

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## NEFTVERMƏ ƏMSALININ ARTIRILMASI ÜÇÜN YENİ ÜSULLARIN İŞLƏNMƏSİNİN ELMİ VƏ TƏCRÜBİ ƏSASLARI

İxtisas: 2525.01 – Neft və qaz yataqlarının işlənməsi və istismarı

Elm sahəsi: Texnika elmləri

Iddiaçı: **Valeh Məmməd oğlu Şamilov**

Elmlər doktoru

elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyasının

### **AVTOREFERATI**

**Bakı – 2023**

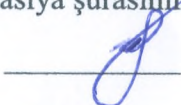
Dissertasiya işi SOCAR-ın "Neftqazelmitədqıqatlayihə" İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

**Elmi məsləhətçi:** AMEA-nın müxbir üzvü,  
texnika elmləri doktoru, professor  
**Bağır Ələkbər oğlu Süleymanov**

**Rəsmi opponentlər:** AMEA-nın müxbir üzvü,  
texnika elmləri doktoru, professor  
**Qərib İsaq oğlu Calalov**  
Texnika elmləri doktoru  
**Tofiq Ələvsət oğlu Səmədov**  
Texnika elmləri doktoru  
**Vüqar Məhərrəm oğlu Fətəliyev**  
Texnika elmləri doktoru  
**Mübariz Sevdimalı oğlu Xəlilov**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.03 Dissertasiya şurası.

Dissertasiya şurasının sədri: texnika elmləri doktoru, dosent



**Arif Ələkbər oğlu Süleymanov**

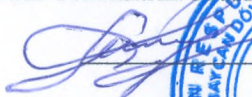
Dissertasiya şurasının  
elmi katibi:



texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

**Yelena Yevgenyevna Şmonçeva**

Elmi seminarın sədri:

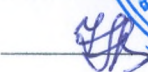


texnika elmləri doktoru, professor

**Arif Mikayıl oğlu Məmmədzadə**

**İmzaları təsdiq edirəm**

ADNSU-nun elmi katibi:



texnika elmləri namizədi, dosent

**Nərimənə Tərhan qızı Əliyeva**



## **İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI**

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Neft və qaz resursları əsas enerji daşıyıcısı mənbəyi olmaqla dünya iqtisadiyyatının inkişafında mühüm rola malikdir. Bu baxımdan neftvermə əmsalının artırılması dünyada ən vacib problem kimi elmi-texniki tərəqqinin diqqət mərkəzindədir. O cümlədən Azərbaycanda uzun müddət işlənmə nəticəsində enerjisi tükənmiş laylardan cari neftçıxarmanı intensivləşdirmək və onların son neftverimini artırmaq aktual məsələlərdəndir.

Hazırda hasil olunan neftin əksər hissəsi işlənmənin son mərhələsində olan yüksək özlülüklü neftə və az keçiricilikli kollektor xüsusiyyətlərinə malik yataqların payına düşür. Bu yataqlarda on milyon tonlarla çıxarılmamış neft ehtiyatı vardır ki, layların neftverimini artıran ayrı-ayrı üsulların tətbiq olunmasına baxmayaraq, cari neftvermə əmsalı 0,25-dən tutmuş 0,5-ə qədərdir. Eyni zamanda bir çox istismar quyularının yüksək sulaşma və digər mürəkkəbləşmələr səbəbindən dayanması innovasiya texnologiyalarının işlənməsini aktual edir.

**Tədqiqat obyektı və predmeti** neft-qaz sahəsində mövcud problemlərin həlli istiqamətində işlənən yeni nanosistemlər, onların əsasını təşkil edən metal nanohissəciklər və karbon nanoborulardır.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri** neftvermə əmsalının artırılması üçün yeni üsulların işlənməsinin elmi və təcrübə əsaslarıdır.

Qoyulan məqsədə nail olmaq üçün neft-qazçıxarmada tətbiq olunan müasir təsir üsulları və yüksək istehsal gücünə malik nanomateriallar sahəsində mövcud vəziyyətin araşdırılması, qiymətləndirilməsi, ayrı-ayrı istiqamətlər üzrə müxtəlif variasiya və ölçülərdə tədqiqatların yerinə yetirilməsi nəzərdə tutulub.

**Tədqiqat metodları.** Dissertasiya işində qoyulmuş tapşırıqları həll edərkən, müasir standartlara cavab verən avadanlıqlarda laborator, analitik və eksperimental tədqiqatlar həyata keçirilmiş, mədən şəraitində tətbiq işləri aparılmış, müasir texniki vasitələrdən və riyazi modelləşdirmə proqramlarından istifadə edilmişdir.

### **Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:**

- Neft-qazçıxarmada neftvermə əmsalının artırılması, problemlərin həlli istiqamətində işlənmiş yeni nanosistemlər.
- Quyuların atqı xəttində aqressiv mühitin təsirinə davamlığı və möhkəmliyi artırılan nanostukturlu ştuserlər.
- Metal konstruksiyaların və quyuiçi avadanlıqların korroziya və aşınmasına qarşı işlənmiş nanostrukturlu mühafizə örtüyü.
- Metal nanohissəciklərin və karbon nanoboruların istehsal texnologiyalarının işlənməsi.
- Çoxlaylı karbon nanoboruların tətbiqilə yeni nəsil nanosistemlərinin yaradılması.

### **Elmi yeniliklər:**

- İlk dəfə olaraq kiçik (20-80nm) ölçülərdə metal nanohissəciklərin və karbon nanoborularının tətbiqilə nanosistemlər işlənmiş, nanomateriallar hazırlanmış, istehsalat sahələrində tətbiq edilmiş və yüksək nəticələr alınmışdır.
- Yüksək minerallaşmış lay suları ilə xarakterizə olunan yataqlarda karbohidrogenlərin hasilatı və nəqli zamanı quyuiçi avadanlıqlarda və nəql sistemlərində duz çökmənin qarşısını almağa imkan verən nanosistem hazırlanmışdır.
- Qalıq neftin çıxarılması məqsədilə lay daxilində bərabər profil yaratmaqla su dillərinin yaranmasının qarşısını almağa və imkan verən nanosistem işlənmişdir.
- Polimer əsaslı nanosistemin işlənməsi ilə mədən avadanlıqlarının və neft-qaz borularının istismarı zamanı korroziyadan mühafizədə yeni nanoörtük alınmışdır.
- Quyuda flüid axınını tənzimləmək məqsədilə aqressiv mühitin təsirinə davamlı, tərkibində minimum əlavələrin olduğu yeni nanostrukturlu ştuserlər işlənmişdir.
- Müəyyən olunmuşdur ki, laydan gələn qum axınının qarşısının alınması məqsədilə işlənmiş yeni nanosistemin tətbiqi nəticəsində alınmış nanostrukturlu tamponaj məhlulu quyudibi zonada çat və boşluqlara dolaraq həcmi genişlənir və layın kollektorluq

xüsusiyyətlərinə yaxın, fiziki – mexaniki xassələri yüksək olan süni lay karkası yaranır.

- Təyin olunmuşdur ki, işlənmiş yüksək reoloji göstəricilərə malik nanostrukturlu yüngülləşdirilmiş tamponaj məhlulu udulma ilə müşayət olunan anomal alçaq lay təzyiqli quyularda kəmərlərin möhkəmləndirilməsi zamanı məhlulun istənilən səviyyəyə çatdırılmasını təmin edir.

- Öyrənilmişdir ki, kənar və lay sularının təcrid edilməsi məqsədilə işlənmiş texnologiyanın tətbiqi zamanı neftli mühitə daxil olan nanosistem həll olur, lay suları ilə görüşəndə isə həcmi genişlənərək özlü plastik kütləyə çevrilir və suyun hərəkətinə mane olur.

- Müəyyən edilmişdir ki, qazma məhlulunun parametrlərinin tənzimlənməsi istiqamətində işlənmiş nanosistemlər analoqlarından fərqli olaraq, qazma məhlulunun daxilinə nüfuz edərək digər reagent və materialların arasında daha sıx rabitəli əlaqələr yaradır, nəticədə qazma məhlulunun stabilliyi və termobarik şəraitə dayanıqlığı artır.

- Naqıl və ya folqa şəklində hazırlana bilən müxtəlif metal və ərintilərin analoqlarından fərqli yüksək keyfiyyətli, təmiz (99%-dən çox), az aqlomerasiya olunan, geniş diapazonda (20-100 nm), ölçüsü və həcmi müəyyən edilən nanohissəciyi əldə etməyə imkan verən texnologiya işlənmişdir.

- İlk dəfə olaraq sedimentasiyaya dayanıqlı, su mühitində modifikasiya olunmuş çoxlaylı karbon nanoboruların stabil zollarının axar rejimdə ultrasəs disperqasiyasına əsaslanan alınma üsulu işlənmişdir.

**İşin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** Yeni texnologiyalar əsasında işlənmiş və yeni keyfiyyət göstəriciləri ilə səciyyələnən nanosistemlərin nəzəri və mədən-sınaq təcrübələrlə səmərəliliyi müəyyən edilmiş, mövcud təsir üsulları ilə müqayisədə daha effektiv olduğu təsdiqini tapmışdır.

- Ayrı-ayrı istiqamətlər üzrə işlənmiş nanosistemlərin istehsal proseslərinə tətbiqi nəticəsində neftvermə əmsalının artırılmasına nail olunmaqla, quyuların təmirarası müddəti artmış, yanalmalarla bağlı vaxt itkisi məhdudlaşmış, əlavə xərclər və əmək məsrəfləri azalmış,

quyuiçi avadanlıqların və kollektorların istismar müddəti uzadılmışdır.

Qalıq neftin çıxarılması məqsədilə laya vurulan nanosistem məsamə və mikroməsamələrə daxil olaraq süxur səthinə çökmüş neftin süxur-neft sərhəddində səthi gərilməsinə azaldır və reoloji göstəricilərini yaxşılaşdırır. Nanosistemin tətbiqilə təsir altında olan quyular üzrə neft hasilatı 15-20% artmış, çıxarılan mayedə suyun miqdarı 20-25% azalmışdır. 2015-2016-cı illər ərzində “Azneft” İB-nin neft-qazçıxarma idarələrində bu istiqamətdə 10 tədbir həyata keçirilmiş, 465 ton əlavə neft hasil olunmuşdur.

- Qumun laydan quyudibinə gəlməsinin qarşısının alınması istiqamətində tətbiq edilən nanostrukturulu tamponaj məhlulu quyudibi zonada çat və boşluqlara dolaraq həcmi genişlənir və layın təbii skletini möhkəmləndirir. 2013-2019-cü illər ərzində NQÇİ-lərdə 47 əməliyyat aparılmış, əlavə olaraq 11.933 ton neft hasil olunmuşdur. Tətbiq nəticəsində quyuların təmirarası müddəti 70-80% və daha çox artmışdır.

- Kənar suların təcrid edilməsi məqsədilə işlənmiş nanosistem ayrı-ayrı NQÇİ-lərdə tətbiq edilmiş və effektivliyi ilə səciyyələnmişdir. Bu istiqamətdə 37 əməliyyat həyata keçirilmiş, əlavə olaraq 4.189 ton neft əldə olunmuşdur.

- Quyuların lift borularında və nəql sistemlərində duzçökmənin aradan qaldırılması istiqamətində işlənmiş nanosistemin tətbiqilə stabil kolloid məhlul yaranmış, karbonatlı duzlar həll edilmiş, borunun divarlarında nanoörtük yaranmışdır. Tətbiq müddətində və sonra təzyiq stabil qalmış, heç bir yanalma olmamışdır. “Azneft” İB-nin NQÇİ-lərdə 8 tədbir aparılmış və 541 ton əlavə neft çıxarılmışdır.

- Qazmada mürəkkəbləşmələrə qarşı işlənmiş nanosistemlər anomal yüksək və anomal alcaq lay təzyiqli geoloji kəsilişlərlə səciyyələnən yataqlarda quyuların qazılması zamanı ayrı-ayrı intervallar üzrə tətbiq edilmişdir. Nanosistemləri qazma məhluluna əlavə etməklə məhlulların reoloji göstəriciləri yaxşılaşmış, bahalı kimyəvi reagentlərə xeyli qənaət olunmuşdur. Nanosistemlərin tətbiqi

quyu divarının dayanıqlığının qorunmasını, lay kollektorunda mühafizə ekranının yaradılmasını və bununla da məhsuldar layların çirkənlənməsinin qarşısının alınmasını təmin etmişdir.

- Kəmərlərin möhkəmləndirilməsi məqsədilə işlənmiş yeni nanostrukturlu tamponaj məhlulu həcmi genişlənməsi 20-25% olmaqla, yüksək möhkəmlilik və plastiklik xüsusiyyətilə xarakterizə olunur. Bu texnologiya yan lüləyə endirilmiş kəmərin sementlənməsində tətbiq edilmişdir. Tətbiq nəticəsində sement məhlulunun keyfiyyəti yaxşılaşmış, sərbəst suyun ayrılması minimum həddə enmişdir. AKS göstəricilərinə görə süxur – sement daşı – boru kontaktında adgeziyası yaxşılaşmış, sement məhlulunun layihədə göstərilən səviyyəyə qaldırılması təmin olunmuşdur, aparılmış 22 tədbir nəticəsində 4.254 ton əlavə neft çıxarılmışdır.

- Fontan armaturunun atqı xəttinə qoyulan ştuserlərin aqressiv mühitin dağıdıcı təsirinə davamlılığını artırmaq məqsədi ilə yeni nanostrukturlu nümunələr mədənlərdə sınaqdan keçirilmişdir. Ənənəvi hazırlanan ştuserlərə nisbətən nanotəsirlə işlənən ştuserlərin möhkəmliyi 15-20% artmış, aşınmaya qarşı davamlılığı 2-3 dəfədən çox təşkil etmişdir. Bu ştuserlərin praktik əhəmiyyəti NQÇİ-lər tərəfindən yüksək qiymətləndirilmiş, geniş istifadəsi məqsədə uyğun hesab edilmişdir.

- Respublikamızda ilk dəfə olaraq müxtəlif metalların nano-hissəcini əldə etməyə imkan verən naqillərin elektrik partlayışı üsuluna əsaslanan istehsal texnologiyası işlənmişdir. Bu texnologiya əsasında Al, Fe və Cu metal nanohissəcikləri istehsal olunmuş və neft-qaz sahəsində müxtəlif istiqamətlər üzrə nanosistemlərin hazırlanmasında zəruri komponent-tərkib kimi istifadə edilmiş, istehsalatda tətbiqi həyata keçirilmişdir.

- Çoxlaylı karbon nanoboru (ÇKNB) əsaslı polimer nanosistemlərin tətbiqinin neftvermə əmsalının artırılmasında effektivliyi müəyyən olunmuşdur.

Ümumilikdə nanotexnologiyaların istehsalatda tətbiqində 2014-2019-cu illər ərzində 21.383 ton əlavə neft hasil edilmiş, işləmələr Azərbaycan Respublikasının P İ 2012 004 , P İ 2013 0024,

P İ 2015 0031, P İ 2015 0038, P İ 2016 0087, P İ 2017 0058, P İ 2017 0066, P İ 2019 005, P İ 2020 0077 patentləri ilə mühafizə olunmuşdur.

**Müəllifin şəxsi töhfəsi.** Dissertasiya işində əsas ideyaların və tapşırıqların formalaşdırılması, tədqiqat obyektlərinin və istiqamətlərinin müəyyənləşdirilməsi, nanosistemlərin matrisalarının işlənməsi və optimal tərkiblərin seçilməsi, alınmış nəticələrin riyazi metodların tətbiqi ilə təhlili, emalı, sistemləşdirməsi və ümumiləşdirilməsi bilavasitə müəllifə məxsusdur. Hazırkı iş müəllifin rəhbərliyi altında görülmüş kompleks tədqiqatların və sınaq-tətbiq işlərinin nəticəsidir.

**İşin aprobasiyası.** İşə aid tədqiqatların əsas nəticələri aşağıda qeyd olunan Beynəlxalq konfranslarda məruzə edilmişdir:

- Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya» (Bakı,2010);
- Global Science and Innovation (Chikago, USA 2013);
- “Science, Technology and Higher Education” (Westwood, Canada, 2014);
- Международный научно-исследовательский журнал (Екатеринбург, Россия 2014);
- X Международная научно-практическая конференция: «Научные перспективы XXI века (Новосибирск, Россия 2015);
- 7<sup>th</sup> NRW Nano Conference Innovations in Materials and Applications (Dortmund, Germany 2016);
- “The role of nanosystems in oil and gas production” Journal of Nanomedicine & Nanotechnology, October 2016 Italia Volume 7, Issue 5 ISSN: 2157-7439;
- Hybrid Materials - Nano goes Macro (Nueremberg, Germany 2017);
- “Neftqazçıxarmada innovativ texnologiyaların və tətbiqi riyaziyyatın müasir problemləri” Akademik Azad Xəlil oğlu Mirzəcənzadənin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfrans (Bakı, 2018);
- 8<sup>th</sup> NRW Nano Conference Innovations in Materials and Applications (Dortmund, Germany 2018);
- 22<sup>th</sup> Edition of International Conference on Nano Engineering



& Technology, December 10-11 (Rome, Italy 2018);

- 5<sup>th</sup> Global Nanotechnology Congress and Expo (Valencia, Spain 2018);

- 3<sup>rd</sup> International Conference on Innovations in Natural Sciences and Engineering (ICINSE 2019) (Sakarya, Turkey 2019);

- 11th German-International Symposium on Nanostructures March 1-3, 2020, Wenden/Olpe, Germany;

- 10<sup>th</sup> global Nanotechnology Congress and Expo November 23-24, 2020, Frankfurt am Main, Germany;

- Global Conference on Materials Science & Engineering August 26-28, 2021, Paris, France.

**Çap olunmuş elmi əsərlər.** İşin məzmunu 65 nəşrdə, o cümlədən 36 məqalə (17 xarici, 19 yerli), 9 ixtira, 20 konfrans məruzəsində şərh edilmişdir.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirdiyi təşkilatın adı.** Dissertasiya işi SOCAR-ın "Neftqazəlmətədqıqatlayihə" İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

**İşin strukturu və həcmi.** Dissertasiya işi giriş hissədən, 4 fəsil, nəticələr, 289 adda ədəbiyyat siyahısı və əlavələr olmaqla 311 səhifədən, o cümlədən 65 cədvəl və 96 şəkildən ibarətdir.

Giriş 26 səhifə, I fəsil 50 səhifə, II fəsil 71 səhifə, III fəsil 10 səhifə, IV fəsil 67 səhifə, nəticə 3 səhifə, ədəbiyyat siyahısı 31 səhifə və əlavə 52 səhifə təşkil edir. İş cədvəlsiz, qrafıksız, şəkilsiz və ədəbiyyat siyahısız 350086 işarədən ibarətdir.

Müəllif dissertasiya işinin yerinə yetirilməsində daimi dəstək və tövsiyələrinə görə SOCAR-ın birinci vitse-prezidenti, akademik X. Yusifzadəyə, işin gedişatını daim nəzarətdə və diqqətdə saxladığına, qiymətli elmi-praktiki məsləhətlərinə görə AMEA-nın müxbir üzvü, professor B. Süleymanova, nanosistemlərin işlənməsi, tədqiqi və tətbiqində, eləcə də digər texniki işlərin görülməsində göstərdikləri köməklərə görə SOCAR-ın Baş ofisinin "Nanotexnologiyalar" Departamentinin bütün əməkdaşlarına dərin minnətdarlığını və təşəkkürünü bildirir.

