

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## **PİROLİZİN MAYE MƏHSULLARI ƏSASINDA NANOKARBONUN SİNTEZİ VƏ GÜNƏBAXAN YAĞININ TƏMİZLƏNMƏSİ PROSESİNDƏ TƏDQIQI**

İxtisas: 2314.01 - Neft kimyası

Elm sahəsi: Kimya

İddiaçı: **Nihad Qüdrət oğlu Quliyev**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş  
dissertasiyanın

### **AVTOREFERATI**

**Bakı – 2023**

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər:

texnika elmləri doktoru, professor

**Hikmət Camal oğlu İbrahimov**

texnika elmləri doktoru, professor

**Faiq Yunus oğlu İbadullayev**

Rəsmi opponentlər:

kimya elmləri doktoru, professor

**Pərvin Şamxal qızı Məmmədova**

kimya elmləri doktoru, professor

**Sevinc Əbdülhəmid qızı Məmmədyanova**

kimya elmləri doktoru, dosent

**Fatmaxanım Xeybər qızı Əliyeva**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.16 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya Şurasının Sədri:

kimya elmləri doktoru, akademik

**Vaqif Məhərrəm oğlu Abbasov**

Dissertasiya Şurasının elmi katibi:

kimya elmləri doktoru, dosent

**Lələ Məhəmməd qızı Əfəndiyeva**

Elmi seminarın sədri:

kimya elmləri doktoru, dosent

**Füzuli Əkbər oğlu Nəsirov**



## **İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI**

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Müasir dövrdə yüksək keyfiyyətli nanoölçülü karbon materiallarının sintezi sənayenin bütün sahələrində əsaslı dəyişikliklərə gətirib çıxarmışdır. Karbon nanohissəciklərinin effektiv alınma texnologiyasının işlənilməsi hazırlanması onların hidrogen energetikasında, tibbin müxtəlif sahələrində, yanacaq elementləri üçün elektrodların yaradılmasında, katalizdə - katalizator daşıyıcısı kimi, nanoelektronikada – birözlü keçiricilərin (naqillərin), nanoölçülü tranzistorların, elektronların və superkondensatorların soyuq emitterlərinin hazırlanmasında, texnikada – məmulatların mexaniki möhkəmliyi, elektrik keçiriciliyi, istiyədavamlılıq xüsusiyyətlərinin artırılması üçün, polimerlərə, qeyri-üzvi kompozitlərə əlavə kimi istifadəsi geniş perspektivlər açır<sup>1</sup>.

Kimya sənayesinin sürətli inkişafı, texnologiyaya və yeniliklərə olan tələbatın günbəgün artması tədqiqatçıları mövcud sistemləri təkmilləşdirmək, yüksək effektivli sistemlər yaratmaq, xammal kimi aralıq məhsullardan istifadə etməklə həm ətraf mühitin qorunmasının reallaşdırılması, həm də ucuz başa gələn məhsulların alınması istiqamətində mütərəqqi texnologiyalara yiyələnməsi məcburiyyətində qoyur. Bu baxımdan, nanokarbonun emalı prosesinin inkişaf etdirilməsi, prosesin optimallaşdırılması ilə çıxımın artırılması, nanokarbonun keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırılması istiqamətlərində tədqiqat işlərinin aparılması neft-kimya sənayesinin aktual məsələlərindəndir.

Məlumdur ki, bitki yağlarının istehlak xüsusiyyətlərini xarakterizə edən əsas göstəricilərdən biri onun şəffaflığıdır ki, bu da yağın tərkibindəki piqmentlərin, lipidlərin və qatranabənzər maddələrin mövcudluğu ilə müəyyənləşdirilir. Yağları piqmentlərdən, fosfolipidlərdən, eləcə də emal mərhələlərində onlarda əmələ gələn yağ turşularının duzlarından, metal ionlarından təmizləmək mühüm mərhələlərdən sayılır. Bu məqsədlə ağartma torpağından geniş istifadə

---

<sup>1</sup> Jeevanandam, J. Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations / J.Jeevanandam, A.Barhoum, Y.S.Chan, A.Dufresne, M.K.Danquah // Beilstein Journal of Nanotechnology, - 2018. 9, - p. 1050 - 1074.

olunur<sup>2</sup>. Ağartma torpağı əsasən Amerika Birləşmiş Ştatları, Malaziya və Çin Xalq Respublikasında istehsal olunur, yüksək satış qiyməti ilə yanaşı, istifadə zamanı heç də həmişə yağlarda istənilən keyfiyyət göstəriciləri əldə etmək mümkün olmur.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Dissertasiya işinin əsas tədqiqat obyektı pirolizin maye məhsullarından (PMM) nanokarbon və ağır piroliz qatranından (APQ) aktivləşdirilmiş karbonun (AK) alınması, tədqiqat işinin predmeti isə sintez olunan karbon materiallarının günəbaxan yağının ağardılması prosesində adsorbent kimi tədqiqatdır.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Tədqiqatın məqsədi pirolizin maye məhsulları əsasında CVD metodu ilə nanokarbon və aktivləşdirilmiş karbonun sintezini həyata keçirməkdən və prosesin qanunauyğunluqlarını öyrənməkdən, əldə olunan karbon hissəciklərinin struktur və xassələri, səth xüsusiyyətlərinin fiziki metodlar vasitəsilə analizini həyata keçirməkdən və yağların emalı üzrə mövcud texnoloji proseslərdə yeni yüksək səmərəli adsorbentlərdən istifadə etməklə rafinə prosesinin effektiv üsullarının işlənib hazırlanmasından ibarətdir.

Qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll olunmuşdur:

- Karbon nanohissəciklərin alınması üçün daşıyıcı üzərində yerləşdirilmiş katalizatorun iştirakı ilə C<sub>5</sub> fraksiyasının CVD-də pirolizinin aparılması;

- Qaz qarışığı tərkibinin, temperaturun və zamanın karbon nanohissəciklərinin çıxımına təsirinin müəyyənləşdirilməsi;

- Alınan hissəciklərin fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi, onların tərkib və quruluşlarının müasir fiziki tədqiqat üsulları ilə təsdiq edilməsi;

- Ağır piroliz qatranından NaOH-ın iştirakı ilə mükəmməl səth xüsusiyyətlərinə malik olan karbonlaşmış materialın sintezi;

---

<sup>2</sup> Topkafa, M. Role of Different Bleaching Earths for Sunflower Oil in a Pilot Plant Bleaching System / M.Topkafa, H.F.Ayyildiz, F.N.Arslan, S.Kucukkolbasi, F.Durmaz, S.Sen, H.Kara // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, - 2013. 63 (3), - p. 147 - 154.

- APQ-nin termoemalından alınmış aktivləşdirilmiş karbonun xassələrinin fiziki metodlar vasitəsilə öyrənilməsi;

- Hazır məhsulun keyfiyyətinin yüksəldilməsi məqsədilə yağların ağardılması prosesi üçün effektiv, yüksək keyfiyyətli adsorbentlərin seçilməsi;

- Texnoloji rejimlərin yağların keyfiyyətinə, onların antioksidant dayanıqlığına və saxlama müddətinə təsirinin öyrənilməsi;

- Bitki yağlarının ağardılmasında nanokarbonun, praktikada adsorbent kimi geniş istifadə olunan ağartma torpaqları ilə müqayisəli tədqiq edilməsi, onların minimal qatılıqlarının və digər parametrlərin təsirinin nümayəndə edilməsi.

**Tədqiqat metodları.** İşlər yerinə yetirilərkən istifadə edilən ilkin komponentlərin, sintez olunan karbon nanomateriallərin, rafinə olunmuş yağların struktur və fiziki xassələrini nümayəndə etmək və identifikasiya etmək məqsədilə xromatoqrafik, rentgen-faza, rentgenflüoressent, Raman spektrometriya, İnduktiv birləşmiş plazma kütlə spektrometriyası, termoqrametriya, skanlaşdırılmış elektron və tunel mikroskoplarından, digər fiziki-kimyəvi analiz metodlarından istifadə olunmuşdur.

#### **Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.**

- Ölkəmizdə istehsal olunan və səmərəli emalına ehtiyac duyulan pirolizin maye məhsullarının C<sub>5</sub> fraksiyasından nanokarbon alınmışdır;

- Ağır piroliz qatranının qələvilərlə termiki emalı nəticəsində yüksək səth xüsusiyyətlərinə malik olan aktivləşdirilmiş karbon sintez edilmişdir;

- Sintez edilmiş karbon nümunələrinin fiziki-kimyəvi xassələri, tərkib və quruluşları nümayəndə edilmişdir;

- Alınan nanokarbon və aktivləşdirilmiş karbon materiallarının yağların ağardılmasında istifadəsinin mümkünlüyü araşdırılmışdır;

- Ağartma prosesinə adsorbentin miqdarının, temperatur və müddətin təsiri öyrənilmişdir;

- Prosesin effektivliyinin yüksəldilməsi məqsədilə ağartma torpağı:nanokarbon = 95÷5, 96÷4, 97÷3, 98÷2 və 99÷1 küt.

nisbətələrində rafinə prosesi aparılmışdır.

### **Tədqiqatın elmi yeniliyi.**

- C<sub>5</sub> fraksiyasından sintez olunmuş nanokarbonun qida yağlarının təmizlənməsi prosesində adsorbent kimi istifadəsi həyata keçirilmişdir;

- dəmir əsaslı katalizatorların iştirakı ilə yüksək temperaturda nanokarbon hissəcikləri sintez olunmuş, onların ölçü göstəriciləri və xassələri tədqiq olunmuş, CVD reaktorunda 750-920°C temperaturalarda C<sub>5</sub> fraksiyasının pirolizi prosesində sistemə xammalla yanaşı, təsirsiz qaz və hidrogen qazının müxtəlif həcmi sürətlərlə verilməsinin katalitik mərkəzlər üzərində böyüyən nanokarbon ölçülərini tənzimləməyə, eyni zamanda alınan nanokarbonun təmizlik dərəcəsinin yüksəlməsinə gətirib çıxardığı müəyyən edilmişdir;

- yağların rafinə prosesinin ağartma mərhələsi üçün adsorbsiya izotermiləri müəyyən edilmişdir ki, bu da prosesin lazımı parametrlərinə dəqiq nəzarət edilməsinə imkan yaratmışdır;

- C<sub>5</sub> fraksiyasından alınmış nanokarbonun yüksək adsorbsiya qabiliyyəti sayəsində ağartma torpağı ilə müqayisədə yağın rəngsizləşdirilmə prosesində otaq temperaturunda yüksək effektivliyə malik olması müəyyən edilmişdir.

**Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** Pirolizin maye məhsullarından digər adsorbentlərlə müqayisədə daha yüksək effektivliyə malik adsorbent - nanokarbon sintez edilmiş və onun günəbaxan yağının təmizlənmə prosesində tətbiqi həyata keçirilmişdir. Alınan nanokarbonun tətbiq sahələri araşdırılmışdır. Nanokarbon, aktivləşdirilmiş karbon və onların qarışığının bitki yağı sənayesində yüksək adsorbsiyaedici reagent kimi istifadəsi təklif edilmişdir.

