərəfimizdən sintez edilən hibrid nanokompozitin sorbent kimi mürəkkəb tərkibli məhlullardan (yəni tərkibində həm metal ionu, həm də boyaq maddəsi olan) sorbsiya üçün tətbiqinin mümkündür olmasıdır. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində melamin əsasında katalitik xassələrə malik g-C₃N₄-ün sintez şəraiti işlənilib hazırlanmışdır. Katalitik effektivliyi artırmaq məqsədilə müxtəlif supra-molekulyar komplekslər əsasında yüksək səthə malik mezo-məsaməli karbon nitridlərin (mpg-C₃N₄) sintez olunmuşdur. Katalizatorların effektivliyi fenilasetilenin stirola selektiv hidrogenləşməsi prosesində tədqiq edilmişdir. Polimer karbon nitridin üzərində gedən prosesdə metal tərkibli heterogen sistemlərdən fərqli olaraq koks əmələ gəlmir və bu səbəbdən g-C₃N₄ uzun müddət stabil aktivlik və selektivlik nümayiş etdirir.

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)

1. Layihənin nəticələrindən gələcək tədqiqatlarda istifadə perspektivləri

1

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

Layihə çərçivəsində əldə edilmiş nəticələr tətbiqi və axtarış-innovasiya yönlü beynəlxalq elmi-tədqiqat layihələri üçün istifadə oluna bilər. Konkret olaraq, yeni tip hibrid nanokompozitin hazırlanması üçün təklif olunan yanaşma "ağıllı" kompozit və materialların hazırlanması üçün perspektivlidir. Bu kompozitlərin tullantı sularının müxtəlif növ çirkləndiricilərdən təmizlənməsi üçün tətbiqi də öyrənilə bilər.

Polimer karbon nitridlərin sintezi və modifikasiyası üçün təklif olunan yanaşma uyğun enerji səviyyəsinə malik yarımkeçirici materialların hazırlanmasında tətbiq edilə bilər. Nəticə g-C₃N₄-ün optiki və elektrik xassələri yaxşılaşar ki, bu da onun daha geniş miqyasda foto-, elektro- və kimyəvi katalizdə, elektronikada, optikada və bir sıra başqa praktiki əhəmiyyətli sahələrdə istifadəsinə imkan yaradır. Unikal katalitik aktivliyi ilə yanaşı karbon nitridlər həm də

effektiv daşıyıcı kimi də istifadə oluna bilər.

SİFARİŞÇİ:

Elmin İnkişafı Fondu

Aparıcı məsləhətçi

Hüseynzadə Leyla İlqar qızı

(imza)

"09" aprel 2021-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Əzizov Abdulsəyid Əbdülhəmid oğlu

(imza)

"09" aprel 2021-ci il



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
“Elm-Təhsil İntegrasiyası” məqsədli grant müsabiqəsinin
(EIF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

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

Layihənin adı: **İnterkalyasiya olunmuş laylı quruluşlu birləşmələr və polimerlər əsasında hazırlanmış yeni hibrid nanokompozitlərin sorbsiya və katalitik xassələri**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Əzizov Abdulsəyid Əbdülhəmid oğlu**

Qrantın məbləği: **29 500 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)-71/02/4-M-47**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **28 avqust 2020-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **6 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 oktyabr 2020-ci il – 01 aprel 2021-ci il**

1. Elmi əsərlər (sayı)

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

2. Məqalələr həmçinin xarici nəşrlərdə	Aliyeva, S. Adsorption of acridine yellow G from aqueous solutions using functionalized graphene nanoplatelets/modified polybutadiene hybrid composite. J. Chin. Chem. Soc. 2020; 67: 2071– 2081. https://doi.org/10.1002/jccs.202000162	Çapda	
3. Konfrans materiallarında məqalələr O cümlədən, beynəlxalq konfrans materiallarında	V. M. Akhmedov, N. E. Melnikova, A. Z. Babayeva, G. G. Nurullayev, Vs. M. Akhmedov, and D. B. Tagiyev “Platinum nanocomposites with mesoporous carbon nitride: synthesis and evaluation of the hydrogenation activity” Russian Chemical Bulletin, International Edition, Vol. 70, No. 4, pp. 1-8, April, 2021.		
4. Məruzələrin tezisləri həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda	S. B. Aliyeva. Investigation of flame-retardant properties of functionalized graphene nanoplatelets/modified polybutadiene composite material. 17th International conference of young scientists on energy and natural sciences issues. May 24-28, CYSENI. 2021	Çapa qəbul olunmuş	
5. Digər (icmal, atlas, kataloq və s.)			

2. İxtira və patentlər (sayı)

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

3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

№	Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.)	Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional,	Məruzənin növü (plenary, dərvi, şifahi, divar)	Sayı

beynəlxalq)

1.

2.

3.

SİFARIŞÇI:

Elmin İnkişafı Fondu

Aparıcı məsləhətçi

Hüseynzadə Leyla İlqar qızı

(imza)

"09" aprel 2021-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Əzizov Abdulsəyid Əbdülhəmid oğlu

(imza)

"09" aprel 2021-ci il