## DİSSERTASIYANIN ƏSAS MƏZMUNU

**Girişdə** tədqiqat mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri qeyd olunmuş, elmi yeniliyi verilmiş, tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti göstərilmiş və həmçinin işin aprobeasiyası haqqında məlumat verilmişdir.

**Birinci fəsildə** verilmiş icmalda müasir təsir üsullarının, o cümlədən innovasiya texnologiyaları silsiləsindən nanotexnologiyaların neft-qaz sahəsində rolu və tətbiq istiqamətləri araşdırılmışdır. Metal nanohissəciklərinin (MNH), karbon nanoborularının, müxtəlif polimer kompozisiyalarının və digər nanosəviyyəli materialların neft sənayesində müxtəlif problemlərin həllində perspektivləri təhlil edilmişdir. Müasir təsir üsullarının müxtəlif növləri ilə yanaşı son illərdə çətin hasil edilən neftin və qazın hasilatı, nəqli və emalı istiqamətlərində, eləcə də quyuların qazılmasında nanotexnologiyaların tətbiqi yönümündə aparılan elmi tədqiqatlar araşdırılmış, bu sahədə daha çox yeni nəsil nanomateriallardan hazırlanmış avadanlıqlardan istifadə olunması vurğulanmışdır. Lakin aparılmış təhlillər nanotexnologiyaların neft-qaz sənayesində tətbiqində SAM, polimer məhlulları, gellər, köpüklər, silikatlar, MNH-ləri və metal oksidləri stabilləşdirilən nanomayelər kimi “ağıllı” mayelərin işlənilməsi hazırlanmasını diqtə edir. Bu nanomayelər məhsuldar lay süxuru və flüidi ilə qarşılıqlı təsire girərək sulaşmanın, laydan gələn qumun, duzçökmənin qarşısının alınması, emulsiyanın tərkib hissələrinə ayrılması, ağır neftin hasil edilməsi və s. əməliyyatlarda ənənəvi reagentlərə nəzərən yüksək nəticələr almağa əsas verir.

III təsir üsulları fiziki-kimyəvi mahiyyətinə görə şərti olaraq, əsasən 3 böyük metodlar qrupuna ayrılır: fiziki-kimyəvi, termiki və mikrobioloji. Fiziki-kimyəvi metodlardan ən geniş tətbiqini tapmış və hazırda davam etdirilən texnologiyalar bunlardır: Neftin kalsium xlor və maye şüşə məhlulları ilə sıxışdırılması; Laylara dövrü polimer məhlulu vurulması; Su-hava qarışığı ilə layların sulaşdırılması; Pirokondensat əsaslı mikroköpüklü sistem və s.

Həmçinin bu fəsildə layın quyudibi sahəsinə (QDS) təsirin səmərəliyinin artırılması yollarının müəyyənləşdirilməsi üçün təhlillər

aparılmış, müvafiq təkliflər verilmişdir. Bu məqsədlə 2013-2017-ci illərdə “Azneft” İB-nin quruda və dənizdə yerləşən bir çox NQÇİ-lərində layın quyudibi sahəsinə tətbiq olunmuş üsulların nəticələri təhlil edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, eyni təsir texnologiyasının səmərəsi ayırı-ayrı quyular üzrə də müxtəlifdir.

**İkinci fəsil** neftvermə əmsalının artırılması və digər aktual problemlərin həlli istiqamətində nanosistemlərin yaradılması, işlənməsi, tədqiqi və tətbiqinə həsr edilmişdir. Nanohissəciklərdən istifadə etməklə müxtəlif ölçülərdə və qatılıqlarda tədqiqatların aparılması ilə optimal tərkibli nanosistemlər işlənilib hazırlanmış, analitik və eksperimental tədqiqatlar yerinə yetirilmişdir.

İşlənmiş nanosistemlərin karbohidrogen mühitinə təsirinin öyrənilməsi üçün həm respublika daxilində, həm də xaricdə (Almaniya, İran, Rusiya, İtaliya) laboratoriya tədqiqatları aparılmış, neftlərin reoloji xassələrinin nanotəsirdən sonra dəyişməsi tədqiq olunmuşdur. Tədqiqatlarla neftin reoloji xassələrinin molekulyar quruluşun dəyişməsinə çox həssas olması müəyyən edilmişdir.

Nanosistemin tətbiqilə alınmış nümunələrin səthi skanedici elektron mikroskopda (SEM) tədqiq edilmiş, rentgen şüalarının dispersiv enerji spektropiyası (EDX) ilə birgə istifadə edilməklə öyrənilən hissələrin element tərkibi təyin olunmuşdur. Aşkar edilmişdir ki, səthdə yeni rabitə və kristal qəfəs yaranmış, nanostrukturlaşma baş vermişdir. Nanosistemlərin temperatura davamlılıq həddinin müəyyən edilməsi üçün aparılmış termoqravimetrik analizlərlə (TQA) müşahidə olunmuşdur ki, nanosistemlər 90-100°S qədər stabildir və lay şəraitində öz xüsusiyyətlərini qoruyub saxlayır. Elektron maqnit rezonansı (EMR) spektrlərində isə nanohissəciklərə xas maqnit sahəsi müşahidə edilir.

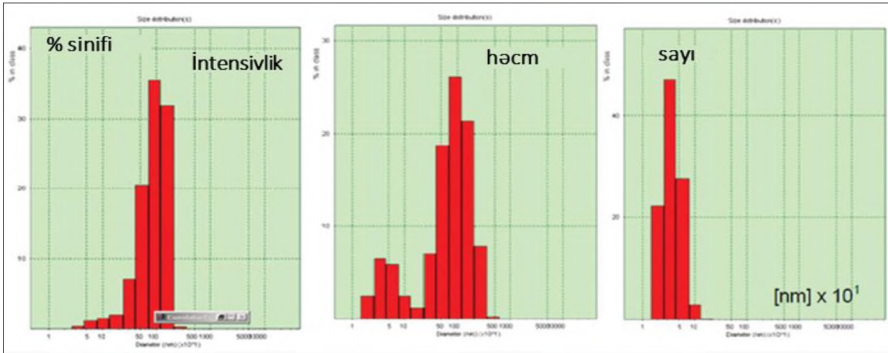
Modifikasiya olunmuş natrium-karbometil sellülozanın (Na-KMS) quruluşu və tərkibi elektron spektroskopiyaya, enerji dispersiyalı rentgen spektroskopiyası (EDRS), rentgen-struktur analizi (RSA) və işığın dinamik səpələnməsi (IDS) metodlarının köməyi ilə tədqiq edilmişdir.

Nanosistemlərin tərkibində elektrikle yüklənmiş nanoölçülü hissəciklərlə yanaşı, əlaqəli hissəciklərin olduğu müəyyən edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, 0,005% Cu nanohissəciciyin anion aktiv SAM-

Na-KMS-yə təsiri nəticəsində alınan məhlul saxlama zamanı sabit olur, rəngi dəyişmir və aqlomerasiya baş vermir. Bundan əlavə, reoloji parametrlər əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşır. Cu nanohissəciklərin 0,005% -dən az olduğu konsentrasiyalarda nanosistemlərin reoloji parametrləri az dəyişir. Digər konsentrasiyalarda ( $> 0.005\%$ ) çökmə müşahidə olunur.

Qoyulmuş nümunələrdə hissəciklərin ölçülərə görə paylanması dispersion rentgen spektroskopiyaya (DRS) metodunun köməyiylə təyin edilmişdir (şəkil 1).

Modifikasiya edilmiş Na-KMS-in DRS-analizinin interpretasiyasına əsasən, tədqiq olunan nümunənin paylaşma ölçülü olduğu qənaətinə gəlmək olar. Mikroölçünün 1120 nm olmasına baxmayaraq, ümumi nanoölçü 40 nm təşkil edir.



**Şəkil 1. Modifikasiya olunmuş Na-KMS-nin DRS-analizi**

Burada:

$A_I$  - hissəciklərin ümumi orta ölçüsü 970 nm. Hissəciklərin həcm üzrə paylanması (bərk faza kolloid məhlulda):

- $A_{V1}$  - hissəciklərin 18% -i 10-103 nm aralığında ölçülü, orta diametri 59 nm;
- $A_{V2}$  - hissəciklərin 82% -i 307-2732 nm aralığında ölçülü, orta hissəcik ölçüsü 1121 nm;
- $A_N$  - əsas (99%) hissəni 20-103 nm aralığında ölçülü, orta hissəcik ölçüsü 40 nm olan hissəciklər təşkil edir.

Aşkarlanmışdır ki, nanohissəciklərin təsirinə məruz qaldıqdan sonra əldə olunan funksional nanostrukturlu anion aktiv SAM-ın reoloji parametrləri ilkin Na-KMS-nin parametrlərindən fərqlənir. Beləliklə, neftin səthi gərginliyinin 50%, özlülüyün isə 40% azalması müşahidə olunur. Bu göstəricilər neft hasilatını artırmaq üçün istifadə edilən bir SAM-ın əvəzlənərək funksional nanomaterialın istifadəsini təmin edir.

Nefti hidrofob kollektordan sıxışdırıb çıxarmaq üçün ya hidrofildən fərqli olaraq böyük təzyiq düşgüsü, ya da səthi gərginliyin daha çox azaldılması tələb olunur. Neftlə doymuş məsələli mühitin təbiətindən asılı olaraq, fazalararası səthi gərilmənin müxtəlif qiymətlərinə nail olmaq lazımdır. Belə ki, hidrofob karbonatlı kollektor üçün fazalararası gərginlik 0.002 mN/m, hidrofil karbonatlı kollektor üçün - 0.974 mN/m, terrigen hidrofil kollektor üçün isə 0.0825 mN/m təşkil edir.

### **Nəticə:**

- Analitik tədqiqatlar Cu nanohissəciklərin (50-70 nm) Na-KMS-nin sulu məhluluna təsiri nəticəsində funksional nanostrukturların əldə olunduğunu təsdiqləmişdir.

- Tətbiq olunan Cu nanohissəciklərin ən optimal konsentrasiyası 0,005% müəyyən edilmişdir. Bu konsentrasiyada neftdə səthi gərilmənin 50%, özlülüyün isə 40% aşağı düşməsi müşahidə olunur;

- Modifikasiya nəticəsində Na-KMS-nin reoloji parametrləri yaxşılaşmışdır;

- Yeni funksional nanostrukturun - anion aktiv SAM-ın neft hasilatının artırılmasında istifadə olunması məsləhət görülür.

**Reoloji xassələrin öyrənilməsi-** Aparılmış laborator və eksperimental tədqiqatlarla karboksimetilselüloz (KMS) və 40-60 nm ölçülü metal (Al və Cu) nanohissəciklər əsasında hazırlanmış polimer nanokompozitlərin və onların tərkib hissələrinin neftin reoloji göstəricilərinə (özlülüyə, səthi gərilməyə və ıslanma bucağına) təsiri öyrənilmişdir.

Bu məqsədlə Abşeron yarımadasının Qala yatağının neftindən istifadə edilmişdir. Polimerin sulu məhlulu, otaq temperaturunda

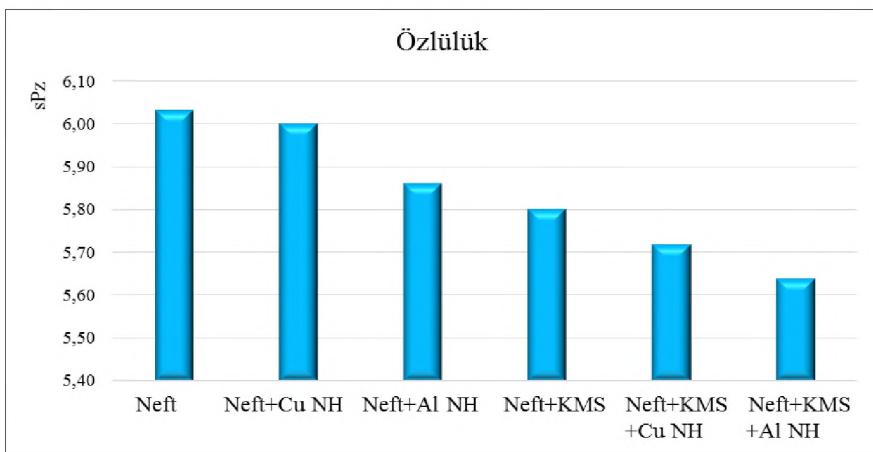
maqnitli qarışdırıcıdan istifadə etməklə eynicinsli kütlə alınanadək qarışdırılmışdır. Polimer nanokompozit əldə etmək üçün istifadə edilən, 40-60 nm ölçülü Al və Cu nanohissəciklər TŞ 1791-003-36280340-2008 uyğun olaraq istehsal edilmişdir. Səthi gərilmə Pendantdrop metodundan (PD) istifadə edilərək DSA30 qurğusunda (Kruss, Almaniya) müəyyən olunmuşdur. Tədqiq olunan nümunələrin özlülüyü Brookfield firmasının viskozimetrində, ıslanma bucağı Sessiledrop metodu (PD) ilə DSA30 qurğusunda (Kruss, Almaniya) ölçülmüşdür.

Hazırlanan nanosistemlərin müxtəlif komponentlərinin neftin reoloji göstəricilərinə təsirini müəyyən etmək üçün hər bir komponentin təsiri ayrılıqda tədqiq edilmişdir. Cədvəl 1 və şəkil 2-dən görüldüyü kimi, təklif olunan polimer nanokompozitlərin bütün komponentləri neftin özlülüyünün azalmasına kömək edir. Lakin metal nanohissəciklər (Al və Cu) və KMS-dən ibarət nanosistemlər xam neftin özlülüyünü daha çox azaldır.

**Cədvəl 1**

**Tədqiq olunan nümunələrin özlülüyü**

Nümunə	Komponent tərkibi				Özlülük
	Neft, ml	KMS, sulu məhlul, %	Cu (40-60nm),qr	Al (40-60 nm),qr	
1.Neft	150	-	-	-	6,03
2.Neft+Cu	150	-	0,075	-	6
3.Neft+Al	150	-	-	0,075	5,86
4.Neft+KMS	150	7,5	-	-	5,8
5.Neft+KMS+Cu	150	7,5	0,075	-	5,72
6.Neft+KMS+Al	150	7,5	-	0,075	5,64



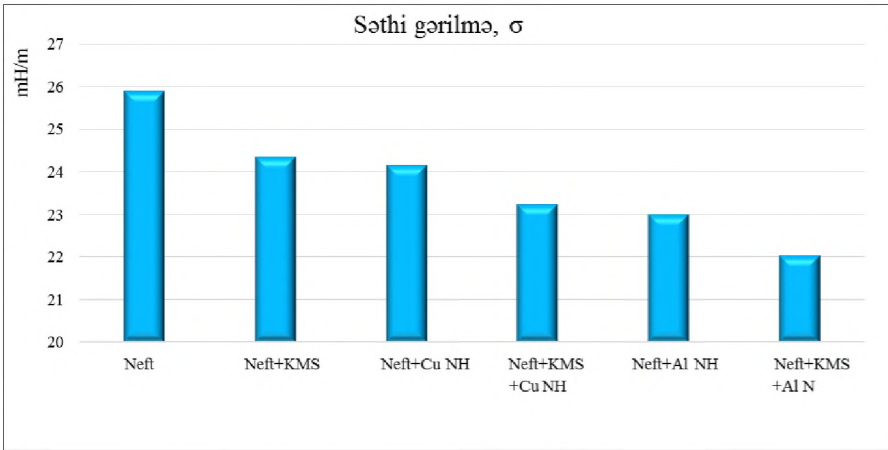
**Şəkil 2. Nümunələrdə özlülüyn dəyişməsi**

Neftin özlülük əmsalının azaldılması nefti daha hərəkətli edir və neftin hasilatı və nəqli prosesinə müsbət təsir göstərir. Neftin səthi gərilməsinə təsir edən amillərdən biri kimyəvi tərkibidir. Aromatik karbohidrogenlər ən yüksək səthi gərilməyə, parafinli - ən aşağı, naftenli olanlar isə eyni sayda karbohidrogen atomları ilə bu siniflərin arasında yerləşir. Eksperimental məlumatlardan gördüyümüz kimi (Şəkil 3, Cədvəl 2) araşdırılmış polimer nanokompozitlər və onların tərkib hissələri neftin səthi gərilməsini azaldır. Bu, KMS-nin səthi aktiv maddə xüsusiyyətlərinə malik olması ilə izah edilə bilər.

**Cədvəl 2**

**Tədqiq olunan nümunələrin səthi gərilməsi**

Nümunə	Komponent tərkibi				Səthi gərilmə
	Neft, ml	KMS, sulu məhlul, %	Cu (40-60 nm), qr	Al (40-60 nm), qr	
1.Neft	150	-	-	-	25,9
2.Neft+KMS	150	7,5	-	-	24,37
3.Neft+Cu	150	-	0,075	-	24,16
4.Neft+KMS+Cu	150	7,5	0,075	-	23,24
5.Neft+Al	150	-	-	0,075	23,01
6.Neft+KMS+Al	150	7,5	-	0,075	22,03



**Şəkil 3. Səthi gərilmənin dəyişməsi**

Al və Cu nanohissəciklərin təsiri altında neft kimyəvi oksidləşməyə məruz qalır; bu fakt aromatik karbohidrogenlərin ümumi sayını azaldır və eyni zamanda parafinli və naftenli karbohidrogenlərin sayını artırır ki, bu da səthi gərilmənin azalmasına səbəb olur.

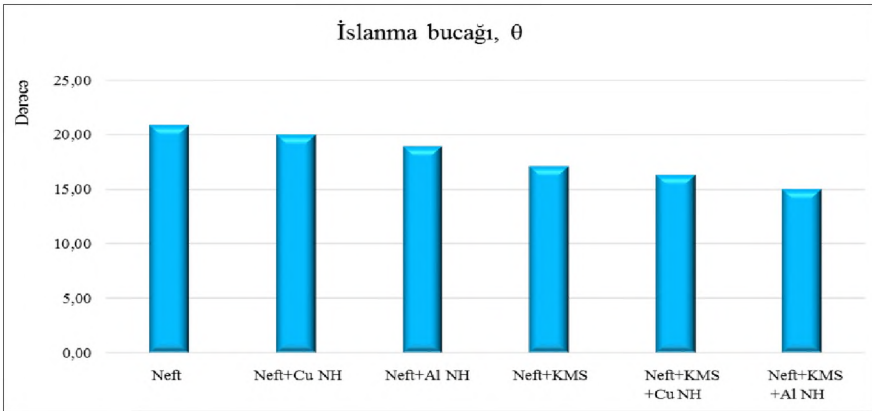
Polimer nanokompozit və onun komponentlərinin təsiri altında ıslanma bucağı da (cədvəl 3, şəkil 4) dəyişikliyə məruz qalır. Al nanohissəciklərin ıslanma bucağının azalmasına təsiri Cu nanohissəciklərin təsirindən daha güclüdür. Bu fakt həm fərdi nanohissəciklərin təsiri, həm də polimer nanokompozitin təsirinin tədqiqi zamanı müşahidə olunur.