**Müəllifin şəxsi rolu.** Ədəbiyyat məlumatlarının toplanması və ümumiləşdirilməsi, tədqiqat üçün nümunələrin hazırlanması, təcrübələrin hazırlanması və aparılması, alınan nəticələrin analizi, məqalə və tezislərin yazılması, çapa hazırlanması müəllifin birbaşa iştirakı ilə yerinə yetirilmişdir.

**Aprobasiyası və tətbiqi.** Dissertasiya mövzusu üzrə 8 məqalə və 13 tezis olmaqla 21 elmi əsər çap olunmuşdur.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı müxtəlif elmi və

beynəlxalq konfranslarda məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur:

Akademik S.C. Mehdiyevin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş konfransın materialları (Bakı 2014), Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 92-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların “Kimyanın aktual problemləri” IX Respublika elmi konfransı (Bakı 2015), Akademik T. Şaxtaxtinskiyin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika Elmi Konfransı (Bakı 2015), Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 93-ci ildönümünə həsr olunmuş “Müasir kimya biologiya və kimyanın aktual problemləri” elmi konfransı (Gəncə 2016), 6<sup>th</sup> Rostocker International Conference: “Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics” (Germany 2017), “Müasir təbiət elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfransı (Gəncə 2017), Akademik B.Zeynalovun 100 illik yubileyinə həsr olunan “Neft kimya sintezi və mürəkkəb kondensləşmiş sistemlərdə kataliz” mövzusunda beynəlxalq elmi-texniki konfrans (Bakı 2017), 7<sup>th</sup> Rostocker International Conference: “Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics (Germany 2018), “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfransı (Gəncə 2018), “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfransı (Gəncə 2019), The International Scientific Conference “Actual Problems of Modern Chemistry” dedicated to the 90<sup>th</sup> Anniversary of the Academician Y.H. Mammadaliyev Institute of Petrochemical Processes (Baku 2019).

Dissertasiya işinə aid 8 elmi məqalə “Processes of Petrochemistry and Oil Refining” (3), “International Journal of Science and Research Methodology” (1), “International Journal of Industrial Chemistry” (1), “Pharmaceutical Sciences & Analytical Research Journal” (1), “Journal of Advances in Chemistry” (1) və “Neft təsərrüfatı” (1) jurnallarında nəşr edilmişdir.

#### **Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.**

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunda aparılan elmi tədqiqat işlərinin planına (Dövlət qeydiyyatı № 0113 Az 2039) müvafiq olaraq “Katalitik krekinq və piroliz” laboratoriyasında və Azərsun Holding MMC-nin “Sınaq

laboratoriya”-sında yerinə yetirilmişdir.

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

Dissertasiya işi girişdən, 4 fəsildən, nəticələrdən və istinad edilmiş 184 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İş 169323 (giriş 11300, I fəsil 50932, II fəsil 27683, III fəsil 47302, IV fəsil 29873, nəticələr 2233) işarədən ibarət olub, 24 cədvəl, 35 qrafik və 27 şəkil əhatə edir.

Dissertasiyanın giriş hissəsində işin aktuallığı, tədqiqatın məqsədi, qarşıda duran məsələlər, işin elmi yeniliyi, praktiki əhəmiyyəti, işin aprobeşiyası və tətbiq sahələri təsvir edilmişdir.

**Birinci fəsildə** - ədəbiyyat icmalında pirolizin maye məhsulları (PMM) əsasında karbonların və nano ölçülü karbon materiallarının alınması və onların emal olunması, xassələri və tətbiq sahələri şərh olunmuş və nanokarbonun böyüməsi mexanizmi araşdırılmışdır. Həmçinin, bitki yağlarının tərkib və xassələri, onların rafinə prosesi və yolları araşdırılmışdır.

**İkinci fəsildə** istifadə olunan xammalların xarakteristikaları və əldə olunan aktivləşdirilmiş karbon, nanokarbon və günəbaxan yağının fiziki-kimyəvi xassələri, təcrübələrin ümumi aparılma qaydaları və alınan məhsulların analiz metodlarından bəhs edilmişdir.

**Üçüncü fəsildə** APQ-dən alınan aktivləşdirilmiş karbon və PMM-lərdən alınan nanokarbonun struktur və xassələri öyrənilmiş, müxtəlif amillərin onların yaranmasına və inkişafına təsirinin müxtəlifliyi araşdırılmış və bu faktorların elmi əsasları təqdim olunmuşdur.

**Dördüncü fəsildə** emal olunmuş aktivləşdirilmiş karbonun və nanokarbonun sənayedə günəbaxan yağının ağardılması prosesində tətbiqi və əldə edilən nəticələr təqdim olunmuşdur.

Hər fəslin konkret mövzusuna aid ədəbiyyat məlumatları həm mövzunun başlanğıcında, həm də tədqiqatlar boyu nəticələrin müzakirəsi zamanı verilmişdir.

Dissertasiya işində təqdim olunan göstəricilər bir neçə paralel aparılan təcrübələrin ortaqlıqlaşdırılmış nəticəsidir və stabil olaraq təkrarlanır.



## **İŞİN ƏSAS MƏZMUNU**

EP-300 kompleksində yan məhsul kimi alınan ağır piroliz qatranının miqdarı götürülən xammalın təbiətindən, o cümlədən piroliz sobasındakı temperaturdan asılı olaraq ümumi xammala görə 4,5-8,2% arasında dəyişir. APQ-nin karbohidrogen tərkibi çox mürəkkəbdir, lakin bütün hallarda politsiklik aromatik birləşmələr tərkibdə üstünlük təşkil edir. Kondensləşmiş tsiklik karbohidrogen sistemlərinə naftalin, antrasen və fenantren, naftasen, pentasen, onların alkil- və alkenil törəmələrini misal göstərmək olar.

EP-300 qurğusunda alınan pirolizin maye məhsulları – pirokondensat və ağır piroliz qatranı ölkəmizdə xaricə göndərilməklə ucuz qiymətə satılır, lakin ondan neft-kimya kompleksi və sənaye sahələri üçün qiymətli məhsullar almaq mümkündür.

### **Qələvi istifadə etməklə karbonun təmizlənməsi və aktivləşdirilməsi**

Bir sıra ədəbiyyatlarda NaOH ilə karbonun aktivləşdirilməsinin KOH ilə müqayisədə bir sıra üstünlüklərinin olduğu qeyd edilmişdir. Buna nisbətən ucuz olmanı, aşağı dozalarda belə effektiv nəticələrin əldə olunmasını, ətraf mühitə ziyanının nisbətən azaldılmasını və KOH-la müqayisədə korroziya törədici qabiliyyətin aşağı olmasını göstərmək olar. Deyilənləri nəzərə alaraq araşdırmalarımızda APQ-dən alınmış karbon nümunələri NaOH ərintisi ilə aktivləşdirilmiş, sonra isə AK-nın kimyəvi və tekstur göstəriciləri tədqiq olunmuş, adsorbent kimi bitki yağlarının rafinə prosesində effektivliyi müqayisəli tədqiq olunmuşdur.

APQ-dən sintez edilmiş karbon materialı təmiz NaOH və 10 ml su ilə müəyyən nisbətlərdə 0,5:1; 1:1; 1,5:1; 2:1 və 2,5:1 (NaOH:karbon) şaquli polad reaktorda maqnit qarışdırıcı ilə 2-3 saat arası qarışdırılmış və 4 saat 130°C temperaturda qurudulmuşdur. Quru qarışıqdan ibarət olan reaktor dəqiqədə 100 sm<sup>3</sup> azot qazı axını olan sobaya yerləşdirilmiş və temperaturu dəqiqədə 20°C artırmaqla 700°C-dək qızdırılmaqla 1,5 saat bu temperaturda emal olunmuşdur. Soyudulduqdan sonra qarışıq 0,1 M HCl məhlulu ilə, ardından isə isti

distillə suyu ilə pH dəyəri təxminən 6,5 olana qədər, yəni aktivləşdirici agentin qalıqları və proses ərzində formalaşan digər qeyri-üzvi birləşmələr çıxarılan kimi yuyulmuşdur. Yuyulma mərhələsində aktivləşmiş karbon 0,45 mkm ölçülü membran filtdən istifadə edilərək ayrılmış, alınan karbon nümunələri 110°C-də 24 saat qurudulmuşdur.

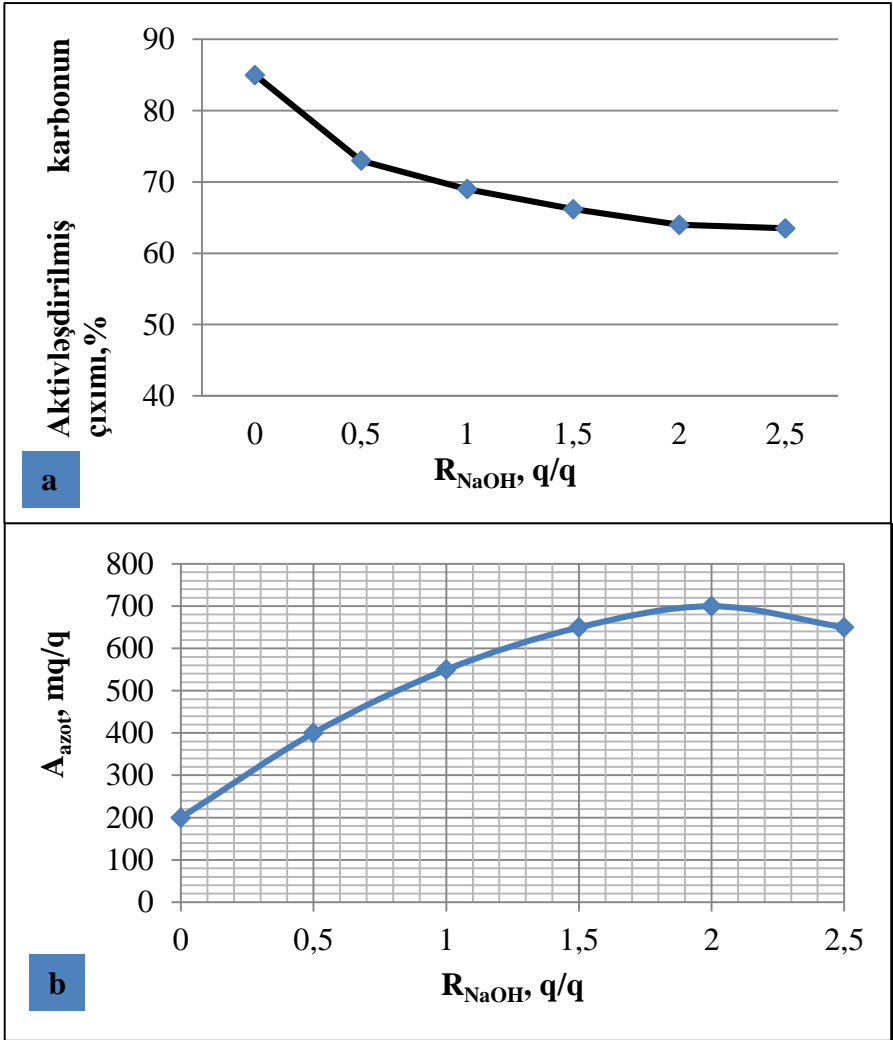
Təcrübə yolu ilə qələvinin miqdarının, eyni zamanda temperatur və termoemal müddətinin AK-nın çıxımına təsiri tədqiq olunmuşdur. APQ-nin termiki emalının götürülmüş NaOH-ın miqdarından asılılığını müəyyənləşdirmək məqsədilə onların 0,5-2,5 q/q nisbətlərində mexaniki qarışıqları hazırlanmış və onlar müxtəlif temperaturalarda azot mühitində pirolizə uğradılmışdır.