**Cədvəl 3**

**Komponent tərkibindən aslı olaraq ıslanma bucağının dəyişməsi**

Nümunə	Komponent tərkibi				İslanma bucağı, $\theta$ , dərəcə
	Neft, ml	KMS, sulu məhlul, %	Cu (40-60 nm), qr	Al (40-60 nm), qr	
1.Neft	150	-	-	-	20,9
2.Neft+Cu	150	-	0,075	-	20
3.Neft+Al	150	-	-	0,075	18,9
4.Neft+KMS	150	7,5	-	-	17,1
5.Neft+KMS+Cu	150	7,5	0,075	-	16,3
6.Neft+KMS+Al	150	7,5	-	0,075	15





**Şəkil 4. İslanma bucağının dəyişməsi**

**Nəticə:**

- KMS, Al və Cu nanohissəcikləri və onların komponentləri əsasında hazırlanmış polimer nanokompozitlərin təsiri altında neftin reoloji göstəricilərində əldə olunan dəyişikliklər (özlülük, səth gərilmə və islanma bucağı) neftvermə əmsalının artımına səbəb olur;

- Reoloji göstəricilərdə əldə olunan dəyişiklik neftin boru kəmərinə nəql olunmasına müsbət təsir göstərir və boru kəmərinin ötürücülük potensialını artırır;

- Al nanohissəcik əsaslı polimer nanokompozitlər Cu nanohissəcik əsaslı polimer nanokompozitlərə nisbətən neftin reoloji göstəricilərindəki dəyişikliklərə daha çox təsir göstərir.

Cədvəl 4-5,6-da müxtəlif qatılıqlarda KMS-nin sulu məhlulunun və uyğun olaraq polimer nanokompozitlərin (KMS+Al və Cu nanohissəcikləri) dinamik özlülüynün nəticələri verilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, kiçik qatılıqlarda (1-3 q/l) tədqiq edilən polimer və polimer nanokompozitin dinamik özlülük göstəricisinin fərqi o dərəcədə nəzərəçarpan deyil, KMS-nin qatılığının artırılması (5-7-9 q/l) ilə isə dinamik özlülüynün qiymətində fərq artır. Qeyd etmək lazımdır ki, Al nanohissəcikli polimer nanokompozit eyni qatılıqlı Cu nanohissəcikləri ilə olan analoqundan daha yüksək dinamik özlülüyə malikdir.

**Cədvəl 4****KMS-nin sulu məhlulunun dinamik özlülüyü**

Nümunə	Tərkib	H <sub>2</sub> O, l	KMS, q/l	Dinamik özlülük, Pa·s, 20°S-də
1	H <sub>2</sub> O + KMS	1,0	1,0	1.00
2	H <sub>2</sub> O + KMS	1,0	3,0	1.80
3	H <sub>2</sub> O + KMS	1,0	5,0	2.40
4	H <sub>2</sub> O + KMS	1,0	7,0	3.40
5	H <sub>2</sub> O + KMS	1,0	9,0	3.80

**Cədvəl 5****KMS və Cu nanohissəcikləri əsaslı polimer nanokompozitin dinamik özlülüyü**

Nümunə	Tərkib	H <sub>2</sub> O, l	KMS, q/l	Al (MNH), q/l	Dinamik özlülük, Pa·s
1	H <sub>2</sub> O + KMS + Al	1,0	1,0	0,05	1.80
2	H <sub>2</sub> O + KMS + Al	1,0	3,0	0,05	2.00
3	H <sub>2</sub> O + KMS + Al	1,0	5,0	0,05	5.40
4	H <sub>2</sub> O + KMS + Al	1,0	7,0	0,05	7.10
5	H <sub>2</sub> O + KMS + Al	1,0	9,0	0,05	8.00

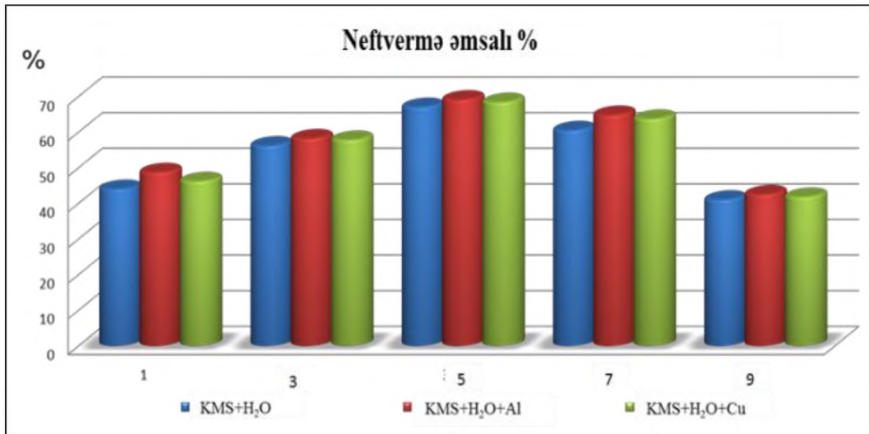
**Cədvəl 6****KMS və Al nanohissəcikləri əsaslı polimer nanokompozitin dinamik özlülüyü**

Nümunə	Tərkib	H <sub>2</sub> O, l	KMS, q/l	Cu (MNH), q/l	Dinamik özlülük, Pa·s
1	H <sub>2</sub> O + KMS + Cu	1,0	1,0	0,05	1.80
2	H <sub>2</sub> O + KMS + Cu	1,0	3,0	0,05	1.70
3	H <sub>2</sub> O + KMS + Cu	1,0	5,0	0,05	3.00
4	H <sub>2</sub> O + KMS + Cu	1,0	7,0	0,05	5.10
5	H <sub>2</sub> O + KMS + Cu	1,0	9,0	0,05	6.90

Daha sonra müxtəlif qatılıqlarda KMS-nin sulu məhlulunun və uyğun olaraq polimer nanokompozitlərin (50-70nm ölçülü Al və Cu) neftsıxışdırıcı xassəsinin müqayisəli analizi aparılmışdır. Alınmış nəticələr cədvəl 7-də verilmişdir.

## Neftvermə əmsalına müxtəlif tərkibli kompozitlərin təsiri

Nö	Kompozitin tərkibi	Neftvermə əmsalı (NVƏ), %
1	KMS (1q) + H <sub>2</sub> O (1,0l)	44
2	KMS (3q) + H <sub>2</sub> O(1,0l)	56.2
3	KMS (5q) + H <sub>2</sub> O(1,0l)	67
4	KMS (7q) + H <sub>2</sub> O(1,0l)	60.5
5	KMS (9q+ H <sub>2</sub> O(1,0l)	41
6	KMS (1q) + H <sub>2</sub> O(1,0l) + Al(0,05q)	48.7
7	KMS (3q) + H <sub>2</sub> O(1,0l) + Al(0,05q)	58.2
8	KMS (5q) + H <sub>2</sub> O (1,0l) + Al(0,05q)	69.1
9	KMS (7q) + H <sub>2</sub> O(1,0l) + Al(0,05q)	64.8
10	KMS (9q) + H <sub>2</sub> O(1,0l) + Al(0,05q)	42.5
11	KMS (1q) + H <sub>2</sub> O(1,0l) + Cu(0,05q)	46.2
12	KMS (3q) + H <sub>2</sub> O(1,0l) + Cu(0,05q)	57.8
13	KMS (5q) + H <sub>2</sub> O(1,0l) + Cu(0,05q)	68.4
14	KMS (7q) + H <sub>2</sub> O(1,0l) + Cu(0,05q)	63.7
15	KMS (9q) + H <sub>2</sub> O(1,0l) + Cu(0,05q)	41.8



Şəkil 5. Neftvermə əmsalının müqayisəli diaqramı

KMS və KMS+Al və ya Cu nanohissəciyi məhlulları ilə neftin sıxışdırılması üzrə aparılan təcrübələrdən alınan nəticələr göstərir ki, nanohissəciklər KMS-nin neftsıxışdırma xassəsini yaxşılaşdırır. 3,5,7

q/l daha effektiv qatılıqlardır (şəkil 5). Daha yüksək və aşağı qatılıqlarda effektivlik azalır.

Göründüyü kimi, Al nanohissəcikli kompozisiyaların istifadəsi Cu nanohissəcik tərkibli kompozisiyalarla müqayisədə nefti sıxışdırmaq üçün daha effektivdir. Bu faktı, qarışıqdakı Al nanohissəciklərin qaz əmələgəlmə prosesini yaratmasına, bu da mikroçatların və məsamələrin əmələ gəlməsinə səbəb olur ki, nəticədə süxur modelindən neftin keçid sürəti artır. Kompozisiyanın tərkibində Cu nanohissəciklərin olması kompozisiyaya bakterisid xüsusiyyətlər əlavə edir.

### **Nəticə:**

- Natrium karboksimetilsellüloza və 50-70 nm ölçülü Al və Cu nanohissəcikləri əsaslı polimer nanokompoziti neftsıxışdırma agenti kimi istifadə edilə bilər;

- Al və Cu nanohissəcikləri KMS-nin sulu məhlulunun dinamik özlülüyünü artırır;

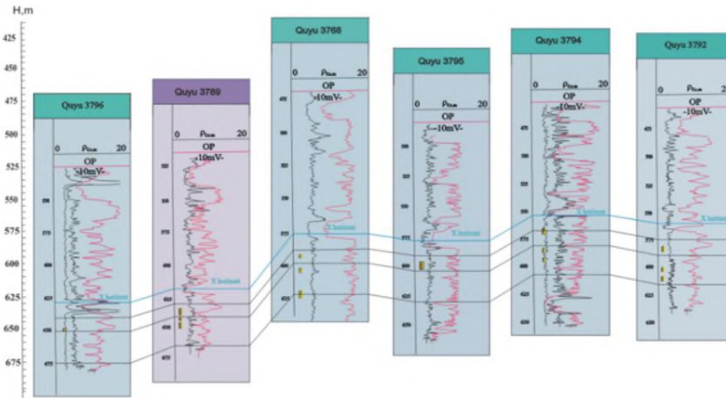
**Yeni nanosistemin tətbiqi ilə qalıq neftin çıxarılmasında-** laboratoriya tədqiqatları, nanosistemin mədən şəraitində tətbiqi aparılmış, təqdim olunan nanosistemin hazırlanması zamanı lay-quyu sistemində üç fazalı axının-neft, qaz və suyun hərəkət mexanikası tədqiq edilmiş, neftin reoloji göstəricilərinin dəyişməsi izlənilmişdir. Laboratoriya təcrübələri və mədən sınaqları əsasında hazırlanmış nanosistemin laylara təsir etmədə mövcud təsir üsulları ilə müqayisədə daha effektiv olması müəyyən edilmişdir. Metal nanohissəciklər (50-70 nm) və səthi aktiv maddədən (SAM) ibarət kompozisiyanın laya sıxışdırılması prosesində laylardakı karbonatlarla reaksiya nəticəsində əmələ gələn karbon qazı (CO<sub>2</sub>) neftin özlülüyünün azalmasına səbəb olur ki, bu da suvurma prosesinin səmərəliyinin yüksəlməsinə şərait yaradır.

Təcrübələrin aparılması üçün Bibiheybət yatağının X lay dəstəsindən (LD) götürülmüş neft, lay suyu və qum nümunələrindən ibarət lay modelində müxtəlif qatılıqlı SAM və onların metal nanohissəciklərlə kompozisiyalarının tətbiqi ilə alınmış nəticələr müqayisəli təhlil olunmuşdur (cədvəl 8).

## Reoloji göstəricilərin müqayisəsi

SAM			SAM+ metal nanohissəcik			Səthi gərilmənin azalması, %	Özlülüyün azalması, %	İslanma bucağının artımı, %
Səthi gərilmə, $10^{-3}$ N/m	İslanma bucağı, dər.	Özlülük, mPa·s	Səthi gərilmə, $10^{-3}$ N/m	İslanma bucağı, dər.	Özlülük, mPa·s			
35.6	31	6.0	22.0	47	3.8	38.2	36.6	52
31.4	29	7.0	20.1	44	5.0	35.7	28.5	52
18.4	25	8.3	12.5	38	6.2	32.1	25.3	52
16.6	22	10.8	11.5	33	7.3	30.3	23.2	50
14.7	20	15.7	10.6	30	10.4	27.7	33.7	50

Cədvəldən görüldüyü kimi, nanosistemin tətbiqilə fazalararası səthi gərilmə azalmış, islanma bucağı yüksəlmiş, neftin özlülüyü isə azalmışdır. Bu da seçilmiş optimal variantda təklif olunan sistemdən istifadə etməklə suurma prosesinin mədən şəraitində həyata keçirilməsinin məqsədə uyğunluğunu göstərir.



**Şəkil 6. Bibiheybət yatağında fəaliyyətdə olan 3789 №-li suvurucu və ətraf hasilat quyularının korrelyasiya sxemi**

Texnologiyanın tətbiqi məqsədilə Bibiheybət yatağı X LD-yə suurma prosesinin həyata keçirildiyi 3789 №-li suvurucu quyu seçilmişdir. Korrelyasiya sxemindən (şəkil 6) görüldüyü kimi,

suvurucu quyunun əhatə dairəsində olan hasilat quyuları arasında hidro əlaqə izlənilir ki, bu da hər bir quyu üzrə təsirin effektivliyini təmin edir.

Nanotexnologiyanın tətbiqilə ətraf quyular üzrə çıxarılan ümumi mayədə neftin miqdarı orta hesabla 15 % artmış, suyun miqdarı isə 6 % azalmışdır. (cədvəl 9).

**Cədvəl 9**

**Quyu parametrlərinin dəyişməsi**

Quyu №-si	Neft, t/gün				Su, m <sup>3</sup> /gün			
	əvvəl	sonra	fərq	%	əvvəl	sonra	fərq	%
3668	1.6	1.9	0,3	15	23.3	23.3	-	6
3792	2.2	2.3	0,1		17.6	16.9	-0,7	
3794	0.6	0.7	0,1		5.6	5.0	-0,6	
3795	1.0	1.2	0,2		5.6	4.6	-1,0	
3796	0.5	0.7	0,2		2.9	2.4	-0,5	
<b>Cəmi</b>	<b>5.9</b>	<b>6.8</b>	<b>0,9</b>		<b>55.0</b>	<b>52.2</b>	<b>2,8</b>	

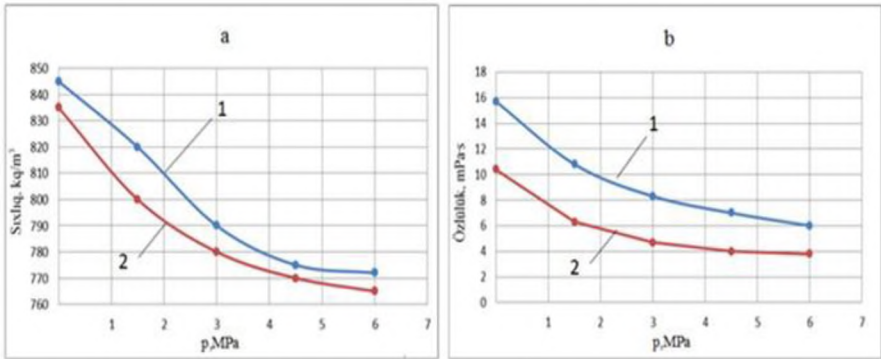
Ətraf quyulardan tətbiqdən əvvəl və sonra götürülmüş lay neftlərinin PVT xassələri SOCAR-ın “Neftqazəlmitədqiqatlayihə” İnstitutunda yüksək təzyiq və temperaturda “UİPN-AzNİPİ” laboratoriya qurğusunda öyrənilmiş (cədvəl 10) və onların təzyiqdən asılı olaraq dəyişmə qanunauyğunluqları izlənilmişdir (şəkil 7). Dəyişən parametrlərin müqayisəsi aparılan prosesin müsbət təsirini təsdiq edir.

**Cədvəl 10**

**Lay neftlərinin parametrlərinin dəyişməsi**

Quyu №-si	Horizont	Süzgəcin orta dərinliyi,m	Tətbiqdən əvvəl			Tətbiqdən sonra		
			Qaz tutumu, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Özlülülük, mPa·s	Sıxlıq, kq/m <sup>3</sup>	Qaz tutumu, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Özlülülük, mPa·s	Sıxlıq, kq/m <sup>3</sup>
3668	XLD	609-591	27.121	5.08	750.67	28.407	3.70	729.88
3792	XLD	620-590	28.360	4.83	747.15	29.160	3.57	726.48
3796	XLD	598-575	28.564	5.31	735.41	30.842	3.95	727.46
3795	XLD	602-597	29.823	5.18	734.66	31.074	3.88	713.05
3794	XLD	596-566	27.380	5.36	757.59	28.616	4.08	735.63

Nəticədə təsir altında olan quyular üzrə neft hasilatı 15.2 % artmış, çıxarılan mayədə suyun miqdarı 5.0 % azalmışdır.



**Şəkil 7. 3668 №-li hasilat quyusu üzrə lay neftinin sixlıq (a) və özlülüynünün (b) təzyiqdən asılılıq diaqramı: 1- tətbiqdən əvvəl; 2- tətbiqdən sonra**

**Nanosistemin tətbiqlə kənar və lay sularının təcridi-** bu məqsədlə istifadə edilən təcridmə texnologiyaları nəzərdə tutulan həcmdə təcrid materialının yüksək təzyiq altında (buraxıla bilən həddə) laya basılmasını təmin etməli, materialın artığı yuyularkən laydan quyuya olan mümkün axının qarşısını almağa və bərkimə müddətində quyunun təzyiq altında saxlanmasına imkan verməlidir. Təcrid materialları isə yüksək axıcılığa malik olub təzyiq altında mikrokanallar vasitəsilə layın daxilinə nüfuz etməli və sulaşmış hissədə bərkiməklə suların selektiv təcridini təmin etməlidir.

Aparılmış analitik tədqiqatlarla alınmış sement nümunəsinin fiziki-mexaniki göstəriciləri və kollektorluq xüsusiyyətləri öyrənilmiş (cədvəl 11), nanostrukturlu tamponaj məhlulunun reoloji parametrləri tədqiq edilmişdir (cədvəl 12).

Tədqiqatlar  $T = 75^{\circ} \text{S}$  temperaturda atmosfer təzyiqi şəraitində və  $T = 105^{\circ} \text{S}$ ,  $P = 30,0 \text{ MPa}$  quyü mühiti şəraitində aparılmışdır.