Qrafik 1-də aktivləşdirilmiş karbonun (AK) çıxımına və adsorbsiya xassələrinə qələvinin miqdarının təsiri verilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, qələvinin miqdarını artırıdıda onun destruktiv təsiri nəticəsində AK-nın çıxımı 1,3 dəfə aşağı düşür (Qrafik 1 (a)). Qələvinin miqdarının aşağı salınması materialın sorbsiya xassələrini və buna müvafiq olaraq mikroməsələrin inkişaf strukturunu pisləşdirir, həmçinin prosesi qeyri-sabit tənzimlənmə oblastına yönəldir. Qələvinin miqdarını 2,0 q/q-a qədər artırmaqla AK-nın azota görə adsorbsiya tutumunu 700 mq/q-a qədər yüksəltmək mümkün olmuşdur (Qrafik 1 (b)). Qələvinin təsiri nəticəsində son məhsul miqdarı azalsada, adsorbsiya tutumu artır, yəni AK-nın səth xüsusiyyətlərində köklü dəyişikliklər baş verir.

Qeyd etmək lazımdır ki, qələvinin miqdarının artırılması ilə yanaşı temperaturun yüksəldilməsi də alınan karbonlaşmış materialın çıxımına və adsorbsiya tutumuna güclü təsir göstərir. Piroliz temperaturunun 800°C-dək yüksəldilməsi alınmış AK-nın adsorbsiya xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırsa da, çıxıma mənfi təsir göstərir və proses üçün reaktorun kimyəvi korroziya və ya aşınma səbəbindən seçilməsini xeyli mürəkkəbləşdirir.

Belə ki, qələvinin 2,0 q/q miqdarında və 2,5 saat müddətində 400°C temperaturda emalı zamanı 80% çıxımla AK alındığı halda, emal temperaturunun yüksəldilməsi ilə karbonlaşma prosesi sürətlənir və qeyri-stabil birləşmələrin sistemdən ayrılması nəticəsində 700°C emal temperaturunda çıxım 62% təşkil edir. Bu zaman AK-nın

adsorbsiya tutumunun 300 mq/q-dan 750 mq/q-a qədər yüksəlməsi qeydə alınmışdır.



**Qrafik 1. Qələvinin miqdarının AK-nın çıxımına (a) və adsorbsiya tutumuna (b) təsiri (emal şəraiti:  $T=700^{\circ}C$ ;  $t=2,5$  saat)**

Temperaturun sonrakı artımı zamanı karbonun çıxımında və

adsorbsiya tutumunda ciddi dəyişiklik qeydə alınmamışdır. Termoemal müddətinin də alınan AK-nın çıxımı və adsorbsiya tutumuna təsiri araşdırılmışdır. APQ-nin pirolizi zamanı parçalanma və strukturlaşma prosesləri 30 dəqiqədən sonra başlayır, 2,5 saat ərzində başa çatır və bu zaman ərzində AK-nın çıxımı stabilləşir, alınmış AK-nın azota görə adsorbsiya tutumu yüksək həddə 700-750 mq-a çatır. Termoemal müddətinin sonrakı artırılması AK-nın çıxımına və adsorbsiya tutumuna çox az təsir göstərir. Təqdim olunmuş nəticələrə əsasən demək olar ki, NaOH-la termoemal aşağıdakı şəraitdə aparılmalıdır:

1. NaOH-ın karbona nisbətində dozası 2,0 q/q;
2. Reaksiya kütləsində kimyəvi aktivləşdirmə temperaturu - 700°C;
3. Termoemal müddəti - 2,5 saat

NaOH miqdarının artırılması, eyni zamanda karbonun xüsusi səth sahəsinə, məsamələrin diametrinə və həcminə təsir göstərir. Nümunələrin BET üzrə xüsusi səthi, məsamələrin ümumi həcmi və orta diametri cədvəl 1-də verilmişdir.

**Cədvəl 1.**  
**Karbon nümunələrinin səth parametrləri**

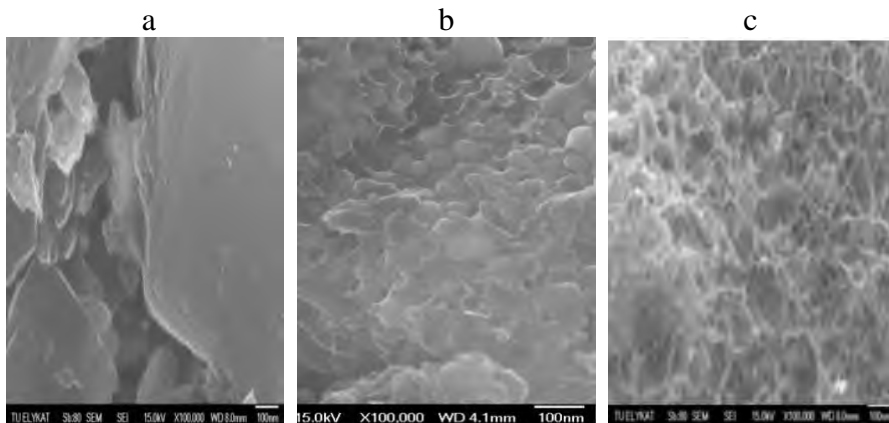
Nümunələr	$C_{BET}$	$S_{BET} (m^2/q^{-1})$	$V_P (sm^3/q^{-1})$	$d_p (nm)$
Aktivləşdirilməmiş karbon	105,4	80	0,109	48,18
AK ( $R_{NaOH}=1,0$ q/q)	123,2	105	0,2328	39,09
AK ( $R_{NaOH}=2,0$ q/q)	131,8	210	0,3651	29,12

Burada, C- enerji sabiti (birinci təbəqə);  $V_p$ - məsamələrin ümumi həcmi;  $d_p$ -məsamənin orta diametridir.

Belə ki, 2,0 q/q NaOH ilə  $S_{BET}=210$   $m^2/q^{-1}$ , məsamələrin diametri  $d_p=29,12$  nm olduğu halda, 1,0 q/q NaOH ilə bu göstəricilər müvafiq olaraq 105  $m^2/q^{-1}$  və 39,09 nm təşkil edir. NaOH-ın aşağı miqdarlarında (1,0 q/q) alınan karbon nümunəsinin adsorbsiya tutumu və müvafiq olaraq xüsusi səthi, məsamələrin diametri və həcmnin azalması cədvəldən aydın görünür.

## Qələvi/karbon nisbətinin alınmış aktivləşdirilmiş karbonun morfolojiyasına təsiri

Karbonlaşdırılmış APQ-nin qələvi iştirakı ilə pirolizi alınmış sorbentin səth morfolojiyasına böyük təsir göstərir. Şəkil 1-də müxtəlif  $R_{\text{NaOH}}$  qiymətlərində alınan AK-nın mikroskopik şəkillərinə nəzər saldıqda görürük ki, qələvinin iştirakı ilə emal prosesində sorbentdə böyük miqdarda kiçik məsamələr əmələ gəlir və sorbent mükəmməlləşmiş süngər quruluşa malik olur. Qeyd etmək lazımdır ki, Şəkil 1 (a)-da ilkin karbonizatda yalnız çatlar formasında böyük ölçülü məsamələr mövcuddur. Qələvi ilə emal olunmamış ilkin nümunədə xarakter lifli-iyənəvari strukturla xarakterizə olunan ilkin amorf hissəciklərə malik aqreqatların olması aydın görünür ki, bu da kristallik qəfəsin quruluşunda nizamlanmanın olmamasını təsdiq edir.



**Şəkil 1. APQ ilə a- qələvisiz, b-  $R_{\text{NaOH}}=1,0$  q/q və c-  $R_{\text{NaOH}}=2,0$  q/q miqdarlarında termoemaldan alınmış karbon nümunələrinin SEM təsvirləri**

Skandalşdırıcı elektron mikroskopunun təsvirlərindən aydın olur ki, qələvi ilə emal olunmuş nümunələr isə mikro-, mezoməsaməli struktura malikdir və burada mikroməsaməli strukturlar üstünlük təşkil edir. Şəkil 1 (b)-də qələvinin miqdarının piroliz prosesində 1,0 q/q-a çatdırılması nəticəsində, elektron mikroskop şəkillərində hissəciklərin məsamələrinin kiçilməsi və səth boyu bərabər – bircins

paylanması aydın görünür.

Şəkil 1 (c)-dən görüldüyü kimi, qələvinin  $R_{NaOH}=2,0$  q/q miqdarında APQ-nin termoemalından alınmış karbon mikrostrukturu arakəsmələri olan məsaməli skeleti xatırladır, qranulometrik tərkibi bircinsdir. Burada incə sapabənzər liflərin bir-birilə paralel düzülüşü nəzərə çarpır, məsamələr kürəvi formaya malikdir, əsasən 30-45 nm ölçülərə malik nanoölçülü hissəciklər üstünlük təşkil edir.

### **Ağır piroliz qatranından alınmış karbonun və aktivləşdirilmiş karbonun kimyəvi tərkibinin tədqiqi**

Cədvəl 2-də APQ əsasında alınan karbon və onun qələvi ilə emalından alınmış sorbentlərin rentgenflüoressent analiz üsulu ilə XGT-7000 cihazı vasitəsilə müəyyənləşdirilmiş kimyəvi tərkibi verilmişdir. Element analizi nəticələrindən görünür ki, qələvi iştirakı ilə karbonlaşma dərəcəsi daha yüksəkdir. Karbonizatların tərkibində karbonun miqdarı qələvisiz 89,3% olduğu halda, qələvi iştirakı ilə alınan karbonizatın tərkibində müvafiq olaraq 95,6% təşkil edir.

**Cədvəl 2.**  
**Karbon nümunələrinin element tərkibi**

Nümunələr	Elementlərin miqdarı, %							
	C	H	S	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni
APQ-dən alınan karbon	89,3	10,34	0,35	0,004	0,01	0,011	0,07	0,02
Aktivləşdirilmiş karbon, ( $R_{NaOH}=2,0$ q/q)	95,6	4,21	0,11	0,002	0,01	0,07	0,04	0,01

Eyni zamanda, karbonizatın tərkibində cüzi miqdarda Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Co elementlərinə də rast gəlinir. Qeyd etmək lazımdır ki, qələvinin iştirakı ilə alınan karbon nümunəsində kükürd və metalların miqdarında azalma qeydə alınmışdır.