**Cədvəl 11****Nanostrukturlu sement daşının fiziki –mexaniki göstəriciləri və kollektorluq xüsusiyyətləri**

Əyilməyə möhkəmlik həddi, MPa	2 gündən sonra	4,6
	7 gündən sonra	6,9
Sıxılmaya möhkəmlik həddi, MPa	2 gündən sonra	8-10
	7 gündən sonra	25-30
Məsələliyi, %		18-21
Keçiriciliyi, mD		0,8-2,0

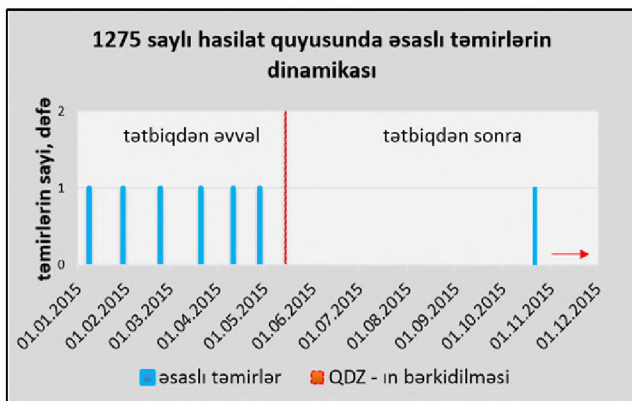
**Cədvəl 12****NSTM-in reoloji parametrləri**

NSTM-in reoloji parametrləri		T=75°S, P= 0.1 MPa	T=105°S,P=30 MPa
Sement məhlulunun tipi		NSTM	
Sement məhlulunun sıxlığı, q/sm <sup>3</sup>		1,80-1,85	
Həcmi genişlənmə, %		3-5	
Axıcılığı, sm		23-25	18
Tutuşma vaxtı, saat	əvvəli	6:45	4:15
	sonu	+1:20	+0:45
Konsistometrə saxlanma müddəti, saat		2:00	

Nanostrukturlu sement daşı nümunələri 20 gün ərzində otaq temperaturunda tam qurudulduqdan sonra şirin suda 60 saat saxlanmışdır. Bu müddət ərzində zamandan asılı olaraq nümunənin mayeni hopdurma tempi öyrənilmişdir. Sement daşı nümunələrinin 36 saatdan sonra mayeni özünə hopdurması dəyişməmiş və qalan 24 saat ərzində stabil qalmışdır: 1-ci nümunə 0,56%; 2–ci nümunə 0,62%; 3–cü nümunə 0,67% mayeni özünə hopdurmuşdur. Bu işə keçiriciliyi olmayan sement daşı deməkdir.

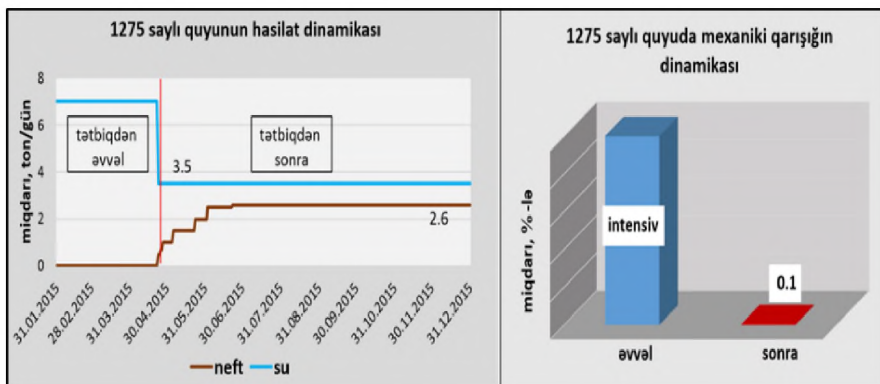
30.04.2015-06.05.2015-ci il tarixlərində quyuda iki mərhələdə nanostrukturlu tamponaj məhlulu tətbiq edilmişdir. 1599÷1566 m intervalda laydan gələn qumun qarşısının alınması və 1566-1563 m intervalda kənar suyun izolyasiyası həyata keçirilmişdir (şəkil 8).





**Şəkil 8. 1275 sayılı quyuda təmirlərin dinamikası**

Quyudibi zonada yaradılmış sement stəkani qazıldıqdan sonra quyuyu perforasiya edilmədən mənimsəməyə verilmiş, gündəlik 2,6 - 3,0 ton neft, 3,5 m<sup>3</sup> su hasilatı ilə istismarda olmuşdur (şəkil 9).



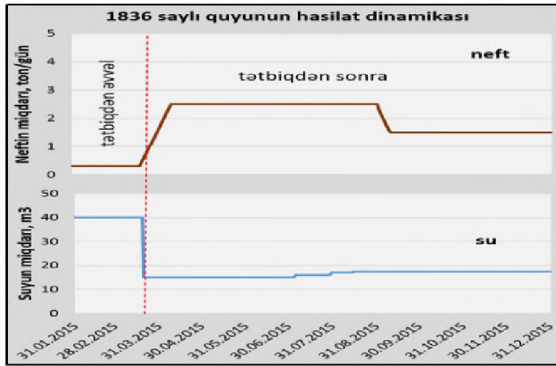
**Şəkil 9. 1275 sayılı quyuda hasilatın və mexaniki qarışığın dinamikası**

Nanotexnologiyanın tətbiqi ilə laydan gələn qumun qarşısı alınmış, kənar su təcrid edilmişdir. NSTM-in tətbiqindən keçən 209 gün ərzində quyuda qum təzahürü müşahidə edilməmişdir.

Nəticə:

- Gündəlik hasil olunan lay sularının yığılması, nəqli və utilizasiyası istiqamətində xərclərə qənaət olunur;
- Texnologiyanın tətbiqi nəticəsində yanalmaların sayı məhdudlaşır, təmirarası müddət dəfələrlə artır;
- Nanostrukturlu tamponaj məhlulu  $105^{\circ}\text{C}$  temperatura dayanıqlıdır.
- Nəticədə neft hasilatının artırılmasına, quyunun fasiləsiz işləməsinə və başqa quyularda tətbiqin aparılmasına zəmin yaranır.

Laydan quyudibinə gələn qumun qarşısının alınması və kənar suyun təcrid edilməsi məqsədilə 18.03-20.03.2015-ci il tarixdə 661÷602 m intervalda iki mərhələdə nanosistemin tətbiqilə izolə - bərkidilmə işləri həyata keçirilmişdir. Proses zamanı  $P_{baş}=15$  atm.,  $P_{son}=45$  atm. olmuşdur. Quyu perforasiya edilmədən mənimsəməyə verilmiş və 04.05.2015-ci il tarixdən hasilatı rejimə düşmüş, gündəlik 1,5 ton neft,  $17,5$  m<sup>3</sup> su ilə işləmişdir (şəkil 10).



**Şəkil 10. 1836 sayılı quyunun hasilat dinamikası**

Tətbiqdən keçən 286 gün müddətində quyuda kənar su və qum təzahürü ilə bağlı heç bir təmir işi aparılmamışdır. Texnologiyanın eyni zamanda kəmərlərdə yaranan zədə yerlərinin bağlanması, udulmaların qarşısının alınmasında, alçaq anomal lay təzyiqli (AALT) quyularda kəmərlərin sementlənməsində tətbiqi məqsədəuyğundur.

**Qum təzahürünə qarşı yeni nanosistemlər-** istismar zamanı zəif sementlənmiş terrigen süxurlardan ibarət horizontların işlənməsində hasil olunan maye ilə birlikdə quyudibinə çoxlu miqdarda qum dənəcikləri daxil olur.

Bu istiqamətdə aparılmış elmi araşdırmalar və tədqiqatlar nəticəsində yüksək məsaməlik və keçiricilik qabiliyyətli, həcmi genişlənməyə malik, əyilmə və sıxılmaya davamlı təbəqə yaratmaqla təkrar perforasiya etmədən quyunu mənimsəmək imkanı verən, yeni bərkidici nanostrukturlu tamponaj məhlulu (NSTM) yaradılmışdır.

Bunun üçün aşağıdakı kütlə faizi nisbətində komponentlərdən istifadə olunmaqla optimal tərkib seçilmişdir:

G markalı porlandsement	100
Na-karboksimetilsellüloza(KMS)	0,03-0,04
Ferroxromliqnosulfonat (FXLS)	0,1- 0,15
Alüminium tozu (60-80nm)	0,01- 0,03
Su	0,5

Na-karboksimetilsellüloza – suda həll olan polielektrolitdir, ağ və ya çəhrayı rəngli lifli və ya toz halında istehsal olunur. Qurudulmuş texniki məhsulun tərkibində 45-50% aktiv maddə olur. 1%-li sulu məhlulun pH-ı 8-12, 2%-li məhlulun dinamik özlülüyü karboksimetilsellülozanın markasından asılı olaraq 40-100 mPa·s həddində dəyişir. KMS lak-boya, kibrit istehsalında, neft sənayesində, tikintidə, silvinit filizlərinin flotasiyasında istifadə olunur.

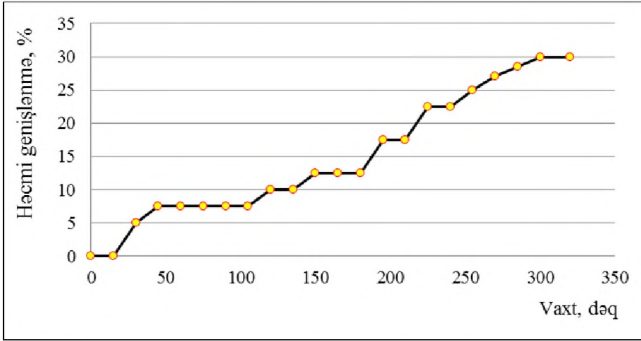
Alüminium tozu 60-80 nm ölçülü nanohissəciklərdən ibarətdir. Kimya sənayesində, şüaların udulması üçün materialların hazırlanmasında, optikada, elektronikada, tibbdə və s. sahələrdə istifadə olunur.

Tərkibin lazımı qatılıqda sulu məhlulu standart avadanlıqda müəyyən olunmuş nisbətlərdə götürülmüş komponentlərin şirin suda qızdırmadan intensiv qarışdırılması ilə hazırlanır. Tərkibə daxil olan KMS tamponaj məhlulunda – struktur yaradan, FXLS – axıcılığı, alüminium nanohissəcikləri – məsaməlilik və keçiriciliyi təmin edir, məhz şirin sudan – yüksək möhkəmlik əldə etmək üçün istifadə edilir.

Aparılmış çoxsaylı təcrübələr və analitik tədqiqatlarla hazırlanmış nanostrukturlu tamponaj məhlulunun reoloji parametrləri

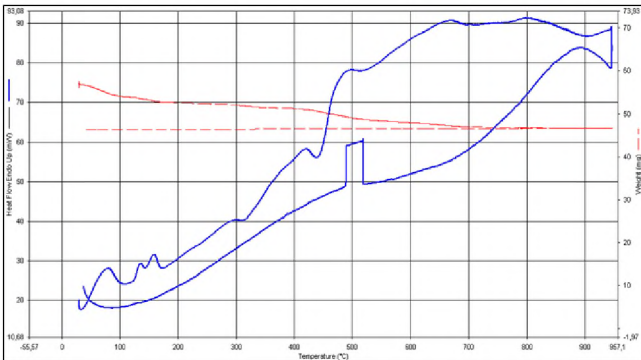
tədqiq edilmiş, fiziki-mexaniki göstəriciləri və kollektorluq xüsusiyyətləri öyrənilmişdir.

Ekspərimental tədqiqatlar zamanı nanosistemin tətbiqi ilə məsaməlik və keçiricilik iki dəfəyədək artmış, məhlulun axıcılığı, tutuşma başlanğıcı və sonu tənzimlənmişdir. NSTM-in həcmi genişlənmə faizi sementin markasından və layın termobarik xüsusiyyətlərindən asılı olaraq müxtəlif olur (şəkil 11).



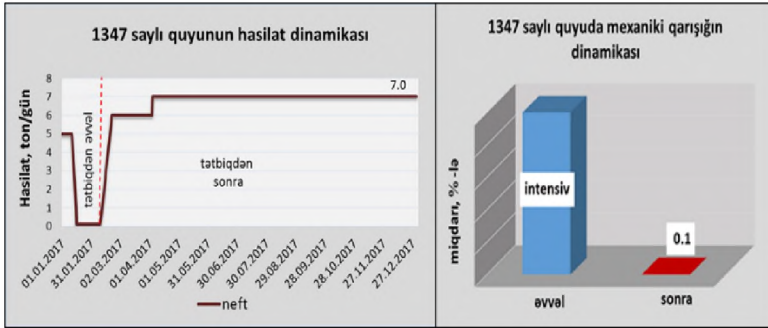
**Şəkil 11. NSTM-in həcmi genişlənməsinin zamandan asılılıq diaqramı**

NSTM-in Termoqravimetrik analizinin (şəkil 12) nəticəsinə görə nanosistem 120°C qədər stabildir və nanokarkas lay şəraitində öz möhkəmliyini saxlaya bilər.



**Şəkil 12. NSTM-in termoqravimetrik diaqramı**

28-30.01.2017 və 01-09.02.2017–cı il tarixlərində NSTM-in tətbiqilə mərhələli şəkildə quyudibi zonanın bərkidilməsi və kənar suyun izolyasiyası işləri həyata keçirilmişdir. 21.02.2017-ci il tarixdən quyunun hasilatı tənzimlənmiş, gündəlik 7 ton neft, 55 m<sup>3</sup> su hasilatı ilə 299 gün quma görə heç bir təmir işi aparılmadan istismarda olmuş, bu müddətdə qum təzahürü müşahidə edilməmişdir. (şəkil 13, 14)



**Şəkil 13. 1347 sayılı quyunun hasilat və mexaniki qarışıqın dəyişmə dinamikası**



**Şəkil 14. 1347 sayılı quyuda əsaslı təmirlərin dinamikası**

Beləliklə, nanostrukturlu tamponaj məhlulunun tətbiqi nəticəsində:

- süxur-metal kontaktında yüksək adgeziyaya malik süni təbəqə (nanostrukturlu karkas) yaranır;

- quyudibi zonada yaranan karkas möhkəm olmaqla, eyni zamanda keçirici olur;
- kanalçıqların daxili səthində hidrofob səth əmələ gəlir ki, bu da karkasın uzunömürlülüyünü təmin edir;
- süni lay karkası 95<sup>0</sup> S temperaturlu quyular üçün davamlıdır;
- NSTM-in tətbiqilə laydan quyudibinə gələn qumun qarşısı alınır;
- quyuların iş rejimi tənzimlənir və hasilat bərpa olunur;
- yanalmaların sayı məhdudlaşır, təmirarası müddət artır.

**Nanosistemin tətbiqi ilə quyuların lift borularında və nəql sistemlərində duzçökmənin qarşısının alınması-** neft-qazçıxarma sənayesində əmələ gələn problemlərdən biri duzçökmədir.

İşlənmiş yeni nanostrukturlu tərkib duz kristalları əmələ gətirəcək ionları təcrid edir. Boruların daxili divarlarında adsorbsiya olunaraq qoruyucu təbəqə əmələ gətirir və aqressiv mühitin təsirini zəiflədir.

Tərkibin hazırlanmasında aşağıdakı kütlə faizi nisbətində komponentlərdən istifadə edilmişdir:

Sulfanol	0,4-1,2
İnhibitorlu xlorid turşusu (15%-li)	0,05-0,2
Metal nanohissəciklər	0,0025-0,007
Su	qalanı.

Metal nanohissəciklər kimi, ölçüləri 50-70 ölçülü alüminium nanohissəciklərindən istifadə olunur. Kompozitdə Al-nanohissəciklərin istifadəsi kompozisiyanın təsirini artırır, duz çökmələrinin qarşısının alınması zamanı sinergetik təsir göstərir.

Optimal tərkibin seçilməsi üçün laboratoriya şəraitində istifadə olunan komponentlərin müxtəlif kütlə faizi nisbətlərində təcrübələr aparılmış, duz çökmələrindən mühafizə təsiri müəyyənləşdirilmişdir.

Təklif olunan tərkibin duz çökmələrinin qarşısını almaq effektivliyi reagentsiz kontrol təcrübə ilə müqayisədə lay suyunda ərp əmələ gətirən ionların miqdarının dəyişməsinə əsasən müəyyən edilir:

$$E = \frac{C_i - C_0^1}{C_0 - C_0^1} \times 100\%$$

burada:

$E$  – tərkibin effektivliyi, %;

$C_i$  – inhibitorlu lay suyunda termostabilləşmədən sonra ərp əmələ gətirən ionların miqdarı, mq/l;

$C_0^1$  – inhibitorsuz lay suyunda termostabilləşmədən sonra ərp əmələ gətirən ionların miqdarı, mq/l;

$C_0$  - lay suyunda termostabilləşmədən əvvəl ərp əmələ gətirən ionların miqdarı, mq/l;

Inhibitor kimi aşağıdakı tərkib istifadə olunur, %:

Sulfanol (1%-li)	0,3
Inhibitorlu xlorid turşusu	0,3
Al-nanohissəciklər	0,001
Su	99,399

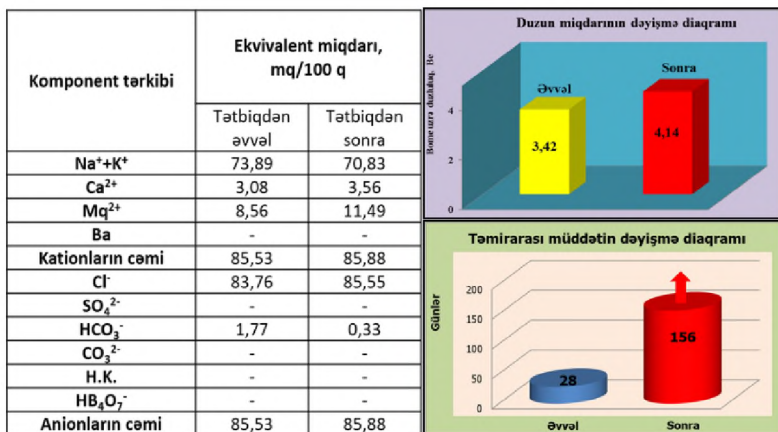
Duz çökmələrindən mühafizə təsiri 80,1 % təşkil edir.

**Cədvəl 13**

**Müxtəlif komponentlərin mühafizə təsiri**

№	Təklif olunan tərkibdə komponentlərin miqdarı, %				Duz çökmələrindən mühafizə təsiri, %
	Sulfanol (1%-li)	Inhibitorlu HCl-turşu	Nanohissəcik (Al)	Su	
1	0,3	0,3	0,001	99,399	80,1
2	0,4	0,005	0,005	99,445	86,8
3	0,4	0,2	0,002	99,398	88,0
4	0,5	0,1	0,003	99,397	92,2
5	0,6	0,05	0,004	99,346	95,0
6	0,7	0,05	0,005	99,245	96,4
7	0,8	0,05	0,002	99,148	97,5

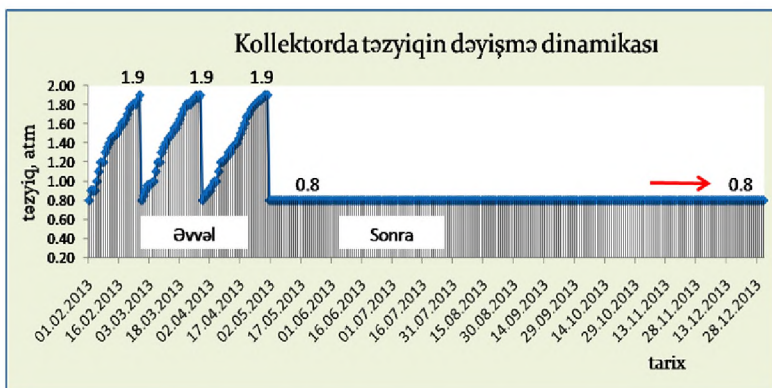
Nanosistemin tətbiqindən keçən 156 gün ərzində quyuda duzlaşma ilə əlaqədar heç bir yanalma olmamışdır. Tətbiqdən əvvəl və sonra götürülmüş lay suyunun hidrokimyəvi analizinin müqayisəli təhlilindən görüldüyü kimi, lay suyunun tərkibində duz əmələ gətirən kationların (Ca, Mg) ekvivalent miqdarı uyğun olaraq 3,08 mq/100q–dan 3,56 mq/100q–dək və 8,56 mq/100q–dan 11,49 mq/100q–dək artmış, hidrokarbonat anionları ( $HCO_3^-$ ) isə 1,77 mq/100q–dan 0,33 mq/100q–dək azalmışdır. Nəticədə hasil olunan mayədə lay suyunun Bome üzrə duzluluğu 3,42<sup>0</sup>–dən 4,14<sup>0</sup>–dək yüksəlmiş və lift borularında duzun çökməsi məhdudlaşmışdır (şəkil 15).



**Şəkil 15. Duzun miqdarının və təmirarası müddətin müqayisəli dinamikası**

“Siyəzənneft” NQÇİ-nin 2 sayılı NQÇS-də 3000 m-lik mədəndaxili maye kollektorunda 30 aprel 2013-cü il tarixində gündəlik 350 litr olmaqla nanosistemin tətbiqinə başlanılmış və proses 75 gün davam etmişdir.

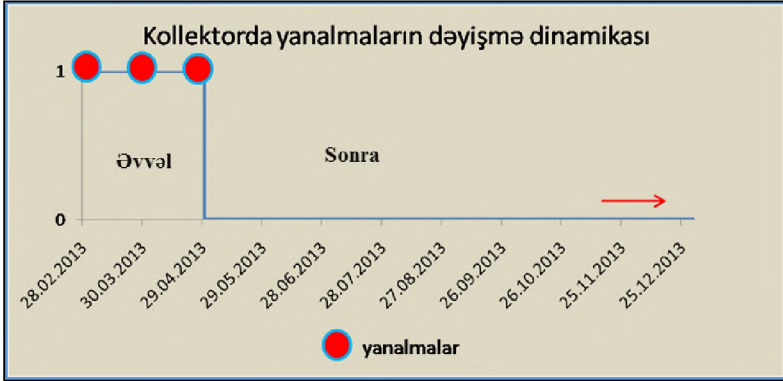
Tətbiq işlərinin başlanmasına qədər kollektorda duzlaşma ilə əlaqədar təzyiq 0,8 atm-dən 1,9 atm-dək qalxırdı (şəkil 16). Bu səbəbdən ayda bir dəfə döyücləmə və 50 m<sup>3</sup> su ilə yumaqla təmizləmə işləri həyata keçirilirdi.



**Şəkil 16. Təzyiğin dəyişmə dinamikası**



Nanosistemin tətbiqi nəticəsində boruların divarlarında nanoörtük yaranmış, hidravlik müqavimət azalmış, duzçökmənin qarşısı alınmış və mayenin nəqli intensivləşmişdir. Tətbiqin əvvəlindən keçən 8 ay müddətində kollektorda təzyiq 0,8 atm olmaqla sabit qalmış, heç bir yanalma olmamışdır (şəkil 17).



**Şəkil 17. Kollektorda yanalmaların dəyişmə dinamikası**

Mədən-sınaq işlərinin sonunda nanosistemin təsir mexanizminin öyrənilməsi üçün boruların daxili divarlarının analizi aparılmışdır. Analiz nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, borunun divarları karbonatlı duzlardan tamamilə təmizlənmişdir (şəkil 18).



**Şəkil 18. Boruların səthinin tətbiqdən əvvəl və sonrakı təsviri**

Aparılmış mədən-sınaq işlərinin nəticələri duzçökməyə qarşı nanosistemin tətbiqinin səmərəli olduğunu göstərmişdir:

Beləliklə:

- Nanosistem duzçökmə prosesində lift borularında və kollektorlarda çökə biləcək duzları həll edir, duz kristalları əmələ gətirəcək ionları təcrid edir;
- İşlənmiş nanosistem hesabına stabil kolloid məhlul yaranır;
- Sistemdə olan mexaniki qarışıqların çökməsinin qarşısı alınır;
- Həll olmuş duzların təkrar çökməsi baş vermir;
- Maye nəqlinin intensivliyi artır, hidravlik müqavimətlər azalır, işçi təzyiqlərin azalmasına nail olunur;
- Borunun divarlarında nanoörtük yaranır, korroziyadan mühafizəyə nail olunur;
- Təmirarası müddət artır, yanalmalarla bağlı vaxt itkisinin qarşısı alınır;
- Quyuiçi avadanlığın və nəql xətlərinin istismar müddəti uzanır;

**Korroziyaya qarşı qoruyucu nanoörtüyün tətbiqi-** metal avadanlığın korroziyası sahəsində bir çox sahələrində böyük iqtisadi və ekoloji fəsadlara yol açır. Turş qazlar ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ) aqressiv texnoloji mühit yaratdığından daha çox itki neft-qaz hasilatı sahəsində müşahidə olunur. Hidrogen sulfidin yaranması və qatılığının artması əsasən məhsuldar laya lay təzyiqini saxlayan sistemin səth suları ilə düşən sulfatreduksiyaedici bakteriyaların (SRB) həyat fəaliyyəti ilə əlaqədardır. Korroziyanın sürəti 1,5 mm/il və daha çox təşkil edir, mədən neft-qaz borularının istismar müddəti isə normativ müddət 10 il olduğu halda 2-3 ili keçmir.

Bu məqsədlə ekologiyaya mənfi təsir göstərməyən inqrediyentlər əsasında sadə texnologiyaya və iqtisadi cəhətdən səmərəli olan qoruyucu örtüyün alınması istiqamətində tədqiqatlar aparılmışdır. Kompozisiyanın hazırlanması üçün həlledicidən istifadə etmədən aşağıdakı kütlə nisbətində komponent tərkib seçilmişdir:

Natriumlu maye şüşə -	88-92
Sadə poliefir (Laprol-3003) -	8-12
Alüminium nanotozu (40-50nm) -	0,007-0,01.

Nanoörtüyün əmələgəlməsi adi şəraitdə 20-25°S otaq temperaturunda gedir, tərkibin tam bərkiməsi isə 5-6 saatdan sonra bitir. Alınmış kompozisiyadan həmçinin ağır karbohidrogenlərin (asfalt-qatran-parafin birləşmələrinin) çökməsi prosesini azaldan örtük kimi istifadə oluna bilər.

Hazırlanmış kompozisiya metal konstruksiyaların səthinə çəkilir. Tam bərkimədən sonra örtüyün fiziki-mexaniki göstəriciləri təyin edilir:

Zərbəyə davamlılıq, Mpa - 5.8

Əyilmə şkalası üzrə əyilmə, mm - 1

Adgeziya (metalla), ballar-1

Alınmış kompozisiya cilalı səthə və yüksək fiziki-mexaniki göstəricilərə malikdir. Laboratoriya şəraitində sınaqdan keçirildikdən sonra parlaqlığını və ilkin görünüşünü saxlayır.

Cədvəl 14-də işlənmiş qoruyucu örtük kompozisiyası və analoq üzrə fiziki-mexaniki və ekoloji göstəricilərin müqayisəsi verilmişdir.

**Cədvəl 14**

**Qoruyucu örtük kompozisiyasının göstəriciləri**

Fiziki-mexaniki və ekoloji göstəricilər	Optimal tərkiblər	
	Təklif olunan kompozisiya üzrə	Analoq üzrə
Bərkimə müddəti, saat	5-6	24
Örtüyün qalınlığı, mkm	11-12	60-70
Səthə çəkilən qatların sayı	1	3
Özlülük (VZ-4 üzrə), san	52-58	63
Zərbəyə davamlılıq, Mpa	6,7	5,0
Qələvi və turş mühitə davamlılığı	davamlıdır	davamlıdır
Ətraf mühitə təsir	mənfi təsir göstərmir	tərkib zəhərli deyildir
Korroziya əleyhinə effektivlik, (kütlə %-lə)	96,5-97,0	76
AQP çökməsinin qarşısının alınması effektivliyi, (kütlə %-lə)	98,8-99,1	98

Cədvəldən görüldüyü kimi, qoruyucu nanoörtüyün anoloji texnologiyaya nisbətən korroziya əleyhinə və nasoskompessor borularının daxili səthində parafin çökməsi prosesinin qarşısını alma effektivliyi artmışdır.

Müqayisəli təhlil nəticəsində məlum olmuşdur ki, aqressiv mühitin təsirindən adi örtüklü sancaq və qaykalar nanoörtüklü sancaq və qaykalara nisbətən 5 dəfədən çox yeyilmişdir. Həmçinin korroziya

sürəti və mühafizə effekti hesablanaraq cədvəl 15-də və şəkil 19-da müqayisəli verilmişdir.

**Cədvəl 15**

**Adi və nanoörtüklü avadanlığın parametrlərinin müqayisəsi**

s/s	Sancaq və qaykalar	Korroziya sürəti, mm/il	Mühafizə effekti, %	Yeyilməsi %
1	Adi örtüklü	11.28	32.78	30
2	Nanoörtüklü	2.03	87.89	5.5



**Şəkil 19. MEDN 5-25-500 markalı dərinlik nasosunda nanoörtüyün tətbiqi (1, 3 – nanoörtüklü, 2 – adi örtüklü sancaq və qaykalar)**

Nəticədə:

- Polimer əsaslı yeni materialların hazırlanması ilə korroziyadan mühafizədə yeni antikorrozion nanoörtük alınmışdır;
- Nanoörtük eyni zamanda quyuların lift borularında və nəql sistemlərində AQP çökməsinə qarşı effektivdir;
- Yeni polimer əsaslı nanoörtük mexaniki davamlı olmaqla, neftdə və qələvi mühitdə həll olmayan, istiliyə davamlı, otaq temperaturunda bərkliyə xüsusiyyətlərə malikdir;
- Nanoörtüyün tətbiqi ilə metal konstruksiyalarda mühafizə effekti yüksək olmaqla, korroziya sürəti əhəmiyyətli dərəcədə azalır, işlək metal avadanlıqlar daha az yeyilməyə və aşınmaya məruz qalır.

**Üçüncü fəsil** quyuların qazılmasında və tikintisində aktual hesab edilən problemlərin həlli istiqamətlərində nanosistemlərin

işlənməsi və tətbiqinə həsr olunmuşdur. Qeyd olunan istiqamətlər üzrə mövcud problemlər geniş şərh edilmiş, bu sahədə mövcud texnologiyaların çatışmayan cəhətləri nəzərə alınmaqla yeni nanosistemlər işlənmiş və tədqiq edilmişdir.

Bu məqsədlə müxtəlif ölçü və konsentrasiyalarda metal nanohissəcik əsaslı nanosistemlər işlənmiş, qazma quyusundan gətirilmiş su əsaslı qazma məhluluna əlavə edilməklə tədqiqatlar aparılmış, optimai tərkib seçilmişdir. Metal nanohissəciklər əsasında işlənmiş nanosistemin tətbiqilə qazma məhlulunun reoloji göstəriciləri yaxşılaşır, struktur tərkibi möhkəmlənir və termobarik şəraitə uzun müddət davam gətirə bilir. Məhlulun parametrlərinin şəraitə müvafiq idarə olunması gözlənilməz mürəkkəbləşmələrin qarşısını almağa imkan verir.

Nanostrukturulu yüngül sement texnologiyasının tətbiqi “Abşeronneft” və “H.Z.Tağıyev” adına NQÇİ-lərdə yan lüləyə endirilmiş “quyruq” kəmərlərinin sementlənməsində həyata keçirilmiş, sement məhlulunun layihədə göstərilən səviyyəyə qaldırılması təmin olunmuşdur. Kəmər arxasında alınan sement daşının suxur – sement daşı – boru kontaktında adgeziyası yaxşılaşmış, sərbəst suyun ayrılması minimum həddə enmiş, hermetiklik təmin olduğundan quyunun təmirarası müddəti artmışdır.

Tədqiqatlar Aban yatağında qazılan quyudan götürülmüş su əsaslı qazma məhlulu üzərində aparılmışdır. Əvvəlcə adi şəraitdə hazırlanmış qazma məhlulunun reoloji parametrləri tədqiq edilmişdir. Sonra isə həmin məhlulun qalan hissəsinə 0.008% nanosistem əlavə edilməklə eyni qaydada reoloji parametrlərin göstəriciləri təyin edilmişdir.

Nanohissəciklər yüksək səthi fəallığı hesabına qazma məhlulunun daxilinə nüfuz edərək digər reagent və materialların arasında daha sıx rabitəli əlaqələrin yaranmasını təmin edir. Nəticədə qazma məhlulunun kimyəvi işlənmə intensivliyi 75%-dək azalır, struktur-mexaniki, kolloid-kimyəvi xassələri yaxşılaşır, struktur tərkibi möhkəmlənir və termobarik şəraitə uzun müddət davam gətirə bilir.

İşlənmiş nanosistemin sınaq tətbiq işləri “Abşeronneft” NQÇİ–nin Darvin küpəsi yatağında yerləşən 670 sayı özöldən qazılan eyni layihəli və konstruksiyalı 770, 771 və 772 sayılı istismar quyularında həyata keçirilmişdir. Anomal alcaq lay təzyiqli (AALT) geoloji kəsilişləri ilə səciyyələnən bu quyularda konduktor kəməri endirildikdən sonra quyular layihə dərinliyinə çatdırılana qədər qazma məhluluna nanosistem əlavə edilmiş və həmin intervallar heç bir mürəkkəbləşmə olmadan qazılmışdır.

Hər üç quyu üzrə (770/771/772) nanosistemin tətbiqinin müqayisəli təhlilindən görüldüyü kimi (cədvəl 16), qazma məhlulunun sıxlığında ciddi dəyişiklik baş verməmiş, özlülük 33-40%, suvermə 7-20%, gil qabığının qalınlığı 15-20%, sürtünmə əmsali 22-30% və  $SSG_{1/10}$  1,4 – 1,8 dəfə azalmışdır.

**Cədvəl 16**

**Qazma məhlulunun parametrlərinin dəyişməsi**

s/s	Qazma məhlulunun parametrləri	Nanosistemin tətbiqindən əvvəl	Nanosistemin tətbiqindən sonra
1	Quyunun dərinliyi L,m	1440÷1546	1440÷1546
2	Qazma məhlulunun sıxlığı $\rho, \text{kg/m}^3$	1420/1370/1360	1430/1480/1350
3	Şərti özlülülük T,san	64/140/95	79/95/50
4	Suvermə əmsali $F, \text{sm}^3/30 \text{ dəq}$	5.1/5.2/5.0	5.4/4.8/3.5
5	Gil qabığının qalınlığı $\delta, \text{mm}$ ,	1.3/1.0/1.5	1.2/1.5/1.0
6	pH	9.2/9.18/9.0	9.3/9.15/9.13
7	Gil qabığının sürtünmə əmsali $\mu$ ,	0.0599/0.1228/0.1584	0.1051/0.0875/0.1228
8	Statik sürüşmə gərginliyi $SSG_1 \text{ dpa}$ ,	93/60/18	69/60/15
9	Statik sürüşmə gərginliyi $SSG_{10} \text{ dpa}$ ,	126/99/27	105/99/24

**Nəticədə:**

- Məhsuldar layların qarşısında qoruyucu ekran yaranmış, layların çirklənməsinin və udulmanın qarşısı alınmışdır;
- Quyu divarının dayanıqlığı qorunmuş, kollektorların məsamə və keçiriciliyinin mühafizəsi təmin edilmişdir;
- Qazma məhlulunun reoloji parametrləri tənzimlənmiş, erkən turbuləntlik aşkar edilmişdir;
- Qazma alətlərində kipiğəcəmələgəlmə 50%-dən çox azalmışdır;

- Gil qabığının qalınlığının azalması ilə bərabər, elastikliyinə artması və sürtünmə əmsalının dəfələrlə azalması baltanın və qazma kəmərinin lülədə sərbəst hərəkətini təmin etmişdir;
- Qazmanın mexaniki sürəti artmış, quyular qəza və mürəkkəbləşmələr olmadan layihə dərinliyinə çatdırılmışdır.

**Nanostrukturulu sement texnologiyasının tətbiqilə istismar kəmərlərinin möhkəmləndirilməsi**- quyular tikintisində ən vacib tapşırıqlardan biri də qazma zamanı açılan layların qoruyucu kəmərlərlə bağlanması və həlqəvi fəzanın sementləməklə hermetikləşdirilməsidir.

Tərkibin hazırlanmasında istifadə olunan komponentlər aşağıdakı kütlə faizi nisbətində götürülmüşdür:

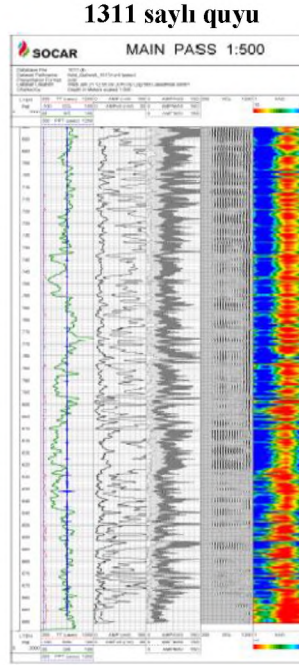
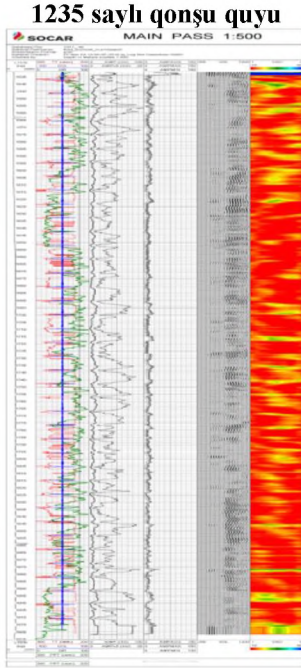
Portlandsement	28,80 – 59,08
Perlit	2,95 – 5,76
Nanobentonit	1,52 – 3,47
Su	99,399
Durojel fn 55	3,10 – 3,97

Bu texnologiyanın tətbiqilə tamponaj məhlulunun sıxlığını  $1330 \text{ kq/m}^3$ -ə qədər azaltmaq mümkündür.

Tətbiq işləri “Azneft” İstehsalat Birliyinin ““H.Z.Tağıyev” adına NQÇİ-nin Qala yatağının V QD horizontundan istismarda olan 1311 sayılı hasilat quyusunda həyata keçirilmişdir.

27.02.2017-cı il tarixdə II lüləyə  $1483 \div 1919 \text{ m}$  intervala endirilmiş  $114 \text{ mm}$ -lik istismar kəməri nanostrukturulu tamponaj məhlulunun tətbiqilə möhkəmləndirilmiş,  $1914 \div 1911$ ;  $1907 \div 1900 \text{ m}$  intervallarda süzgəc açılmışdır. Aparılmış AKS-nin göstəricilərinə əsasən sementləmənin nəticələri “yaxşı” qiymətləndirilmişdir.

Ənənəvi sementləmə zamanı əksər hallarda kəmərin arxasında hermetiklik təmin olunmadığından quyular mənimsəməyə verildikdən sonra izolyasiya işləri həyata keçirilir. Tətbiq işlərinin aparıldığı 1311 sayılı quyunun Qala yatağında eyni horizonta yan lülə ilə qazılmış və ənənəvi metodla sementlənmiş 1235 sayılı qonşu quyunun AKS nəticələrinin müqayisəsindən bunu görmək olar (şəkil 20).



**Şəkil 20. AKS nəticələrinin müqayisəsi**

Müqayisədən göründüyü kimi, yüngülləşdirilmiş nanostrukturlu tamponaj məhlulunun tətbiqilə sement məhlulunun keyfiyyəti yaxşılaşmış, onun layihədə göstərilən səviyyəyə qaldırılması təmin olunmuş və kəmərxəzində alınan sement daşının suxur – sement daşı – boru kontaktında adgeziyası yaxşılaşmışdır.