## Nanokarbonun alınması, struktur və xassələrinin öyrənilməsi

Qaz fazadan kimyəvi çökdürmə (CVD) üsulu ilə karbon nanohissəciklərin alınması prosesinə bir sıra amillər güclü təsir göstərir və onların düzgün seçilməsi yolu ilə alınan nanokarbonun parametrlərinə nəzarət etmək mümkün olur. Nanokarbonun alınmasında katalizatorun rolunu müəyyən etmək üçün piroliz prosesi katalizatorsuz və katalizator iştirakı ilə 750-920°C temperatur intervalında aparılmışdır.

Katalizatorsuz 50 ml C<sub>5</sub> fraksiyası 750°C və 920°C temperaturlarda, 1 mm civə sütunu təzyiq altında 30 dəqiqə müddətində piroliz edilmişdir. Təcrübələr göstərmişdir ki, temperaturdan asılı olmayaraq katalizatorsuz nanokarbon hissəcikləri, praktiki olaraq alınmır. Belə halda C<sub>5</sub> fraksiyasının tərkibindəki karbohidrogenlər parçalanaraq amorf strukturlu his, duda və digər qaz karbohidrogenlərinə çevrilir, əmələ gələn bərk hissəciklər kvars borunun divarlarına çökür ki, orada əmələ gələn nanohissəciklərin miqdarı cüzdür. Bu faktlar göstərir ki, katalizator nanokarbon hissəciklərinin formalaşmasında xüsusi rola malikdir.

Cədvəl 3-də qeyd edilən analiz nəticələrindən aydın görünür ki, C<sub>5</sub> fraksiyasının katalizatorsuz pirolizindən nanokarbonun alınması praktik olaraq mümkün olmamışdır. MgO daşıyıcısı iştirakı ilə katalizatorsuz piroliz temperaturunu 750°C-dən 920°C-yə yüksəltməklə məhsulun çıxımını yalnız 2,84%-ə qədər artırmaq mümkün olmuşdur. Katalizator kimi dəmirin asan sublimasiya edən birləşməsi olan ferrosen götürməklə 750, 850 və 920°C-də aparılan təcrübələrin nəticəsi göstərir ki, katalizatorun iştirakı ilə aşağı temperaturda məhsulun çıxımı 3,93%-ə qədər olduğu halda, 920°C-də bu göstərici 9,37% təşkil edir. Eyni zamanda alınan məhsulun tərkibində də karbonun miqdarı daha yüksək - 99.1% alınır. Katalizatorun miqdarı xammala görə 2% küt. təşkil edir. Temperatur yüksəldikcə karbonun miqdarında 97,1%-dən 99,1%-ə qədər artma, hidrogenin miqdarında isə uyğun olaraq 2,4%-dən 0,6%-ə qədər azalma müşahidə olunur. Alınan nəticələr göstərir ki, karbonun alınmasında temperatur və katalizator xüsusi rol oynayır.

**Cədvəl 3.****C<sub>5</sub> fraksiyasının müxtəlif şəraitlərdə pirolizindən alınan karbon nümunələrində C və H elementlərinin miqdarı**

Nümunələr	Çıxım, % küt.	Elementlərin miqdarı, % küt.	
		Karbon	Hidrogen
750°C-də katalizatorsuz MgO daşıyıcısı ilə alınan məhsul	0,068	-	-
920°C-də katalizatorsuz MgO daşıyıcısı ilə alınan məhsul	2,84	-	-
750°C-də MgO daşıyıcısı və ferrosen katalizatorunun iştirakı ilə alınan məhsul	3,93	97,1	2,8
850°C-də MgO daşıyıcısı və ferrosen katalizatorunun iştirakı ilə alınan məhsul	4,07	98,2	1,72
920°C-də MgO daşıyıcısı və ferrosen katalizatorunun iştirakı ilə alınan məhsul	9,37	99,2	0,7
920°C-də haloizit daşıyıcısı və ferrosen katalizatorunun iştirakı ilə alınan məhsul	7,37	98,3	1,4
920°C-də haloizit daşıyıcısı və manqanosen katalizatorunun iştirakı ilə alınan məhsul	8,8	97,2	1,3
920°C-də MgO daşıyıcısı və manqanosen katalizatorunun iştirakı ilə alınan məhsul	7,95	98,4	1,2



Katalizator kimi tərkibində manqan saxlayan birləşmə-manqanosen və daşıyıcı kimi haloizit ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) götürdükdə piroliz məhsulunun çıxımında və karbonun miqdarında azalma, hidrogenin miqdarında isə artma müşahidə olunur. Bu fakt onu göstərir ki, piroliz prosesindən nanokarbonun alınması katalizatorun və daşıyıcının təbiətindən də asılıdır.  $920^\circ\text{C}$ -də haloizit daşıyıcısı və manqanosen katalizatorunun iştirakı ilə alınan nümunənin tərkibində karbonun kütlə payı nisbətən az - 97,2%-dir.

Sintez prosesində istifadə olunan katalizator və daşıyıcılardan elementlərin karbon nanostrukturuların tərkibinə keçməsi analizlər aparılaraq müəyyənləşdirilmişdir.  $920^\circ\text{C}$ -də MgO daşıyıcısı və ferrosen katalizatorunun iştirakı ilə alınan karbon nümunəsində dəmir və maqnezium analizləri nəticəsində tərkibində az miqdarda 0,03% Fe və 0,002% Mg,  $920^\circ\text{C}$ -də MgO daşıyıcısı və manqanosen katalizatorunun iştirakı ilə alınan karbon nümunəsində isə 0,05% Mn və 0,009% Mg qalığının olduğu aşkar edilmişdir.  $920^\circ\text{C}$ -də haloizit daşıyıcısı və ferrosen katalizatorunun iştirakı ilə sintez olunan karbondə isə Al-un miqdarı 0,004%, Si-un miqdarı 0,007%, Fe-un miqdarı isə 0,07% olmuşdur. Alınan nəticələrin müqayisəsi nəticəsində aydın görünür ki, karbon nümunələrinin tərkibinə daşıyıcı və katalizatordan müəyyən miqdarda metal keçir.

CVD qurğusunda  $750$ - $920^\circ\text{C}$  temperatur intervalında  $\text{C}_5$  fraksiyasının pirolizi prosesindən alınan nəticələr cədvəl 4-də verilmişdir. Cədvələ nəzər salsaq görürük ki,  $750^\circ\text{C}$ -də,  $\text{H}_2:\text{Ar}=1:1$  nisbətində karbon nanoboruların (KNB) çıxımı çox aşağıdır və cəmi 7,8% təşkil edir. Temperaturun  $920^\circ\text{C}$ -dək yüksəldilməsi nəticəsində piroliz prosesində çevrilmədə yüksəliş nəzərə çarpır və artıq  $850^\circ\text{C}$ -də nanohissəciklərin çıxımı  $\text{H}_2:\text{Ar}:\text{C}_5=1:1:1$  nisbətlərində 10 dəqiqə müddətində belə 13,4%-ə çatır. Zamanın prosesə təsiri göstərmişdir ki, piroliz prosesinin müddətini 20 dəqiqəyədək artırıqda nanohissəciklərin miqdarı 15,9%-dək yüksəlir. Qeyd etmək lazımdır ki, hidrogenin qatılığının sistemdə artırılması nanohissəciklərin çıxımını yüksəldir və cədvəldən görüldüyü kimi,  $920^\circ\text{C}$  temperaturda bu göstərici 2:2:1 nisbətlərində 18,7, 4:2:1 nisbətlərində isə 19,8% təşkil edir. Beləliklə, qaz qarışığı nisbətinin məqsədli məhsulun çıxımına təsir göstərdiyi müəyyən edilmişdir.

**Cədvəl 4.****Müxtəlif temperaturlar və qazların verilmə həcmlərində KNB-nin çıxımı**

Temperatur, °C	H <sub>2</sub> :Ar:C <sub>5</sub> , həcm	Reaksiya müddəti, dəq.	Karbon nanoboruların çixımı, %
750	1:1:1	10	10,2
	1:1:1	20	12,8
	2:2:1	20	13,5
	4:2:1	20	15,1
850	1:1:1	10	13,4
	1:1:1	20	15,9
	2:2:1	20	17,4
	4:2:1	20	18,6
920	2:2:1	20	18,7
	4:2:1	20	19,8

Təcrübələrdən müəyyən olmuşdur ki, prosesin aparılma müddəti 10-dan 20 dəqiqəyədək artırıldıqda həm alınan karbon nanohissəciklərin diametrində, həm də hündürlüyündə xətti yüksəlmə baş verir, 20-30 dəqiqə intervalında diametrdə elə bir dəyişiklik baş verməsə də, hündürlüklərdə sıxlaşma müşahidə olunur. Beləliklə, ilk anlarda yeni nanoborular əmələ gəldiyindən, bu, ümumi boruların sayının da artmasına gətirib çıxarır və sonda KNB-lərin diametri böyümüş olur. KNB-lər kritik ölçülərinə yaxınlaşdıqda isə boruların istiqamətlənməsində pozuntular meydana çıxır ki, bu da, “defekt” strukturların artmasına səbəb olur və nəticədə karbon nanohissəciklərin böyüməsi ləngiyir. Zamanın 20 dəqiqədən yuxarı qiymətlərində isə karbon rabitələri arasında pozulma baş verir, nəticədə amorf strukturlu karbon hissəciklərinin miqdarı artmış olur.

Prosesin ilk anlarında H<sub>2</sub> qazının reaktora verilmiş həcmi miqdarı proses boyu sabit saxlanılmasına baxmayaraq, miqdar ilk 20 dəqiqə ərzində azalır, lakin zaman keçdikcə qazın miqdarı xətti olaraq artmağa başlayır. Bu, onunla izah olunur ki, prosesin başlanğıcında

karbohidrogendə piroliz prosesi hələ lazımi səviyyədə getmədiyindən və bu səbəbdən də hidrogen alınmadığından, prosesə daxil edilən hidrogen qazı sintez olunan nanohissəciklərin tərkibində olan amorf karbon hissəciklərinin sistemdən kənarlaşdırılmasına sərf olunur. Piroliz prosesi intensivləşdikcə, parçalanma nəticəsində sistemdə hidrogen qazı yaranmağa başlayır və xaricdən də daima sistemə  $H_2$  qazı verildiyindən, bu qazın sistemdə artması müşahidə olunur. Beləliklə, hidrogen qazının sistemə verilməsi iki əsas funksiyanı yerinə yetirir: sintez edilən KNB-lərin formalaşmasını təmin edir; sistemə verilən karbohidrogen xammalının sürətlə parçalanmasına mane olmaqla, alınan sərbəst karbonun miqdarını tənzimləyir.