**Dördüncü fəsil**də nanomaterialların işlənməsi və tətbiqindən bəhs edilir. Bu istiqamətdə aşağıdakı məsələlər üzrə tədqiqat işləri yerinə yetirilmişdir:

- Metal nanohissəciklərin alınma texnologiyasının işlənməsi;
- Nanostrukturlu ştuserlərin hazırlanması və tətbiqi;
- Karbon nanoboruların (KNB) istehsalı və neft-qazçıxarmada tətbiqi.

Neft-qaz sahəsində tətbiq olunan nanosistemlərin hazırlanmasında və yeni nəsil nanotexnologiyaların işlənməsində mühüm komponent tərkib kimi nanohissəciklərdən istifadə olunur.



Nanohissəciklərin müxtəlif üsullarla (mexaniki, fiziki, fiziki-mexaniki, kimyəvi, fiziki-kimyəvi, elektrik partlayışı üsulları və s.) alınması məlumdur. Bu fəsilə analoqlarından fərqli yüksək keyfiyyətli, az aqlomerasiya olunan, 20-100 nm ölçülü müxtəlif metal nanohissəciklərin alınma texnologiyasından bəhs olunur. Metal nanohissəciklərin istehsal texnologiyasının işlənməsi məqsədlə nanohissəciklərin müxtəlif alınma üsullarının müqayisəli analizi aparılmışdır. Araşdırılan materiallar emal edildikdən sonra elektrik partlayışı üsuluna əsaslanan istehsal texnologiyasının işlənməsi qənaətinə gəlinmişdir.

Elektrik partlayışı üsulunun seçilməsində başlıca səbəbləri avadanlığın məhsuldarlığı, istifadə olunan xammalın ölkədə mövcudluğu və maya dəyərinin ucuz olması, alınan nanohissəciklərin yüksək təmizliyi, xüsusi səth sahəsinə ( $25-30 \text{ m}^2/\text{qr}$ ) malik olması, texnoloji proses zamanı bir materialın istehsalından digərinə asan keçidi, müxtəlif ölçülü nanohissəcikləri istehsal etmək imkanı, nisbətən az elektrik enerjisi itkisi, ekoloji və texniki təhlükəsizlik şərtlərinə cavab verməsi təşkil edir.

Üsulun mahiyyəti metallik naqilə yüksək sıxlıqlı cərəyan impulsu verməklə onun partlayışa bənzər parçalanmasından ibarətdir. Cərəyan impulsunun təsiri ilə naqil çox kiçik hissəciklərə parçalanır və materialın əksər hissəsi qaza oxşar hala keçir. Bu zaman buxar halına keçən metalın miqdarı naqilə verilən enerjinin kəmiyyətindən asılıdır. Parçalanma məhsulu sürətlə soyudulur və nanodispers toz formalaşır. Hər dəfə partlayışdan sonra yaranan aerazol fraksiyalaşdırılır, sonra hava komponentləri ilə zəif oksidləşdirmə və ya hissəciklərin səthinə xüsusi təbəqə çəkmə yolu ilə nanohissəciklər passivləşdirilir. Texnoloji proses zərərli kimyəvi maddələrdən istifadə etmədən az miqdarda inert qaz mühitində qapalı şəraitdə aparılır. İstehsal olunan nanohissəciklərin ölçü və miqdarı texnoloji avadanlıqda quraşdırılmış kompüter vasitəsilə tənzimlənir.

Nanohissəciklərin xüsusiyyətləri onların ölçülərini müəyyən edən Horiba avadanlığında tədqiq edilmişdir. Respublikamızda ilk dəfə naqillərin elektrik partlayışı üsuluna əsaslanan metal nanohissəciklərin istehsal texnologiyası əsasında işləyən qurğuda

istehsal olunmuş Al, Fe və Cu metal nanohissəcikləri neft-qaz sahəsində müxtəlif istiqamətlər üzrə nanosistemlərin hazırlanmasında istifadə edilmiş, istehsalatda tətbiqi həyata keçirilmişdir.

**Metal nanohissəciklərin istehsalı texnologiyası**- metal və qeyri-metal nanohissəciklərə olan böyük maraq, onların neft sənayesində, keramikanın, maqnit və kompozisiya materiallarının, yüksəkkeçiricilərin, günəş batareyalarının, yağlayıcı materiallar üçün aşqarların və s. materialların istehsalında xammal kimi istifadə edilməsi ilə bağlıdır.

Hazırda geniş istifadə olunan planetar dəyirmanlar istənilən materialların tez və effektiv üyüdülməsini təmin edir. Ənənəvi avadanlıqlarla on saatlarla vaxt ərzində yerinə yetirilən işlər yeni üyüdülmə texnologiyası ilə həyata keçirilir. Müasir planetar dəyirmanlar laboratoriya şəraitində 3 kq/saat (sənaye şəraitində 5 ton/saat) məhsuldarlıqla işləyərək mexaniki aktivlik effektivinə malik və tələb olunan nanoölçülü hissəcik almağa imkan verir.

Müxtəlif metal naqillərindən və ərintilərindən nanotozların alınması üsulunun mahiyyəti partlama kamerasına hazırlanan metal məhsul verilməsi və inert mühitdə iki müxtəlif metal məhsulun birlikdə elektrik partlayışının baş tutmasından ibarətdir. Eyni uzunluqlu müxtəlif metal naqilin birlikdə partlaması onların paralel yerləşdirilməsi zamanı baş tutur. Naqillər müxtəlif uzunluqda olduqda və eyni metaldan olan bir və ya bir neçə naqil bərabər addımla yumağa sarıldıqda “bağ” partlayışa məruz qalır. Təcrübələrdə paralel yerləşmə zamanı naqillər arasındakı məsafə, partlayışa hazırlanan məhsulum kütlə nisbəti, naqillər sisteminə verilən enerji və elektrik partlayışının qövs mərhələsinin enerjisi parametrləri nizamlanır.

Elektrik partlayışı üsulunun seçilməsində başlıca səbəblər: avadanlığın məhsuldarlığı (saatda 100 qr), istifadə olunan xammalın ölkədə mövcudluğu və maya dəyərinin ucuz olması, alınan nanohissəciklərin yüksək təmizliyi (99%-dən çox) və xüsusi səth sahəsi ( $25-30 \text{ m}^2/\text{qr}$ ), texnoloji proses zamanı bir materialın istehsalından digərinə asan keçidi, müxtəlif ölçülü nanohissəcikləri istehsal etmək imkanı, nisbətən az elektrik enerjisi itkisi, ekoloji və texniki təhlükəsizlik şərtlərinə cavab verməsi təşkil edir.

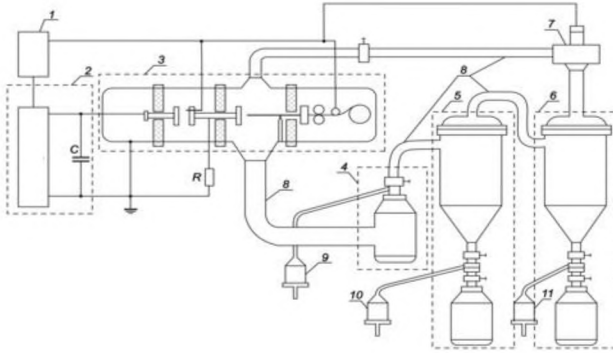


**Şəkil 21. Qurğunun təsviri**

Qurğu qaz mühitində naqillərin elektrik partlayışı texnologiyasına əsaslanır.

Naqillərin elektrik partlayışı dedikdə metallik naqilə yüksək sıxlıqlı cərəyan impulsu verməklə onun partlayışabənzər parçalanması prosesi başa düşülür. Cərəyan impulsunun təsiri ilə naqil çox kiçik hissəciklərə parçalanır və materialın əksər hissəsi qaza oxşar hala keçir. Bu zaman buxar halına keçən metalın miqdarı naqilə verilən enerjinin kəmiyyətindən asılıdır. Parçalanma məhsulu sürətlə soyudulur və nanodispers toz formalaşır. Bu nanotozlar amorf halda mövcud olurlar.

Tozun dispersliyi, hissəciyin strukturu və digər xassələri istifadə olunan naqilin materialından, onun həndəsi ölçülərindən və partlayışın aparıldığı qaz mühitinin xarakteristikalarından asılıdır. Hər dəfə partlayışdan sonra yaranan aerosol fraksiyalaşdırılır, sonra hava komponentləri ilə zəif oksidləşdirmə və ya hissəciklərin səthinə xüsusi təbəqə çəkmə yolu ilə nanohissəciklər passivləşdirilir. Texnoloji proses zərərli kimyəvi maddələrdən istifadə etmədən az miqdarda inert qaz mühitində qapalı şəraitdə aparılır.



**Şəkil 22. Avadanlığın sxemi**

Qurğu 20-100 nm ölçüdə metal və metal oksidi nanohissəciklərini istehsal etməyə imkan verir. Qurğu bir saatda alminium nanohissəcik -75 q/saat, dəmir nanohissəcik -150 q/saat, mis nanohissəcik -180 q/saat istehsal etməyə imkan verir. Cədvəl 17-də istehsal olunan hissəciklərin parametrləri göstərilmişdir.

**Cədvəl 17**

**İstehsal olunan hissəciklərin parametrləri**

Metallar	Ölçü	Səth sahəsi	Təmizliyi
Al, W, Fe, Cu, Mo, Ni, Ag, Ti, Zn, Cu-Zn, Ni-Cr.	20-80 nm	25 m <sup>2</sup> /g	99,9+%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , CuO <sub>2</sub> , və s.	20-80 nm	30 m <sup>2</sup> /g	99+%
AlN, TiN <sub>x</sub> , WxCy.	20-80 nm	30 m <sup>2</sup> /g	99+%

İşlənib hazırlanmış avadanlıq quraşdırılaraq işçi vəziyyətə gətirilmiş, nümunə kimi müxtəlif ölçülərdə alüminium, mis, dəmir nanohissəcikləri istehsal edilmişdir. Nanohissəciklərin xüsusiyyətləri onların ölçülərini müəyyən edən Horiba avadanlığında tədqiq edilmişdir.

Dördüncü fəsil həmçinin nanostrukturlu ştuserlərin hazırlanması və tətbiqinə həsr olunmuşdur. Məlumdur ki, quyuağzındakı əks təzyiqli dəyişdirməklə quyudibinə düşən təzyiqli və bunun nəticəsində laydan gələn maye və qazın miqdarını tənzimləmək

məqsədlə atqı xəttində ştuser adlanan diafraqma qoyulur ki, bu da aqressiv mühitin təsirinə daha çox məruz qalır. Hazırda istifadədə olan ştuserlərin başlıca çatışmayan cəhəti onların dəliyi yeyiləndə axıntının o biri atqı xəttinə keçirilməsidir ki, bu zaman quyunun adi qaydada iş rejimi müəyyən qədər pozulmuş olur. Yaxud da maye keçən dəlik yeyiləndən sonra bütün ştuser oymağı tamamilə atılır ki, bunun da dəyişdirilməsinə xeyli vaxt sərf olunur.

Bu məqsədlə müxtəlif ölçülərdə və variasiyalarda nanohissəciklərin tətbiqilə tədqiqatlar aparılmış, giltorpaq, polivinil spirtinin suda məhlulu və Cu nanohissəciklərindən ibarət optimal tərkib seçilmiş və “Azneft” İB-nin Dalma qurğularının təmiri və kirayəsi üzrə eksperimental istehsalat müəssisəsində bişirilərək müxtəlif diametrlı nanostrukturlu ştuser nümunələri hazırlanmışdır. Nümunələrin möhkəmlik və bərklik hədləri Rokvell-TP-5006M və Brunel-TIII-2M cihazlarında yoxlanılmış və əhəmiyyətli qaydada hazırlanmış ştuserlərlə müqayisədə nanostrukturlu ştuserlərin möhkəmlik göstəricilərinin 15-20% artması müəyyən edilmişdir.

Müxtəlif diametrlı nanostrukturlu ştuserlərin sınaq-tətbiq işləri dəniz və quruda yerləşən mədənlərdə həyata keçirilmiş, bir sıra üstünlükləri ilə səciyyələnmişdir. Belə ki, quyularda istifadə edilmiş nanostrukturlu ştuserlərin adi ştuserlərə nisbətən işçi günlərinin sayı 30%-dən 3,2 dəfəyədək artmış, yeyilməyə davamlığı isə 100%-dən çox olmuşdur.

**Nanostrukturlu ştuserlərin hazırlanması və tətbiqi** - məlumdur ki, quyunun iş rejimini pozmamalı və müəyyən edilmiş hasilatı almaq üçün laydan quyudibinə gələn enerjinin qaldırıcı borularda sərf olunmasını tənzimləmək lazımdır. Qaldırıcıda enerjinin işlədilməsi quyuağzında əks təzyiqlik yaratmaqla nizamlanır. Quyuağzındakı əks təzyiqlik dəyişdirməklə quyudibinə düşən təzyiqlik və bunun nəticəsində laydan gələn maye və qazın miqdarını tənzim etmək olur. Bu məqsədlə atqı xəttində ştuser adlanan diafraqma qoyulur ki, diafraqmanın maye keçən kəsiyini dəyişməklə onun əmələ gətirdiyi təzyiqlik düşküsi də dəyişir və bu da quyunun iş rejiminə təsir edir.

Bu məqsədlə müxtəlif ölçülərdə və variasiyalarda nanohissəciklərin tətbiqilə tədqiqatlar aparılmış və “Azneft” İB-nin

Dalma qurğularının təmiri və kirayəsi üzrə eksperimental istehsalat müəssisəsində nanostrukturlu ştuser nümunələri (NSS) hazırlanmışdır.

Belə ki, ənənəvi üsulla hazırlanan ştuserlərin aqressiv mühitdə sürtünməyə dayanıqlılığı qismən zəif olduğundan, onun dayanıqlılığının artırılması üçün cədvəl 18-də göstərilmiş kütlə faizi nisbətində tərkiblər seçilmişdir.

**Cədvəl 18**

**Optimal tərkiblərin seçilməsi**

Tərkib %-lə	Nümunə 1	Nümunə 2	Nümunə 3	Nümunə 4	Nümunə 5
Giltorpaq	90,908	90,907	90,906	90,905	90,904
Polivinil spirtinin suda məhlulu	9,09	9,0907	9,0906	9,0905	9,0904
Cu nanohissəcikləri	0,0009	0,0018	0,0027	0,0036	0,0045

Nümunələrin hazırlanması aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

Xırdalanma titrəmə dəyirmanında həyata keçirilir və polad kürəciklərin (Ø 10-12 mm) giltorpağın kütlə payına nisbəti – 10:1 nisbətində götürülür (10 kq polad kürəcik və 1 kq giltorpaq). Xırdalanma müddəti 6 saatdır. Xırdalanmış giltorpaq qurumaq üçün quruducu şkafa qoyulur.

Qurudulma 100<sup>0</sup>S-dən aşağı, 80-90<sup>0</sup>S-də aparılır. Alınmış sıyıq (həlməşik) alüminium qablara tökülərək (qabın hündürlüyü 50 mm-ə qədər) elektroquruducuya qoyulur. Lazım olan temperaturu quruducu avtomatik olaraq saxlayır. Qurudulma müddəti 14 saatdır. Qurudulmuş mikrotoz qırıntı halında qəlib kütlənin hazırlanması üçün göndərilir.

Daha sonra qəlib kütləsi hazırlanır. Qaçğanın qabına qurudulmuş mikrotozdan 1,0 kq əlavə edərək 25 dəqiqə ərzində üyüdülmür. Sonra nəmləşdirici krem kimi istifadə olunan polivinil spirtinin 5%-li suda məhlulundan 100 ml götürülərək üzərinə cədvəl 19-da göstərilmiş variasiyalarda metal nanohissəcikləri (MNH) əlavə edilərək qarışdırılır. Alınmış suspensiya 1.0 kq giltorpağın üzərinə

əlavə edilərək qaçağanda daha 5 dəqiqə qarışdırılır. Alınmış kütlə əvvəlcə 0,1 mm, sonra isə 0,05 mm-lik ələkdən keçirilir. Hazırlanmış kütlə əvvəlcə nəm parça ilə örtülür, sonra isə məmulatın qəliblənməsi üçün istifadə olunur.

Bişirilmə əməliyyatında termokorund məmulatlarının bütün xətti ölçülərinin 19-22% azalmasını nəzərə alaraq qəliblənmə məmulatının bütün xətti ölçüləri bir o qədər çox olmalıdır. Bu da qəlib formalarının hazırlanması zamanı nəzərdə tutulur. Qəlibin bütün işçi səthi xromlanmalıdır. Qəliblənmə məmulatının çəkisi:

$Q = \rho \cdot V$  təyin edilir.

Burada  $\rho$  gilltorpağın sıxlığı;  $V$  – həcmdir.

Qəliblənmə hidravlik presdə 60-70 atm təzyiqlə aparılır. Qəliblənmə məmulatı ilkin bişirilməyə göndərilir.

İlkin bişirilmə kameralı elektrik sobasında 1200 °C şəraitində aparılır.

Məmulatların çat olub-olmamasına vizual baxılır, sonra uyğun ölçüləri yoxlanılır. Bütün nümunələrin möhkəmlik və bərklik hədləri Rokvell-TP-5006M və Brunel-TIII-2M cihazlarında yoxlanılır, müqayisə edilir. Alınmış nümunələrin sərtlik göstəriciləri cədvəl 19-də göstərilmişdir.

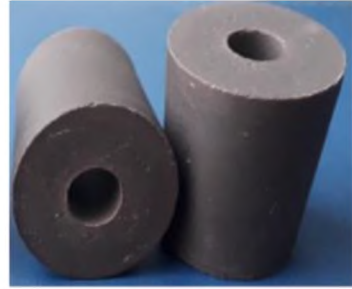
**Cədvəl 19**

**Nümunələrin sərtlik göstəriciləri**

S/S	Ştuserlərin hazırlanma texnologiyası	Nümunələr	Nanosistemin konsentrasiyası, %-lə	Diametri, mm	Orta sərtliyi, HRA
1	Ənənəvi metodlu	№1	-	9	72÷73
2	Nanostrukturulu	№2	0.002	9	86.7
		№3	0.003	9	88.7
		№4	0.004	9	86.3
		№5	0.005	9	84.3



a



b

**Şəkil 23. a) ənənəvi metodlu ştuser;b) nanostrukturlu ştuser**

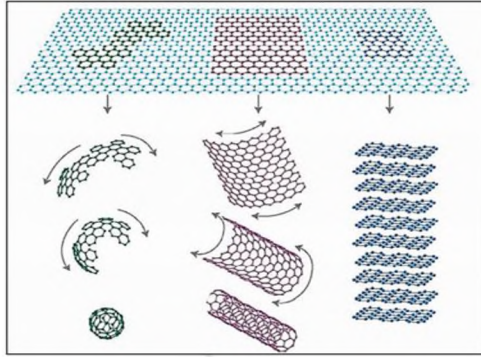
Cədvəldən görüldüyü kimi 2 və 3-cü nümunələrdə sərtlik göstəricisi 86,7 və 88,7 HRA əldə edildiyindən həmin tərkiblər optimal tərkib kimi seçilmişdir. İstehsalatda tətbiq edilən ənənəvi ştuserlərin sərtlik göstəricisi isə  $76\div 78$  HRA təşkil edir.