Əldə olunan nəticələr əsasında KNB-lərin alınması prosesi üçün prekursorla hidrogenin sistemə verilməsinin optimal nisbətinin 4:2:1 olduğu müəyyənləşdirilmişdir.

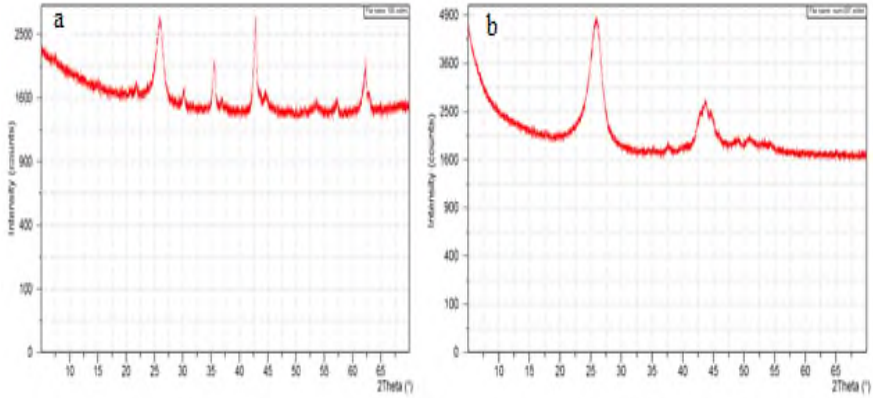
### **Sintez olunan nanokarbonların fiziki-kimyəvi parametrlərinin tədqiqi**

Nümunədə sintez prosesində əmələ gələn amorf karbon hissəciklərinin və katalizator fraqmentlərinin sistemdən çıxarılması məqsədilə o, qatı sulfat turşusu ilə  $90^{\circ}C$  temperaturda 2 saat müddətində işlənmiş və emal nəticəsində nümunənin kütləsində 15-17% azalma qeydə alınmışdır. Beləliklə, həll olan hissənin əsasən amorf karbona aid olması müəyyən olunmuşdur.

Alınan karbon nümunələrinin faza tərkibi rentgen-faza analiz metodu vasitəsilə öyrənilmişdir. Şəkil 5-də sintez olunmuş və turşu vasitəsilə qarışıqlardan təmizlənmiş nanokarbon nümunələrinin müqayisəli difraktoqramları verilmişdir. Şəkildən aydın görünür ki, turşu ilə emal nəticəsində karbon nanostrukturunda qarışıqlardan təmizlənmə nəticəsində strukturlaşma baş verir, nanokarbona xas kristallik faza formalaşır.

Nanokarbonun difraktoqramında 36,89, 42,87 və 62,27 dərəcələrdə metal fazasına uyğun gələn piklər aşkarlanmışdır. Eyni zamanda dispersləşmiş qrafit strukturlu nanokarbon fazasına uyğun  $\theta=26$  və 44,59 dərəcələrdə genişlənmiş pik müşahidə edilir. Şəkil 5 (b)-dən görüldüyü kimi, təmizləndikdən sonra yalnız kristallik karbon

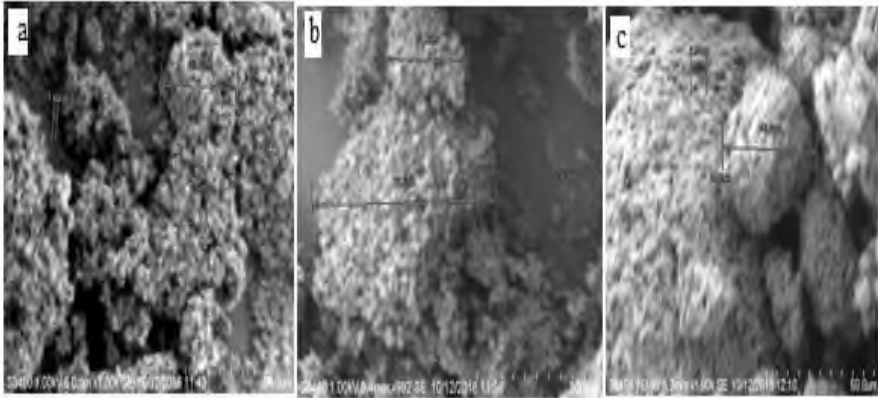
fazasına uyğun piklər müşahidə edilir.



**Şəkil 5.  $H_2:Ar:C_5=4:2:1$  nisbətində qaz qarışığının  $920^{\circ}C$ -də pirolizindən alınmış və qarışıqlardan təmizlənmiş nanokarbon nümunəsinin difraktoqramı: a) ilkin; b) sulfat turşusu ilə emaldan sonra**

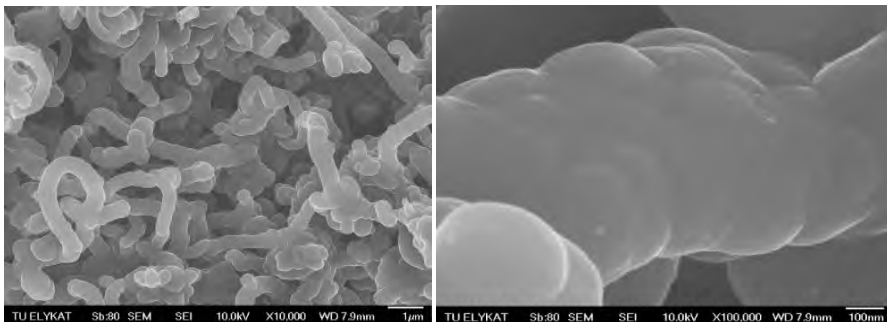
Alınan karbon nümunələrində hissəciklərin forma və strukturunu, ölçülərini təyin etmək üçün skanedici elektron mikroskopundan istifadə edilmişdir. Şəkil 6 (a)-da SEM görüntülərinin analizi nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki,  $750^{\circ}C$  temperaturda sintez olunan NK hissəciklərinin hündürlüyü  $70 \pm 5$  nm, diametri  $31 \pm 3$  nm olub, müxtəlif istiqamətlərə yönəlmiş karbon nanoborularından təşkil olunmuşdur. Temperaturun  $850^{\circ}C$ -yə yüksəlməsi ilə (Şəkil 6 (b)) bu çatışmazlıq - nizamsız istiqamətlənmə aradan götürülür və KNB-lərin geometrik ölçüləri isə təqribən həmin intervaldadır ( $65 \pm 5$  nm hündürlük və  $27 \pm 4$  nm diametr). Bu effekti  $C_5$  fraksiyasının parçalanması zamanı əmələ gələn hidrogenin katalitik mərkəzlərdən asan desorbsiyası ilə əlaqələndirmək olar, çünki bu zaman bu mərkəzlər üzərində yaranan karbon qatı az “defektli” olduğundan, alınan KNB hissəciklərinin şaxələnməsinə və ya istiqamətlənmənin pozulmasına imkan vermir. Temperaturun  $920^{\circ}C$ -yə çatdırılması (Şəkil 6 (c)) aktiv mərkəzlərin çevikliyinin artmasına səbəb olur ki, bunun nəticəsində kiçik katalitik mərkəzlər bir-birilə

birdəşərək daha böyük mərkəzlərə çevrilirlər. Aktiv mərkəzlərin ölçülərinin böyüməsi alınan nanohissəciklərdə də özünü göstərmiş olur, belə ki, KNB-lərin diametri  $52\pm 5$  nm, hündürlüyü isə  $86\pm 8$  nm-ə qədər yüksəlir. Həmçinin, burada daha böyük ölçülərə malik olan karbon hissəcikləri də mövcuddur. Temperaturun yüksəlməsi ilə qeydə alınan böyümələr aktivləşdirmə və qızdırılma mərhələləri zamanı KNB-lərin böyüməsini təsdiq edir. Həqiqətən də KNB-lərdə praktiki olaraq 25 nm-dən kiçik hissəciklərin olmaması daha kiçik aktiv mərkəzlər tərəfindən udulması və ya daha kiçik hissəciklərin həmin temperaturda sublimasiyaya məruz qalmasını sübut edir. Bununla yanaşı, temperaturun yüksəldilməsi karbohidrogen xammalının nümunələrin səthindən desorbsiya prosesini sürətləndirir ki, bu da daha yüksək temperaturlarda çıxımın nisbətən azalması ilə nəticələnir.



**Şəkil 6. Müxtəlif temperaturlarda alınmış karbon nanostrukturaların SEM təsvirləri: a) 750°C; b) 850°C; c) 920°C (1000 dəfə böyüdülmüş)**

Şəkil 7 (a)-da hissəciklərin 10000 dəfə böyüdülmüş mikroskop şəkillərində borucuqlar aydın görünür. Borucuqların uzunluğu 60-100 nm, diametri isə 3-10 nm tərtibindədir. Şəkil 7 (b)-də 100000 dəfə böyüdülmüş təsvirə diqqətlə baxdıqda isə borucuqların səthinin ovalşəkilli hissələrdən ibarət olması görünür. Belə struktur karbon hissəciklərinin səth sahəsini və məsələlərini daha da artırmış olur.



a)

b)

**Şəkil 7. 920°C temperaturda alınmış karbon nanoborularının SEM təsviri: a) 10000 dəfə; b) 100000 dəfə böyüdülmüş**

Beləliklə, təcrübələr nəticəsində aydın olur ki, 750, 850 və 920°C temperaturlarda sintez edilən nanokarbonları müqayisə etdikdə, temperaturun, hidrogen və arqon qazlarının artırılması nanokarbonun çıxımına müsbət təsir edir. Turşu ilə təmizləndikdən sonra 920°C temperaturda əldə olunan KNB-lərin diametri və hündürlüyü digər temperaturlarda əldə ediləndən daha yüksək olur.

APQ ilə təcrübələr əsasında NaOH-ın karbona nisbətən 2,0 q/q miqdarında, 700°C temperaturda, 2,5 saat müddətində termoemal olunmuş karbonun azota görə adsorbsiya tutumu ən yüksək-750 mq olmuşdur və bu aktivləşdirilmiş karbon AK1 ilə işarələnərək günəbaxan yağının ağardılması prosesinə cəlb olunmuşdur.

PMM-dən nanokarbon sintezi təcrübələri əsasında 920, 850 və 750°C temperaturlarda, MgO daşıyıcısı və ferrosen katalizatoru iştirakı ilə  $H_2:Ar:C_5 = 4:2:1$  həcm nisbətələrində, 20 dəqiqə emal müddətində əldə olunmuş nanokarbon nümunələri NK1, NK2 və NK3 ilə işarələnmiş və adsorbsiya xüsusiyyətlərini müəyyən etmək üçün günəbaxan yağının ağardılması prosesinə cəlb olunmuşdur.

Ticari ortalama diametri 6-13 nm arasında, orta uzunluğu 100 nm, BET səth sahəsi təxminən  $240 m^2/q$  olan təmiz çox qatlı karbon nanoboru ( $\geq 98\%$  təmizlikdə) əldə edilmiş və onun tərəfimizdən sintez olunan karbon nümunələri ilə müqayisəsi də aparılmışdır. Təcrübələrdə istifadə olunan bu karbon nanoboru KNB1 ilə

işarələnmişdir.

Ticari hissəciklərinin ölçüsü 0,4-2,4 mm, BET səth sahəsi təxminən 220 m<sup>2</sup>/q olan aktivləşdirilmiş karbon əldə edilmiş və təcrübələrdə istifadə olunan bu karbon AK2 ilə işarələnmişdir.

Sintez olunan və müqayisə üçün satın alınaraq ağartma prosesində istifadə edilən adsorbentlərin ümumi müqayisəsi cədvəl 5-də verilmişdir.

**Cədvəl 5.**  
**Adsorbent nümunələrinin müqayisəli cədvəli**

Adsorbentlər	Karbon miqdarı, %	Diametr, nm	Boruların orta uzunluğu, nm	BET səth sahəsi, m <sup>2</sup> /q
NK1	99,1	9±3	86±8	220
NK2	98,2	9±3	70±5	210
NK3	97,1	7±3	65±5	210
KNB1	≥ 98%	6-13	100	240
AK1	95,5	29,1	-	210
AK2	≥ 98,5	34	-	220

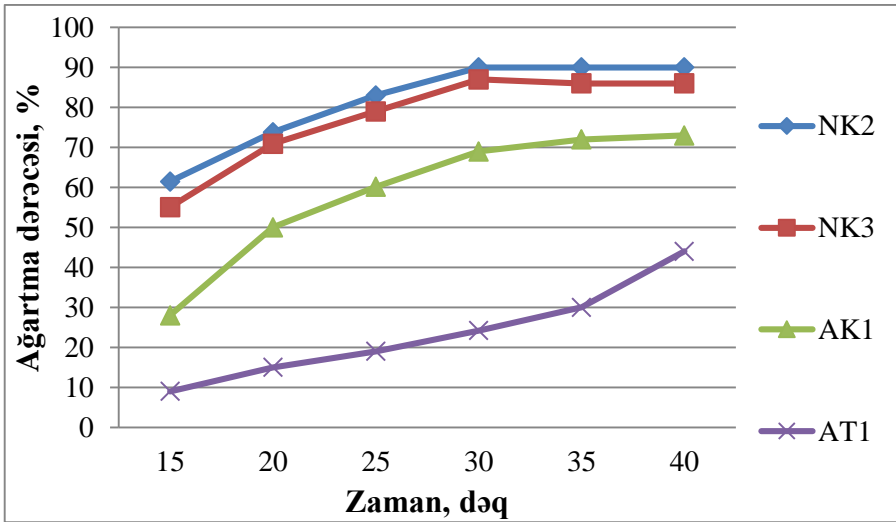
## **KARBON MATERIALLARININ QIDA YAĞLARININ AĞARDILMA PROSESİNDƏ ADSORBENT KİMİ TƏDQIQI**

APQ və pirokondensatın C<sub>5</sub> fraksiyasının pirolizindən alınmış karbon materialları günəbaxan yağının ağardılma prosesində adsorbent kimi tədqiq edilmiş, prosesə temperaturun, təmas müddətinin, adsorbentin miqdarının təsiri öyrənilmiş, əldə edilmiş nəticələr ticari ağartma torpağı ilə müqayisəli şəkildə verilmişdir.

### **Ağartma prosesinə təmas müddətinin təsiri**

Sintez olunmuş nanokarbonlar - NK2, NK3, aktivləşdirilmiş karbon (AK1) ilə ticari aktivləşdirilmiş karbon (AK2) və ağartma torpağı (AT1) nümunələri müqayisə edilmişdir. Bu prosesdə

temperatur ədəbiyyat məlumatlarına əsasən 100°C, adsorbent miqdarı isə 1,0 qram götürülmüş və əldə edilən rəng dəyişmələri əsasında ağartma performansını hesablanaraq, qrafik qurulmuşdur. Qrafik 2-dən aydın görünür ki, NK2 ilə yağın ilk 15 dəqiqə ərzində ağardılma dərəcəsi 61%, NK3 ilə 55%, AK1 ilə 28%, ağartma torpağı AT1 ilə isə 9%-dir. Müddət 30 dəqiqəyə qədər artırıldıqda bu göstəricilər müvafiq olaraq 90%, 86%, 70% və 23%-ə qədər yüksəlir. Qrafikdən aydın olur ki, zamanın sonrakı artırılması karbon nümunələrinin adsorbsiya qabiliyyətinə çox az təsir etdiyi halda, ağartma torpağı ilə 40 dəqiqə ərzində ağartma dərəcəsinin 44%-ə qədər yüksəlməsi qeydə alınmışdır. Beləliklə, təmas müddəti artdıqca piqmentlərin udulmasının da artması müşahidə edilmişdir.



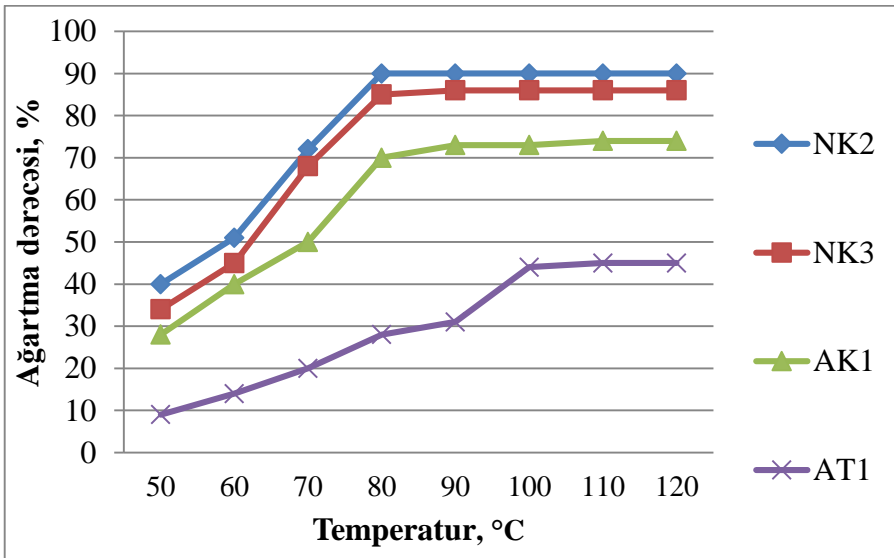
**Qrafik 2. Ağartma prosesinə təmas müddətinin təsiri: 100°C temperatur və 1% miqdarı ilə**

### **Ağartma prosesinə temperaturun təsiri**

Qrafik 3-də sintez edilmiş karbon nümunələrinin və ağartma torpağının iştirakı ilə günəbaxan yağının ağardılma prosesinə temperaturun təsiri verilmişdir. Ağartma prosesi 30 dəqiqə



müddətində, adsorbentlərin 1% miqdarında aparılmışdır. Qrafikdən görüldüyü kimi, temperatur yüksəldikcə bir qayda olaraq, ağartma dərəcəsi də artır. NK2 və NK3 adsorbentləri ilə 80°C temperaturda 90%, 85% maksimum ağardılmaya nail olunmuşdur. AK1 və AT1 nümunələri ilə isə 80°C temperaturda 70% və 28% ağartma dərəcəsi əldə edilmişdir. Aktivləşdirilmiş karbon ilə ağartma zamanı maksimum performans 90°C temperaturda, ağartma torpağından istifadə edildikdə isə 100°C temperaturda olmuşdur. Ədəbiyyat məlumatlarında da qeyd edildiyi kimi, temperaturu artırıdınca torpaq və yağ arasında qarşılıqlı əlaqə yüksəldiyindən yağdan rəng udulması artır və 100°C temperaturda yalnız 44% ağardılma əldə edilmişdir. Temperaturun sonrakı yüksəldilməsi zamanı rəng dəyişməsi müşahidə edilməmişdir.

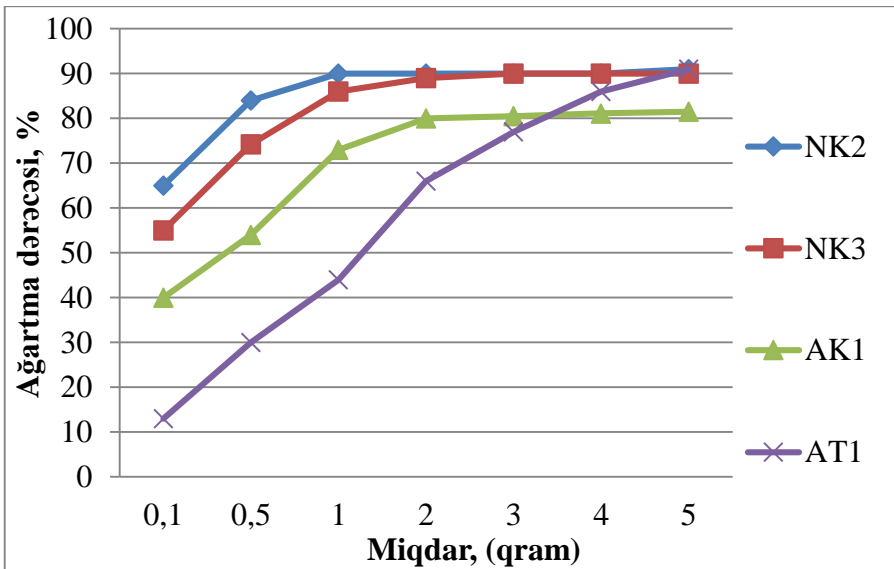


**Qrafik 3. Ağartma prosesinə temperaturun təsiri: 30 dəqiqə təmas müddəti və 1 % miqdar ilə**

### **Ağartma prosesinə adsorbentin miqdarının təsiri**

Yağın ağardılması adsorbent miqdarının artması ilə düz mütənəsbdir. Qrafik 4-dən aydın görünür ki, 0,1% miqdarında

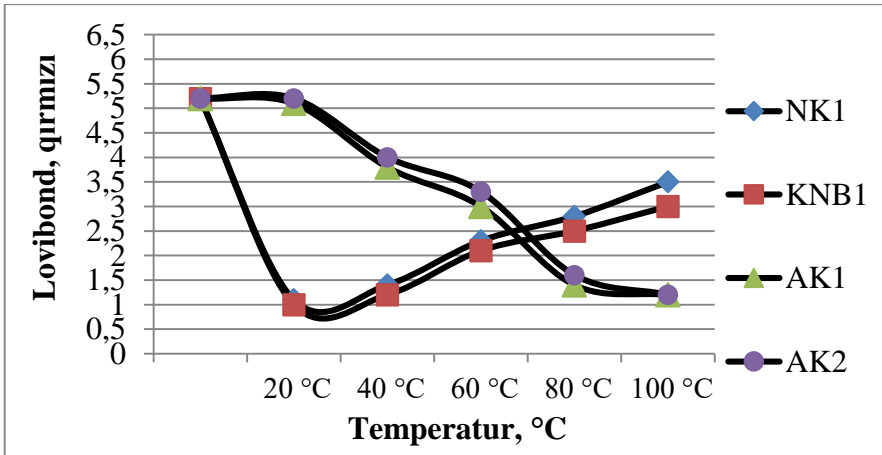
adsorbent istifadə zamanı belə adsorbentlər arasında kəskin fərq müşahidə olunur. Bu miqdarı 0,5%-ə qədər artırıqda isə NK2 və NK3 adsorbentlərində kəskin artım müşahidə olunmuşdur. NK2 nümunəsi 1%, NK3 nümunəsi 2%, AK1 nümunəsi 2% miqdarında yüksək adsorbsiya xassəsi göstərərək yağın maksimum ağardılmasını təmin etdiyi halda ağartma torpağı ilə ən yaxşı nəticə 5% miqdarında qeydə alınmışdır. Miqdarın sonrakı artımı karbon nümunələrinin ağartma qabiliyyətinə çox cüzi təsir göstərir. Ağartma torpağı ilə bu göstərici miqdarın 5%-ə qədər artması ilə yüksələrək 90%-ə çatmışdır və əlavə miqdar artımı ağartmaya az təsir göstərmişdir.