Beləliklə, ənənəvi qaydada hazırlanmış ştuserlərlə müqayisədə nanostrukturlu ştuserlərin möhkəmlik göstəricilərinin 15-20% artması müəyyən edilmişdir.

**Karbon nanoboruların istehsalı texnologiyası-** neft hasilatındakı müxtəlif tapşırıqların həllində karbon nanoboruları (KNB: TKNB, ÇKNB), qrafenə bənzər materiallar (nanolentlər, qrafen-oksüd, çox qatlı qrafenlər), eləcə də onların tərkibləri ilə kompozit nanodispersiyalar geniş yayılmışdır.

Nanostrukturlu karbon materialları və sorbentlərin yaradılması nanotexnologiyaların inkişafda olan istiqamətlərindən biridir. Karbon yüksək dərəcəli müxtəlif allotrop modifikasiyalarla xarakterizə olunur. Nanostrukturların öyrənilməsi metodlarının inkişafı ilə (ilk növbədə elektron mikroskopiyaya) məlum qrafit, almaz və amorf karbonuna karbon nanolifləri (ilkin alınma, morfologiyasının sübutu), fulleren və karbon nanoboruları də əlavə edildi. Fullerenin karbon təbəqələrinin morfologiyası, KNB-ları və grafen şəkil 24-də verilmişdir.





**Şəkil 24. Karbon nanomateriallərin növləri (KNL,KNB,qrafen)**

Strukturun qurulmasına həsr olunmuş əsərin dərc olunduğu dövrdən, KNB-ləri özünəməxsus elektrik, mexaniki, optik, istilik və digər xüsusiyyətlərinə görə elm və texnikanın bir çox sahələrində istifadə olunur. Cədvəl 20-də nanoboruların bəzi xüsusiyyətləri bir sıra materiallarla müqayisədə göstərilmişdir.

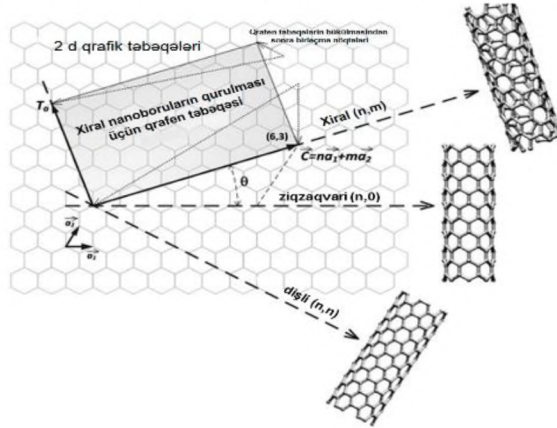
**Cədvəl 20**

**Nanoboruların xüsusiyyətlərinin dəyişməsi**

Xüsusiyyətləri	Təqətlə nanoborular	Məlum göstəricilərlə müqayisə
Xarakterik ölçüsü	Diametr 0.6-1.8nm	Elektron litografiyanın həddi 7 nm
Sıxlıq	1.33 – 1.4 q/sm <sup>3</sup>	Alüminiumun sıxlığı 2.7 q/sm <sup>3</sup>
Qırılmaya davamlılıq	45 MPa	Ən möhkəm polad ərintisi 2 MPa -da qırılır
Elastiklik	İstənilən bucaq altında əyilə bilər	Metal və karbon lifləri zərəcəklərin sərhəddində qırılır
Cərəyan sıxlığı	1QA/sm <sup>2</sup> qədər qiymət verilir	Mis naqillər 1MA/sm <sup>2</sup> -da yanır
Istilik keçirmə	6000 Wt/m·K qədər proqnozlaşdırılır	Təmiz almaz keçirir 3320 Wt/m·K
Termostabillik	2800°S-dək vakuumda və 750°S havada	600-1000°S-də Metal sxmlər əriyir

KNB-lərin mümkün tətbiqləri sırasına keçirici lentlərin yaradılması, günəş və yanacaq elementləri, superkondensatorlar, tranzistorlar, yaddaş cihazları, displeylər, ayırıcı membran və filtrlər, təmizləyici sistemlər, sensorlar, geyimlər və s. daxildir. Nanoborular kompozisiya materiallarının yaradılmasında geniş tətbiqini tapmışdır.

İdeal karbon nanoboru-fulleren molekulun yarısı kimi dəyərləndirilə bilən, diametri bir və ya bir neçə nanometr, uzunluğu bir neçə santimetr olan, bir və ya bir neçə silindir şəklində bükülmüş, ucları poliedr və ya yarımkürə formasında tamamlanan təkatumlu qrafit səthlərdən ibarət geniş silindrik quruluşdur. Reallıqda nanoborularda bir qayda olaraq, çoxlu sayda defektlər: əyilmə və qırılmalar olur. Bu defektli sahələrdə altı üzvlü karbon tsiklindən əlavə 5 və 7 üzvlü tsikllər də rast gəlinir. Bununla karbon atomlarının bir hissəsi  $sp_3$  hibridləşməsinə və hidrogen əlaqəsinə malik olur.



**Şəkil 25. Qrafen vərəqlərdən KNB quruluşu variantları**

Nanoborular tək və ya çox qatlı ola bilər. Nəzəriyyə cəhətdən, təbəqələrin sayı məhdud deyil, lakin ümumiyyətlə bir neçə onluqdan çox olmur. Qonşu təbəqələr arasındakı məsafələr qrafitdəki təbəqələr arası məsafəyə (0.34 nm) yaxındır, beləliklə KNB-lərin ən kiçik diametri  $\sim 0.7$  nm-dir. KNB-lərin sintezi nəticəsində, van-der-vaals qüvvələri ilə əlaqəli güclü aqreqatların (toplular, yığılmalar) meydana gəlməsi xarakterikdir. Bu vəziyyətdə fərdi nanoboruların oxları bir-birinə paralel olur.

Təkqatlı karbon nanoborularla (TKNB) müqayisədə çoxqatlı karbon nanoboruları (ÇKNB) müxtəlif formalı və konfigurasiyalı olmaqla, daha geniş yayılmışdır. Quruluşların bu müxtəlifliyi həm uzununa, həm də eninə istiqamətlərdə özünü göstərir. Çox qatlı nanoboruların eninə quruluşunun mümkün növləri arasında, koaksial olaraq bir-birinin daxilinə quraşdırılmış təkqatlı silindrik nanoborular yığımını, yəni koaksial olaraq quraşdırılmış prizmalar və toplunu qeyd etmək lazımdır. Bu və ya digər quruluşun tətbiqi nanoborunun sintez şərtlərindən asılıdır.

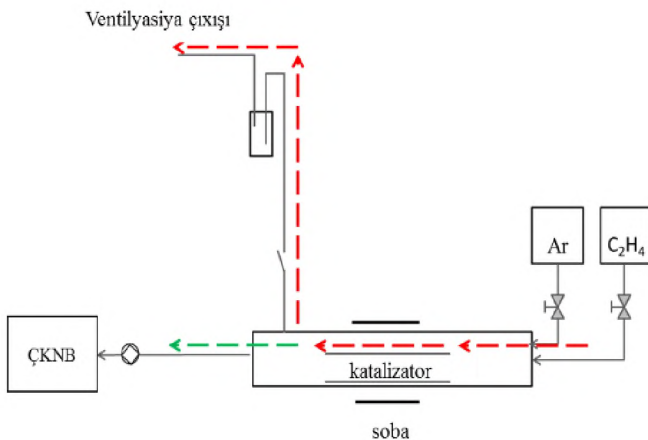
KNB-lərin tətbiqi ümumiyyətlə onların quruluşu ilə (qatların sayı, diametri, uzunluğu, xiral bucağı və s.) müəyyən edilir, bu da onlara özəl xüsusiyyətlər verir. ÇKNB-lər qrafen təbəqələrinin təşkili morfolojiyasında və səth qatının modifikasiyası metodologiyasında daha çox dəyişkənliklə xarakterizə olunduğundan, bu materiallar məzmunu ilə nanodispersiyaların, nanoemulsiyaların və bu təkbə digər kompozisiyaların yaradılması üçün daha perspektivlidir.

Çoxlaylı karbon nanoboruları (ÇKNB) kimyəvi qaz fazasının çökdürülməsilə (Chemical Vapor Deposition-CVD) katalizator olaraq ferrosen və maqnezium oksidi iştirak edən reaksiyada etilenin termal parçalanması yolu ilə əldə edilir. Proses katalizatorun da quraşdırıldığı borudan ibarət kvarts reaktorunda aparılır. Reaksiya qazları etilen / arqonun verilməsi ekvimolyar nisbətdə 750°S temperaturda 2 saat 40 dəqiqə ərzində həyata keçirilir.

Çoxlaylı karbon nanoborularının istehsalında texnoloji ardıcillıq sxematik olaraq şəkil 26-də göstərilən bir neçə bölməni özündə birləşdirir:

- avadanlıqların hazırlanması və zəruri komponentlərin quraşdırılması (katalizator / döşəmə);
- ÇKNB-nin sintezi;
- hazır məhsulun çıxarılması və qablaşdırılması.

Qurğunun məhsuldarlığı bir dövr ərzində 10 gr-dır.



**Şəkil 26. Çoxlaylı karbon nanoborularının istehsalında texnoloji ardıcılığın sxemi**

Çoxlaylı karbon nanoboruları cədvəl 21-da verilmiş tələb və standartlara uyğun olaraq istehsal olunur.

**Cədvəl 21**

**ÇKNB-nın fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri**

Göstəricilər	ÇKNB-nın fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri
Xarici görünüşü	Qara rəngli toz
Qatların sayı	8-9
Uzunluğu	>100 µm
Səth sıxlığı	190 m <sup>2</sup> /qr
Orta diametri	12-13 nm
Paylanma sıxlığı	0,056 kq/dm <sup>3</sup>
Təmizliyi, az olmadan	85 %

ÇKNB-lər 750°S-yə qədər qızdırılmış kvarts reaktorundan keçən ekvomolyar arqon/etilen və katalizator qarışığının qaz fazasından kimyəvi çökdürmə yolu (CVD) ilə əldə edilir.

Proses aşağıdakı şəkildə aparılır: boru şəkilli kvarts reaktoruna 7 daşıyıcı ilə birlikdə ferrasen-katalizator yerləşdirilir, sonra giriş - çıxış kameraları (8,11) və klapanlar (9,13,14) bağlanır, vakuüm nasosundan (16) istifadə edərək sistem sızıntıya yoxlanılır.

Hermetiklik boşaldılmadan 15-30 dəqiqə sonra vakuum manometrinin 10 göstəricilərinə əsasən qiymətləndirilir. Sınaq uğurla keçdikdən sonra reaktordakı təzyiq 13 klapanı vasitəsilə atmosfer təzyiqinə qaytarılır. Təcrübə aparmaq üçün 16 və 13 klapanlar bağlı, 9 və 14 isə açıq vəziyyətə gətirilir. Arqon qaz axını 3 tənzimləyicisi vasitəsilə reaktora verilir və 10 dəqiqədən sonra sobada 5 qızdırıcı işə salınır. Müəyyən olunmuş temperatura çatdıqdan sonra arqon/etilen reaksiya qazlarının verimləri bərabərqütblü nisbətdə tənzimlənir. Sintez 2 saat 40 dəqiqə ərzində aparılır, nəticədə substratda karbon kütləsi əmələ gəlir və soba 200°S-ə qədər soyuduqdan sonra reaktordan çıxarılır. Hazır ÇKNB-lər hermetik qaba qoyulur və sonrakı mərhələlərdə istifadə olunur.

**Çoxlaylı karbon nanoboru əsaslı polimer nanokompozitlərin tətbiqi ilə neftvermə əmsalının artırılması-** karbon nanoboruları (KNB) bir sıra unikal xassələrə malikdir: yüksək elektrikkeçiricilik və adsorbsiya xassəsi, eketronların soyuq emissiyası və qazların akkumulyasiyası, diamaqnit xassəsi, kimyəvi və termiki stabillik, deformasiyaya davamlılığı və s. Bu xassələrə malik olması karbon nanoboruların sənayenin müxtəlif sahələrində tətbiqini zəruri edir.

Neft və qaz hasilatında kompozit sistemlərin istifadəsi uzun illərdir məlumdur və onların əhatə dairəsi daim genişlənir. Nanotexnologiyanın tətbiqi, nanoölçülü hissəciklərin istifadəsi neftvermə əmsalını (NVƏ) əhəmiyyətli dərəcədə artırma bilər. Üzvi və qeyr-üzvi nanokompozit materiallar, hibrid nanokompozitlər, eyni zamanda metal və qeyri-metal nanohissəciklər sahəsində tədqiqatlar inkişaf etdirilir. Polimer əsaslı sistemlər və digər kompozit sistemlər qazma məhlullarında, neftin nəqlində və neft hasilatında əsas komponent kimi istifadə olunur.

Polimer nanokompozitlərin neftin sıxışdırılıb çıxarılmasında reagent kimi istifadəsi karboksimetil selülozun natrium duzunun özündən daha çox təsirli olduğu, eyni zamanda başlanğıc komponentlərin konsentrasiyasının düzgün seçilməsinin neftin sıxışdırılıb çıxarılmasında effektivliyin artırılması üçün həlledici rol oynadığı sübut edilmişdir.

Bu məqsədlə karboksimetilselülozun (KMS), sulfanolın (SAM) və çoxlaylı karbon nanoborunun (ÇLKNB) suda həll olunan məhlul əsasında polimer nanokompozitlərinin neftin sıxışdırılmasında reagent kimi istifadəsi üçün laboratoriya tədqiqatları həyata keçirilmişdir. Bu zaman istifadə olunan çoxlaylı karbon nanoboruların (ÇDKNB) ölçüsü Skanedici Elektron Mikroskopdan (SEM) istifadə edərək tədqiq edilmiş və diametrinin orta hesabla on doqquz-iyirmi iki nanometr, uzunluğunun isə üç-altı mikrometr olduğu müəyyən edilmişdir.

Çoxlaylı karbon nanoboru əsaslı polimer nanokompozitlərin tətbiqi ilə neftvermə əmsalının artırılması əldə edilən eksperimental məlumatlardan istifadə edərək, neft sıxışdırıb çıxarma reagenti kimi KMS + SAM + ÇLKNB məhlulunun effektiv konsentrasiyası müəyyən edilmişdir. ÇLKNB-lərin səthi karboksil qrupları tərəfindən dəyişdirilmişdir ki, bu da ona hidrofiliyyət verir. Reagentin nefti sıxışdırıb çıxarma xüsusiyyətləri bir süxur modelini təqlid edən qurğu üzərində araşdırılmışdır. Real şərtlərə mümkün qədər yaxınlaşmaq üçün Abşeron yarımadasının Bibiheybət yatağındakı quyulardan birindən nümunə kimi lay suyu, neft və qum seçilmişdir.

Süxurun modelini təqlid edən 150 sm uzunluğunda, 4.8 sm diametrlili şüşə borudan ibarət qurğu yataqdan götürülmüş 3/4 həcmdə qum ilə doldurulur. Süxurun modelinin alt hissəsində 1-2 qat metal tordan ibarət filtr quraşdırılır. Model hazırlandıqdan sonra, vertikal olaraq quraşdırılır. Daha sonra süxurun modeli lay suyu ilə hopdurulur. Qumu su ilə hopdurmaq üçün qurğu vakuumlaşdırıcı sistemə qoşulur və süxurun modelindən suyu buraxılır ( $V_{H_2O}$ ). Süxurun məsamələri su ilə doldurulur, artıq su toplanır və bir silindrdə ( $V_{\text{çix.}}$ ) ölçülür. Süxurun modelinin məsamə həcmi ( $V_{\text{məs.}}$ , ml) formulu ilə  $V_{\text{məs.}} = V_{H_2O} - V_{\text{çix.}}$  müəyyən edilir.

Sonra hazırlanmış model, yataqdan götürülmüş 10 qr neft ilə doydurulur. Hazırlanmış neftin müəyyən bir həcmi süxur modelindən keçirilir (sistem vakuum altında işləyir). Nefti boşaltmaq üçün aşağıdakı kimi hazırlanmış polimer nanokompozit istifadə olunur: 43,2 q DQT (Dizel-Qələvi Tullantıları) və 56,8 ml su qarışdırılır, 3%-li KMS (Karboksimetilselüloz) məhlulu, 0,3%-li sulfanol məhlulu

əlavə edilir, həmçinin hər biri 200 ml modifikasiya olunmuş karbon nanoboru qarışığı hazır məhlul sütuna tökülür və süzülür.

Sıxışdırılıb çıxarılmış mayenin (su və neft) toplandığı menzurkada həcm ölçülür və layın ilkin neft doyması hesablanır. Laya verilən neftlə menzurkada ölçülən neft arasındakı fərq  $V_{neft}$ -dir.

Menzurkaya sıxışdırılıb çıxarılan neftin həcmi ölçülür, sonra neftvermə əmsalı ( $NV\theta$ ,%) müəyyən edilir:

$$NV\theta = V_1 / (V_{vurulan}) \cdot 100\%, \text{ harada ki,}$$

$V_1$  – sıxışdırılıb çıxarılan neftin miqdarı, ml;

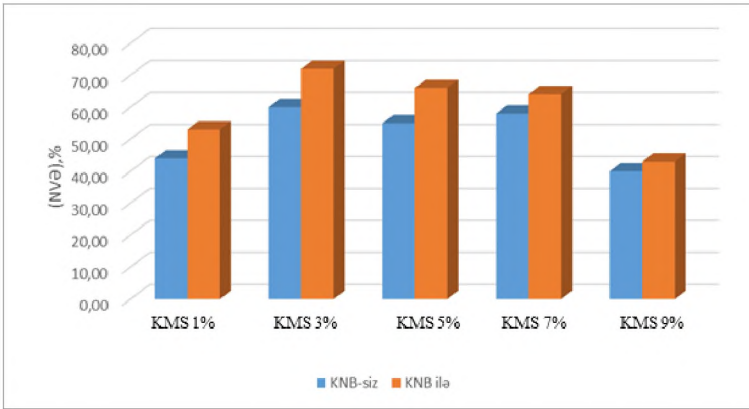
$V_{vurulan}$  – vurulan neftin miqdarı, ml.

Sıxılma mayesini süzdükdən sonra sütundan neftlə doymuş qum heksanla yuyulur. Heksan sıxışdırılmış neftlə birlikdə fırlanan bir buxarlandırıcıda (İKA RV 10) buxarlanır. Heksan çıxarıldıqdan sonra sütunda yalnız neft qalır. Təcrübələr KMS, sulfanol və ÇLKNB-nin konsentrasiyalarının dəyişdirildiyi məhlullar ilə aparılır. Ümumiyyətlə bu dəyişikliklərin məqsədi alınmış nəticələrə görə effektiv konsentrasiyanı müəyyənləşdirməkdir. Təcrübələrin nəticələri cədvəl 22 və şəkil 27-də verilmişdir. Eyni zamanda kompozitlərin müxtəlif qatılıqlarda və ÇLKNB və ÇLKNB-siz neftvermə əmsalına təsiri müqayisə edilmişdir.