**Qrafik 4. Ağartma prosesinə adsorbentin miqdarının təsiri: 30 dəqiqə təmas müddəti və 80°C temperatur ilə**

920°C-də sintez olunan karbon nanoboru nümunəsinin (NK1), NK2 və NK3 ilə müqayisədə fərqli xassə göstərdiyi aşkar edilmiş və ticari karbon nanoboru (KNB1) və aktivləşdirilmiş karbon (AK2) ilə müqayisəsi də aparılmışdır. Temperaturun ağartma prosesinə təsiri qrafik 5-də göstərilmişdir. Ağartma prosesi 20 ilə 100°C arasında temperaturlarda 1,0% adsorbent istifadə edərək 30 dəqiqə ərzində

həyata keçirilib. Qrafikdən görünür ki, karbon nanoboruları (NK1) 20°C-də, yəni otaq temperaturunda yağdan rəngverici hissəcikləri adsorbsiya etmiş, qırmızı rəng 5,2-dən 1,1-ə enmişdir. Yəni, yağda olan rəngverici hissəciklərin udulması ilə, təxminən 79% ağartma effektivliyi əldə olunmuşdur. Ancaq, qrafikdən görüldüyü kimi temperaturun artırılması prosesə mənfi təsir etmişdir. Yəni, temperaturun artırılması karbon nanoboruların adsorbsiya qabiliyyətini yüksəltmir, əksinə yağda desorbsiya prosesi başlayır. Buna səbəb emal temperaturunun artırılmasının karbon nanoboruların səthinin xüsusiyyətlərinə mənfi təsir etməsi, boruların quruluşunun pozulması ola bilər. Ancaq, NK2 və NK3 nümunələri isə temperatur artdıqca, adsorbsiya xassəsini saxlayır və 80°C-də maksimum adsorbsiyaya çatır. AK1 nümunəsi ilə AK2 nümunələrini müqayisə etdikdə isə hər 2 adsorbentın adsorbsiya qabiliyyətinin temperatur ilə düz mütənəsib olduğu və 100°C-də maksimum adsorbsiyaya (1,2 qırmızı rəng) çatdığı aydın olur.



**Qrafik 5. Rəngin temperaturdan asılılıq əyriləri: 30 dəqiqə təmas müddəti və 1% miqdar ilə**

30 dəqiqə qarışdırılma müddəti və 20°C-də təcrübələr aparılmış, karbon nanoboru NK1-in 1,3 qramının, KNB1-in isə 1,2 qramının yağı tamamilə rəngsizləşdirdiyi müəyyən edilmişdir. Əldə

edilən nəticələrdən aydın olur ki, KNB-lər otaq temperaturunda belə yağdan piqmentləri adsorbsiya etmək qabiliyyətinə malikdir. NK1 adsorbenti ilə ağartmadan sonra əldə olunan yağda fiziki-kimyəvi analizlər aparılaraq tərkibi öyrənilmiş, nəticələr cədvəl 6-da verilmişdir.

**Cədvəl 6.**

**NK1 ilə ağartmadan əvvəl və sonra günəbaxan yağının keyfiyyət parametrləri**

Analizlər	ГОСТ 1129-2013	Ağartmadan əvvəl	NK1 ilə ağartmadan sonra
FFA, %	≤ 0,3	0,24	0,06
Peroksid ədədi, mmolO <sub>2</sub> /kq	≤ 10	0,9	0,83
Anisidin ədədi	≤ 3	4,27	4,19
Xlorofil miqdarı, mq/kq		0,32	0,00
β-karotin miqdarı, mq/kq		0,35	0,00
Rəng miqdarı		5,2 Qırmızı / 30 Sarı	0,2 Qırmızı / 0 Sarı
<b>Yağ turşu tərkibi, %</b>			
Palmitin turşusu	4,0-7,6	6,60	6,71
Stearin turşusu	2,1-6,5	4,48	4,55
Olein turşusu	14,0-71,8	35,2	34,8
Linolen turşusu	18,7-74,0	51,5	51,9

Cədvəldən görüldüyü kimi, ağartmadan sonra sərbəst yağ turşuları (FFA) və peroksid analizlərində azalma müşahidə olunmuşdur. Bu yağın tərkibində olan oksidəmiş birləşmələrin və sərbəst yağ turşularının da NK1 tərəfindən adsorbsiya edildiyini göstərir. Həmçinin yağın tərkibində olan və ona rəng verən piqmentlərin çıxarılması ilə yağların rənginin tamamilə çıxarılması prosesin effektivliyini sübut edir. Həmçinin, ağartma prosesinin otaq

temperaturunda aparılması nəticəsində anisidin ədədində artım müşahidə olunmamışdır. Yağ turşu tərkibi analiz nəticələrinin ağırtmadan əvvəl və sonra eyni olması yağların kimyəvi tərkibində hər hansı bir dəyişiklik olmadığını əks etdirir.

Beləliklə, C<sub>5</sub> fraksiyasından 920°C-də sintez olunmuş KNB-lərin yüksək adsorbsiya qabiliyyəti sayəsində ağırtma torpağı və aktivləşdirilmiş karbonla müqayisədə yağın rəngsizləşdirilmə prosesində yüksək effektivliyə malik olması müəyyən edilmiş, yağ istehsalında PMM-dən alınmış nanokarbon nümunələrinin az miqdarında və aşağı temperaturda aparılmasını təmin etməklə istehsal prosesinin enerji dəyərinin azaldılmasının və maliyyə itkisinin qarşısının alınmasının mümkünlüyü göstərilmişdir.

### **Politsiklik aromatik karbohidrogenlərin (PAK) adsorbsiyası**

NK1 və AK1 adsorbentlərinin yüksək adsorbsiya xassəsini nəzərə alaraq, onların ağırtma torpağı ilə müxtəlif nisbətlərdə qarışıqları hazırlanmış, günəbaxan yağının ağardılma prosesində PAK-ların adsorbsiyasında tətbiq edilmişdir. Karbon nanoboru (NK1) ağırtma torpağı (AT1) ilə aşağıda göstərilən faiz nisbətlərində qarışdırılmış və işarələnmişdir: B1 - 1% NK1 və 99% AT1 qarışığı; B2 - 2% NK1 və 98% AT1 qarışığı; B3 - 3% NK1 və 97% AT1 qarışığı; B4 - 4% NK1 və 96% AT1 qarışığı; B5 - 5% NK1 və 95% AT1 qarışığı. Aktivləşdirilmiş karbon (AK1) ağırtma torpağı (AT1) ilə aşağıda göstərilən nisbətlərdə qarışdırılmış və işarələnmişdir: C1- 1% AK1 və 99% AT1 qarışığı; C2 - 2% AK1 və 98% AT1 qarışığı; C3- 3% AK1 və 97% AT1 qarışığı; C4 - 4% AK1 və 96% AT1 qarışığı; C5- 5% AK1 və 95% AT1 qarışığı.

Proses 100°C temperatur, adsorbentlərin 1% miqdarlarında və 30 dəqiqə təmas müddətində aparılmış və ağırtma torpağının adsorbsiya xassəsinə nanokarbonun təsiri araşdırılmışdır. İlkin olaraq, prosesdə ağardıcı agent kimi ağırtma torpağının (AT1) istifadəsi zamanı PAK miqdarlarında dəyişiklik olmadığı görünmüşdür. Ancaq, nanokarbon (NK1) və aktivləşdirilmiş karbon (AK1) istifadə zamanı maksimum adsorbsiya müşahidə olunmuşdur. B1 və B5, C1 və C5

qarışıqlarının müqayisə etdikdə aydın oldu ki, PAK-ların adsorbsiyası qarışıqda karbonun miqdarının artması ilə artır. Ən aşağı PAK udulması C1 istifadə zamanı, ən yüksək udulma isə B5 istifadəsi zamanı əldə edilmişdir. B4 və B5-in nəticələri demək olar ki oxşardır, ancaq B5-in benzo (b) flüoranten adsorbsiyası B4-dən daha yüksəkdir.

Aydındır ki, nanokarbon xüsusilə ağır PAK-ları adsorbsiya edir. B5 istifadə edərkən ağır PAK-ların adsorbsiyası yüngül PAK-lardan daha çoxdur. Əlavə olaraq, PAK-ların udulmasında temperaturun təsiri araşdırılmış və müəyyən edilmişdir ki, temperaturun artırılması PAK-ların adsorbsiyasına demək olar ki, təsir etmir. Yəni, 100°C temperaturda ağartma prosesi ilə 40°C arasında PAK adsorbsiyasında fərq yoxdur, ancaq B1 və B5 müqayisə etdikdə ağartma torpağına görə 100°C temperaturda rəng udulması 40°C-dən daha çoxdur.

## NƏTİCƏLƏR

1. Müəyyənləşdirilmişdir ki, əvvəlcədən termiki emal olunmuş ağır piroliz qatranının NaOH ərintisi ilə optimal şəraitdə:  $T=700^{\circ}\text{C}$ ; qələvi:xammal=2:1 və 2,5 saat müddətində pirolizindən 62% çıxımla aktivləşdirilmiş karbon almaq mümkündür [17, 21].
2. Göstərilmişdir ki, qələvi metal karbon qəfəsinə interkalyasiya olaraq, onunla qarşılıqlı təsir nəticəsində mükəmməl mikroməsələrin yaranmasını təmin edir və bunun nəticəsində aktivləşdirilmiş karbonun azota görə adsorbsiya tutumu 750 mq/q-a qədər yüksəlir [17].
3. Ağır piroliz qatranından alınmış aktivləşdirilmiş karbonun struktur və xassələri fiziki metodlar vasitəsilə tədqiq olunmuş və alınmış karbon hissəciklərin səthinin sahəsinin  $S_{\text{BET}}=210 \text{ m}^2/\text{q}^{-1}$ , məsələlərin orta diametrinin  $d_p=29,12 \text{ nm}$ , həcmi isə  $V_p=0,3651 \text{ sm}^3/\text{q}^{-1}$  təşkil etdiyi müəyyənləşdirilmişdir [5, 17, 21].
4. Nanoölçülü karbon hissəciklərinin alınması üçün pirolizin maye məhsullarının C<sub>5</sub> fraksiyasının qaz fazadan kimyəvi çökdürmə metoduna (CVD) əsaslanan piroliz qurğusunda arqon mühitində 750-920°C temperatur intervalında MgO

üzərində yerləşdirilmiş ferrosen katalizatoru ilə piroliz nəticəsində çoxdivarlı nanokarbon sintez olunmuş, proses üçün optimal şərait  $T=920^{\circ}\text{C}$ , 20 dəqiqə reaksiya müddəti və  $\text{H}_2:\text{Ar}:\text{C}_5=4:2:1$  qaz qarışığı nisbəti seçilmişdir [12, 14].

5. Müəyyən edilmişdir ki,  $\text{C}_5$  fraksiyasından 850 və  $920^{\circ}\text{C}$  temperaturlarda sintez olunmuş nanokarbon hissəcikləri yüksək dispersliyə malik olduğundan, həm ağartma prosesinin yüksək effektivliyini, həm də yağın məlum adsorbentlərdən aşağı temperaturda yüksək filtrasiya dərəcəsini təmin edir [7, 11, 20].
6. Təcrübi nəticələrlə günəbaxan yağının ağardılması mərhələsi üçün optimal texnoloji rejimlər müəyyən edilmişdir: nanokarbonlar üçün temperatur  $80^{\circ}\text{C}$ , müddət 30 dəqiqə, miqdar 1 q, ağartma səmərəliliyi isə 86-90% [6, 16].
7. Ağartma prosesi üçün qurulmuş Frenclix izotermələrinə əsasən ən yüksək adsorbsiya qabiliyyəti  $920^{\circ}\text{C}$  temperaturda əldə edilən nanokarbonun istifadə zamanı baş vermişdir ( $1/n$  dəyəri=0,81,  $K_f=5,36$ ,  $R^2=0,9942$ ). Əldə edilmiş nəticələr nanokarbonun və aktivləşdirilmiş karbonun ağartma torpağından daha effektiv olduğunu göstərir [13, 18].
8. Müəyyən edilmişdir ki, nanokarbon və aktivləşdirilmiş karbonun istifadə edilməklə rafinə mərhələlərindən biri olan ağartma mərhələsindən əldə edilmiş təmizlənmiş günəbaxan yağı aşağı prooksidant potensialına malikdir, keyfiyyət və təhlükəsizlik baxımından ГОСТ 1129-2013 tələblərinə tam cavab verir [3, 9, 15, 19].

### **Dissertasiyanın nəticələri aşağıdakı elmi əsərlərdə əks olunmuşdur:**

1. İbrahimov, H.C., İbrahimova, Z.M., Qasımova, K.M., Qasımova, G.F., Əliyev, B.M., Kolçikova, İ.V., Quliyev N.Q. Ağır piroliz qatranından katalitik emal yolu ilə elektrod kokusunun alınması prosesinin tədqiqi // Akademik S.C. Mehdiyevin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş konfransın materialları, - Bakı: - 2 - 3 dekabr, - 2014, II cild, - s. 9-13.

2. İbrahimov, H.C., İbrahimova, Z.M., Qasımova, K.M.,

Kolçikova, İ.V., Quliyev N.Q. Ağır piroliz qatranından nanoölçülü karbon hissəciklərinin alınması prosesinin tədqiqi // Akademik S.C.Mehdiyevin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş konfransın materialları, - Bakı: - 2 - 3 dekabr, - 2014, II cild, - s. 14-17.

3. İbrahimov, H.C., Ələkbərov, C.A., Qasımova, K.M., Quliyev N.Q., Kolçikova, İ.V. Ağır piroliz qatranından alınan karbonun günəbxan yağının rəngizləşmə prosesində adsorbent kimi tədqiqi // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 92-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların “Kimyanın aktual problemləri” IX Respublika elmi konfransı, - Bakı: - 6 - 7 may, - 2015, - s. 144.

4. İbrahimov, H.C., Ələkbərov, C.A., Qasımova, K.M., Quliyev, N.Q., Kolçikova, İ.V. Günəbxan yağının emalı prosesində karbon materiallarından istifadə perspektivləri // Akademik T.Şaxtaxtinskiyin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika Elmi Konfransı, - Bakı: - 22 oktyabr, - 2015, - s. 191.

5. İbrahimov, H.C., Qasımova, K.M., İbrahimova, Z.M., Ələkbərov, C.A., Quliyev N.Q., Kolçikova, İ.V. Karbon materiallarının bitki yağlarının təmizlənməsində adsorbent kimi tədqiqi // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 93-cü ildönümünə həsr olunmuş “Müasir kimya biologiya və kimyanın aktual problemləri” elmi konfransı, - Gəncə: - 12 - 13 may, - 2016, - s. 55-59.

6. Guliyev, N.G. Decolorization of Sunflower Oil by Nanocarbon Obtained from Pyrolysis of Liquid Products / H.J.Ibrahimov, N.G.Guliyev, K.M.Gasimova, Z.M.Ibrahimova, F.A.Amirov // International Journal of Science and research methodology, - 2016. 4 (4), - p. 167-175.

7. Guliyev, N.K. Preparation of nanocarbon from liquid products of pyrolysis / H.J.Ibrahimov, Z.M.Ibrahimova, K.M.Kasumova, N.K.Guliyev, A.D.Guliyev // Processes of Petrochemistry and Oil Refining, - 2017. 18 (1), - p. 24-28.

8. Guliyev, N.G. Investigation of using bleaching earth and activated carbon mixture in sunflower oil refining / H.J.Ibrahimov, N.G.Guliyev, J.A.Alekperov, F.A.Amirov, Z.M.Ibrahimova // Journal of Advances in Chemistry, - 2017. 13 (12), - p. 5932-5936.



9. İbrahimov, H.C., Quliyev, N.Q., Qasımova, G.F., İbrahimova, Z.M., Ələkbərov, C.A., Kolçikova, İ.V., Zamanova, L.S. Nanokarbon və ağartma torpağı qarışığının günəbxan yağının ağardılması prosesində tədqiqi // “Müasir təbiət elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfrans, - Gəncə: - 4 - 5 may, -2017, - s. 92-93.

10. İbrahimov, H.C., Quliyev, N.Q., Ələkbərov, C.A., İbrahimova, Z.M., Kolçikova, İ.V., Cəfərli, E.Ş. Günəbxan yağının ağardılması prosesində pirolizin maye məhsullarından alınmış nanokarbonun effektivliyinin araşdırılması // Международной научно-технической конференции «Нефтехимический синтез и катализ в сложных конденсири-ванных системах», посвященной 100-летию юбилею академика Б.К.Зейналова, - Баку: - 29 - 30 июня, - 2017, - s. 54.

11. İbragimov, H., Guliyev, N., Alekperov, J., Amirov, F., İbragimova, Z. The investigation of nano carbon produced pyrolysis liquid products in sunflower oil bleaching process // 6th Rostocker International Conference: “Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics”, - Rostock: - 17 - 18 July, - 2017, - p. 32.

12. İbrahimov, H.C., Quliyev, N.Q., İbrahimova, Z.M., Ələsgərova, S.M., Zamanova, L.S., Məlikli, S.R., Əsədzadə, R.N. CVD metodu ilə C<sub>5</sub>-fraksiyası əsasında karbon nanoborularının alınması prosesinin tədqiqi // “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri”, Beynəlxalq elmi konfrans, - Gəncə: - 04 - 05 may, - 2018, - s. 263-265.

13. Guliyev, N.G. Investigation of Nanocarbon Bleaching Capacity in Sunflower Oil with Adsorption Isotherms / N.G.Guliyev, H.C.İbragimov, F.A.Amirov, Z.M.İbragimova, J.A.Alekberov // Pharmaceutical Sciences & Analytical Research Journal, - 2018. 1 (1), - p. 1-6.

14. İbrahimov, H., Guliyev, N., Alekberov, J., İbrahimova, Z., Malikli, S. The study of obtaining of carbon nanotubes based on C<sub>5</sub> fraction with CVD method // 7th Rostocker International Conference: “Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics”, Rostock, Germany, - 26 - 27 July, - 2018, - p. 83.

15. Guliyev, N.G. Investigation of activated carbon

obtained from the liquid products of pyrolysis in sunflower oil bleaching process / N.G.Guliyev, H.C.Ibrahimov, J.A.Alekberov, F.A.Amirov, Z.M.Ibrahimova // International Journal of Industrial Chemistry, - 2018. 1 (1), - p. 1-8.

16. İbrahimov, H.C., Axundova, K.M., Quliyev, N.Q. Karbon materiallarının qida yağlarının ağardılma prosesində adsorbent kimi tədqiqi // “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri”, Beynəlxalq elmi konfrans, - Gəncə: - 03 - 04 may, - 2019, - s. 225-227.

17. Guliyev, N.G. Investigation of the absorption of sunflower oil as adsorbent obtained by thermochemical activation of heavy pyrolysis resin / H.J.Ibrahimov, K.M.Akhundova, N.G.Guliyev, Z.M.Ibrahimova, H.J.Huseynov // Processes of Petrochemistry and Oil Refining, - Baku: - 2019. 20 (2), - p. 130-137.

18. İbrahimov, H.C., Quliyev, N.Q., Axundova, K.M. Günəbaxan yağının ağardılması prosesində istifadə olunan nanokarbonun adsorbsiya izotermələri // The International Scientific Conference “Actual Problems of Modern Chemistry” dedicated to the 90<sup>th</sup> Anniversary of the Academician Y.H. Mammadaliyev Institute of Petrochemical Processes, - Baku: - 2 - 4 October, - 2019, - p. 313.

19. Quliyev, N.Q. Yağların ağardılması prosesində pirolizin maye məhsullarından alınmış nanokarbonun tətbiqi // - Bakı: Azərbaycan Neft Təsərrüfatı jurnalı, - 2019. №12, - s. 60-64.

20. Guliyev, N.G. Investigation of nanocarbon obtained from the liquid products of pyrolysis as adsorbent in the process of bleaching sunflower oil // Processes of Petrochemistry and Oil Refining, - 2020. 21 (1), - p. 53-59.

21. Ибадуллаев, Ф.Ю., Гулиев, Н.Г., Ибрагимова, З.М., Бабалы, Р.А. Применение активированного угля, синтезированного из тяжелой смолы пиролиза, в процессе очищения подсолнечного масла // Collected Papers L International Scientific-Practical conference «Advances in Science and Technology», - Moscow: - 31 января, - 2023, - с. 53-55.

Dissertasiyanın müdafiəsi «21» noyabr 2023-cü il tarixində saat 14<sup>00</sup>- da Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.16 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, Xocalı prospekti, 30. AZ 1025

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları [www.nkpi.az](http://www.nkpi.az) rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat «18» oktyabr 2023-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 17.10.2023

Kağızın formatı: A5

Həcm: 39691

Tiraj: 100