## Cədvəl 22

### Müxtəlif tərkiblərin neftvermə əmsalına təsiri

Nümunə	Tərkib	KMS, qr	Sulfanol, qr	ÇLKNB, qr	Neftvermə əmsalı ( $NV\theta$ ), %
1	H <sub>2</sub> O+KMS+ Sulfanol	1,0	0,3		44
2	H <sub>2</sub> O+KMS+ Sulfanol	3,0	0,3		60
3	H <sub>2</sub> O+KMS+ Sulfanol	5,0	0,1		55
4	H <sub>2</sub> O+KMS+ Sulfanol	7,0	0,5		58
5	H <sub>2</sub> O+KMS+ Sulfanol	9,0	1,0		40
6	H <sub>2</sub> O+KMS+Sulfanol+ ÇLKNB	1,0	0,3	0,3	53
7	H <sub>2</sub> O+KMS+Sulfanol+ ÇLKNB	3,0	0,3	0,5	72
8	H <sub>2</sub> O+KMS+Sulfanol+ ÇLKNB	5,0	0,1	1,0	66
9	H <sub>2</sub> O+KMS+Sulfanol+ ÇLKNB	7,0	0,5	0,5	64
10	H <sub>2</sub> O+KMS+Sulfanol+ ÇLKNB	9,0	1,0	1,0	43



**Şəkil 27. Neftvermə əmsalının dəyişməsi**

Təcrübələrin nəticələri göstərir ki, ÇLKNB əsaslı polimer nanokompozitlərin bir reagent kimi istifadəsi neftvermə əmsalının artırılmasında effektivdir. ÇLKNB -lər səthi aktiv maddələrə amfifilik xassələri verir. ÇLKNB -lərin səthi karboksil qrupları tərəfindən dəyişdirilir, bu da hidrofiliyyət verir, daxili tərəfi isə hidrofob xüsusiyyətlərə malikdir. Karbon nanoborunun səthi aktiv maddə məhlulunda kütlənin 1.0 %-dən az miqdarda istifadəsi fazaların bölünməsinə gətirir, fazalararası gərginliyi azaldır, su-neft emulsiyasının ayrılmasını təmin edir, ardından karbohidrogen kapsullaşaraq məhluldan çıxarılır.

Prosesin həyata keçirildiyi “H.Z.Tağıyev” adına NQÇİ-nin Buzovna yatağının QUG horizontundan istismarda olan 1331 sayılı hasilat quyusu 05.09.2017-ci il tarixində perforasiya edilərək 0.6 ton neft və 4.8 m<sup>3</sup> su hasilatı ilə iş salınmışdır.

Quyudibinə daxil olan kənar su intensiv qum-gil gətirməklə quyunun istismarına mane olmuşdur. Tədbirə qədərki son 6 ay ərzində süzgəc intervalında kənar (aşağı) suya və qum təzahürünə qarşı 5 cari, 1 əsaslı təmir işləri aparılmışdır, lakin nəticəsi olmamışdır. QDZ-ın bərkidilməsi əməliyyatı tam udulma ilə müşayiət olunmuşdur.



## NƏTİCƏ

1. Neft-qaz sahəsində neftvermə əmsalının artırılması və digər problemlərin həlli istiqamətində innovasion üsullar, o cümlədən metal nanohissəciklərin və karbon nanoborularının tətbiqilə nanosistemlər işlənmiş, nanomateriallar hazırlanmışdır.
2. İşlənmiş nanosistemlərin karbohidrogen mühitinə təsiri öyrənilmiş, nanotəsirdən sonra neftin reoloji xassələrinin molekulyar quruluşun dəyişməsinə çox həssas olması və reoloji göstəricilərdə baş verən dəyişikliklərin (özlülük 29,5%, səth gərilmə 32,8% və islanma bucağı 15<sup>0</sup> azalması) neftvermə əmsalının artımına səbəb olduğu müəyyən edilmişdir.
3. Analitik tədqiqatlarla təyin edilmişdir: nanosistemlər 90-100°C qədər stabil olmaqla lay şəraitində öz xüsusiyyətlərini qoruyub saxlayır; nanosistemlərin tətbiqilə alınmış nümunələrin səthində yeni rabitə və kristal qəfəs yaranır, nanostrukturlaşma baş verir.
4. Qalıq neftin çıxarılması məqsədilə hazırlanmış nanosistem lay daxilində bərabər profilli cəbhə yaratmaqla su dillərinin yaranmasının qarşısını almış, az keçiricilikli sahələrin də işlənməyə cəlb edilməsinə şərait yaratmışdır. Nanosistemin tətbiqilə fazalararası səthi gərilmənin azalması və islanma səthinin artması neftin axıcılıq qabiliyyəti yüksəltmiş, təsir altında olan quyular üzrə neft hasilatı 15-20% artmış, çıxarılan mayədə suyun miqdarı 20-25% azalmışdır. İdarələrdə bu istiqamətdə 5 tədbir keçirilmiş, 465 ton əlavə neft hasil olunmuşdur.
5. Laydan gələn qum axınının qarşısının alınması məqsədilə nanostrukturlu tamponaj məhlulu işlənmiş, nəticədə quyudibi zonada möhkəm karkaslı keçirici təbəqə yaranmış quyuyu (adi sementləmə ilə müqaisədə əyilməyə möhkəmlik həddi 2 dəfəyədək, məsaməlik 28 %-dək, keçiricilik 30 %-dək artmış) mənimsəməyə verilmişdir. Quyuların təmirarası müddəti 70-80% və daha çox artmış, 2013-2019-cü illər ərzində NQÇİ-lərdə 47 əməliyyat aparılmış, əlavə olaraq 11.933 ton neft hasil olunmuşdur.
6. Kənar və lay sularının təcrid edilməsi üçün yüksək möhkəmlik həddinə (14,5 MPa) və minimum keçiriciliyə malik (2,4 mD), lay

sularının aqressiyasına davamlı, süxur-metal kontaktında yüksək adgeziyaya və hidrofob səthə malik süni təbəqə yaradan nanosistem işlənmişdir. Nanosistemin tətbiqlə suların selektiv təcridi təmin olunmuş, quyular üzrə gündəlik neft hasilatı artmış, çıxarılan suyun miqdarı və utilizasiya xərcləri azalmış, quyuların vaxtından əvvəl sulaşmasının qarşısı alınmış, aparılmış tədbirlər nəticəsində idarələrdə 37 əməliyyat keçirilmiş, əlavə olaraq 4.189 ton əldə olunmuşdur.

7. Quyuların lift borularında və nəql sistemlərində duzlaşmanın aradan qaldırılması istiqamətində işlənmiş nanosistemin tətbiqlə stabil kolloid məhlul yaranmış, karbonatlı duzlar həll edilmiş, duz kristalları əmələ gətirəcək ionlar təcrid edilmişdir. Boruların daxili divarlarında və avadanlığın səthində uzun müddətli təsirə malik qoruyucu təbəqənin əmələ gəlməsi aqressiv mühitin təsirini zəiflətməmiş, korroziyadan mühafizəyə nail olunmuşdur. Tətbiq müddətində və sonra təzyiq stabil qalmış, heç bir yanalma olmamışdır, 3 neftqazçıxarma idarəsində 8 tədbir aparılmış və 541 ton neft çıxarılmışdır.
8. Kəmərlərin möhkəmləndirilməsi məqsədilə işlənmiş yeni nanostrukturlu tamponaj məhlulu həcmi genişlənməsi 20-25% olmaqla, yüksək möhkəmlik və plastiklik xüsusiyyətilə xarakterizə olunur. Bu texnologiya yan lüləyə endirilmiş kəmərinin sementlənməsində tətbiq edilmişdir. Tətbiq nəticəsində sement məhlulunun keyfiyyəti yaxşılaşmış, sərbəst suyun ayrılması minimum həddə enmişdir. AKS göstəricilərinə görə süxur-sementdaşı-boru kontaktında adgeziyası yaxşılaşmış, sement məhlulunun layihədə göstərilən səviyyəyə qaldırılması təmin olunmuşdur, aparılmış 22 tədbir nəticəsində 4.254 ton əlavə neft çıxarılmışdır.
9. Qum tıxacına qarşı işlənmiş nanosistemin tətbiqi nəticəsində fazalararası səthi gərilmə 40-50 % azalmış, sürüşkənlik artmış, qum dənəcikləri arasında sürtünmə qüvvəsi minimuma enmiş, mayenin axın sürəti tənzimlənmiş və laydan gələn qumun yer səthinə qaldırılması intensivləşmişdir. Hasil olunan mayədə mexaniki qarışıqların miqdarı 2 dəfədən çox azalmış və

quyudibində qum tıxacının əmələ gəlməsi məhdudlaşmışdır. Nanosistemin tətbiqilə quyuya maye ilə təsirlərin sayı 2 dəfə, hava sərfi isə 30%-dək azalmışdır.

10. Qazma məhlulunun parametrlərinin tənzimlənməsi məqsədilə nanosistem işlənmiş və anomal lay təzyiqli geoloji kəsilişlərlə səciyyələnən yataqlarda quyuların qazılması zamanı tətbiq edilmişdir. Tətbiq nəticəsində hidravlik müqavimət əmsalı 10-15%, gil qabığının sürtünmə əmsalı 2,0-15,0 dəfə, qazma kəmərinin aşağı hissəsində və baltada kəpəcmələgəlmə 50-60% azalmış, quyular qəza və mürəkkəbləşmələr olmadan layihə dərinliyinə çatdırılmışdır.
11. Mədən avadanlıqlarının və neft-qaz borularının istismarı zamanı korroziyadan mühafizədə yeni antikorroziyon nanoörtük alınmış, nanoörtüyün tətbiqilə işlək metal avadanlıqlar daha az yeyilməyə və aşınmaya məruz qalmış, korroziya sürəti 2.7 dəfə azalmış, mühafizə effekti isə 5.5 dəfə artmışdır. Yeni polimer əsaslı nanoörtüyün neftdə və qələvi mühitdə həll olmayan, istiliyə davamlı xüsusiyyətlərə malik olduğu müəyyən edilmişdir.
12. Neft axınıni tənzimləmək məqsədilə fontan armaturunun atqı xəttinə qoyulan nanostrukturlu ştuserlər işlənmiş və lay sularının yüksək minerallaşma dərəcəsi ilə xarakterizə olunan yataqlarda tətbiq edilmişdir. Ənənəvi hazırlanan ştuserlərə nisbətən nanotəsirlə işlənən ştuserlərin möhkəmliyi 15-20% artmış, aşınmaya qarşı davamlılığı 2-3 dəfədən çox təşkil etmişdir.
13. Naqıl və ya folqa şəklində hazırlana bilən müxtəlif metal və ərintilərin geniş diapozonda nanohissəciyini əldə etməyə imkan verən texnologiya işlənmişdir. Az miqdarda inert qaz mühitində naqillərin elektrik partlayışı üsuluna əsaslanan texnoloji prosesin parametrləri və uyğun olaraq alınan materialın xassələrini dəqiqliklə tənzimləməyə imkan yaratması eyni bir qurğuda istənilən ölçülü (20-100 nm) nanohissəciklərin istehsalına nail olunmuşdur.
14. Sedimentasiyaya dayanıqlı, su mühitində modifikasiya olunmuş çoxlaylı karbon nanoboruların (ÇKNB-nin) stabil zollarının axar rejimdə ultrasəs disperqasiyasına əsaslanan üsul işlənmişdir. Bu

üsualla alınmış nanoborular aqlomerasiya olmur, uzun müddət dayanıqlı qalır.

15. Ümumilikdə nanotexnologiyaların istehsalatda tətbiqindən 2014-2019-cu illər ərzində 21.383 ton əlavə neft hasil olunmuşdur. Bu işləmələr ixtira səviyyəsində müdafiə edilmiş, patentləşdirilmiş, texnoloji cəhətdən yüksək səmərəliliyi ilə xarakterizə olunmuş, aktlaşdırılmış və əlavələrdə göstərilmişdir.

### **Dissertasiya mövzusu üzrə nəşr olunmuş işlərin siyahısı:**

1. Şamilov, V.M., Hübətov, H.H., Mürsalova, M.F., Nuriyev, N.B., Əsədov, M.F., [və b]. Fontan və kompressor quyularının istismar üsulu // Azərb. Resp. Patenti. İxtira № İ 2003 0131, Bakı:- 2003.
2. Şamilov, V.M., Şəfiyev, X.Ş., Ağabalayev, S.N., Məmmədov, K.Q., Şirinov, Ə.M., Bayramov, E.M. Lift borularında parafin çökməsinə qarşı mübarizə üsulu // Azərb. Resp. Patenti. İxtira № İ 2005 0111, Bakı:- 2005.
3. Искендеров, Д.А., Шамилов, В.М., Алиев, М.М. Об одном подходе к диагностированию необходимости проведения мероприятий по интенсификации добычи нефти // - «Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya» ETİ. XI cild. Bakı:- 2010. s.159-164.
4. Şamilov, V.M., Nəsibov, S.M., Əliyev, M.M. “Azneft” İB-də tətbiq olunan quyudibi sahəsinə təsir texnologiyalarının səmərəliliyinin təhlili. //Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı №03. Bakı:- 2011, s.26-30.
5. Искендеров, Д.А., Шамилов, В.М., Исмайлова, М.К., Мамедзаде, А.М. К определению извлекаемых запасов по характеристикам вытеснения нефти водой. // Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı №05. Bakı:- 2011, s.26-30.
6. Шамилов, В.М., Алиев, М.М. Анализ некоторых факторов, влияющих на успешность обработки призабойной зоны скважин.//Материалы Международной научно-практической конференции. Февраль 23-25. Актау:-2011.с.394-397.

7. Эфендиева, З. Дж., Шамилов, В.М., Гамишаева, М. Дж. Перспективы открытой геотехнологии разработки старых нефтяных месторождений Азербайджана. // V всероссийской молодежной научно-практической конференции. Fevral 08-01. Екатеринбург:-2011.с.380-384.
8. İskəndərov, D.A., Şamilov, V.M., Babayev, R.C., və b. Layın quyudibi sahəsinin termokimyəvi işlənmə üsulu. // Azərb. Resp. Patenti. İxtira № İ 2012 0004, Bakı:-2012.
9. Əfəndiyeva, Z.C., Əzizov, A.M., Şamilov, V.Ş., Qəmşəyeva, M.C. Neft ehtiyatlarının çıxarılmasının mövcud üsullarının təhlili və yeni üsulların işlənməsi. NQÇPK ETİ – XIII cild – Bakı:-2012.s.49-56.
10. Həsənov, Ə.A., İbrahimov, H.M., Əfəndiyeva, Z.C., Şamilov, V.M. Azərbaycanın uzun müddət işləmədə olan yataqlarından qalıq neft ehtiyatlarının çıxarılması üsulları.// Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı №5. Bakı:- 2013, s. 37-44.
11. Эфендиева, З. Дж., Шамилов, В.М., Гамишаева, М. Дж. Способ выявления структурных форм при поисках залежей нефти и газа. Проблемы геологии европейской России.// Саратовский государственный технический университет – Саратов:-2013.с.35-38.
12. Abdullayev, M.Q., Şamilov, V.M., İsmayılova, M.K., və b. Neft-qaz yataqlarının işlənməsində invert emulsiyaların istifadə perspektivliyi haqqında. // Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı № 10. Bakı:- 2013, s.21-26.
13. Şamilov, V.M., Hacıyev, E.G., Atayev, M.A., Bağırov, A.A. Neft-mədən kollektorunda duz çökməsinə qarşı nanosistemlərlə təsirin nəticələri. // Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı №11. Bakı:- 2013, s.23-28.
14. Эфендиева, З. Дж., Шамилов, В.М., Гамишаева, М. Дж. Исследование изменений геологического строения нефтяных месторождений во времени. // Горно-геологический журнал. – Казахстан:-2013 № 1÷2.с.44-47.
15. Эфендиева, З. Дж., Шамилов, В.М., Гамишаева, М. Дж. Принципы определения необходимости дальнейшей

- разработки нефтяных месторождений с применением экскавации. // Global Science and Innovation, December 17-18th, Chikago, USA:-2013.p.467-471.
16. Şamilov, V.Ş., Əfəndiyeva, Z.C., Həmşəyeva, M.C. Qalıq neft ehtiyatlarının çıxarılması üsullarının işlənməsi. // NQÇPK ETİ – XIV cild. Bakı:-2013.s.40-46.
  17. Hüseynov, Ş.Ş., Şamilov, V.M., Abdullayev, M.Q, İsmayılova, M.K. Quyudibi zonanın təmizlənməsində yeni üsulların tətbiqinin perspektivliyi. // Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı №6. Bakı:-2014, s.30-34.
  18. Şamilov, V.M, Quliyev, İ.B., Səfərov, Y.O., [və b]. Laydan gələn qum axınına qarşı bərkidici nanosistemin işlənməsi və tətbiqi. // Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı №11. Bakı:- 2014, s.25-29.
  19. Шамилов, В.М., Эфендиева, З. Дж., Гамишаева, М. Дж. Извлечение углеводородов из насыщенных песков.// Международный научно-исследовательский журнал, ISSN 2303-9868, №10 (29) Екатеринбург:-2014 с.84-87.
  20. Shamilov, V.M., İskandarov, D.A., Afandiyeva, Z.J. Investigation of influence of oil content and heavy components on the oil recovery.// Materials of the VI International Research and Practice Conference “Science, Technology and Higher Education”, November 12th-13th, Westwood, Canada:- 2014, p. 426-431.
  21. Shamilov, V.M., Gadzhieva, N.M., Babayev, E.R., Ismaylova, M.K. Investigation of the effect of nanoparticles on nanosystems' rheological parameters. // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Scientific Journal, №11-12, November-December, Vienna:-2014.p.24-27.
  22. Şamilov, V.M. Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətində nanotexnologiyalar. // Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Beynəlxalq Ekoenergetika Akademiyası. Oktyabr 21-22. Bakı:-2014. s.
  23. Afandiyeva, Z.J., Shamilov, V.M., Gamashaeva, M.J. Study of oil composition influence on oil recovery. // Al-Azhar University Engineering Journal, JAUES, Vol.9, No.5, Decabr:-2014.p.1-5.

24. Şamilov, V.M., İsmayılova, M.K., Əliyev, K.M.C. Qoruyucu örtük üçün kompozisiya. // Azərb. Resp. Patenti. İxtira № İ 2015 0031, Bakı:- 2015.
25. Şamilov, V.M., İsmayılova, M.K., Əliyev, K.M.C., Bağır-Pur, S.T. Qoruyucu örtük üçün kompozisiya. //Azərb. Resp. Patenti. İxtira № İ 2015 0038, Bakı:- 2015.
26. Shamilov, V.M. The prospects of applications of Al and Cu nanostructured sodium carboxymethylcellulose for oil production. // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Scientific Journal, №1-2, January-February, Vienna:-2015. p.36-42.
27. Эфендиева, З. Дж., Шамилов, В.М., Гамишаева, М. Дж. Способ шахтной разработки нефтяных месторождений Азербайджана. // X Международная научно-практическая конференция: Научные перспективы XXI века. Апрель 17-18. Новосибирск:-2015.с.88-90.
28. Шамилов, В.М. Наноструктуры на основе высокомолекулярных анионоактивных поверхностно-активных веществ и их применение.// Территория нефтегаз № 12, Москва:-2015.с.128-133.
29. Шамилов, В.М., Бабаев, Е.Р. Разработка многофункциональных композиционных смесей на основе водорастворимых ПАВ, полимеров и металлических нанопорошков в качестве агентов вытеснения нефти. // Территория нефтегаз № 6, Москва:-2016.с.60-64.
30. Şamilov, V.M., Abdullayev, A.İ., Vəliyev, R.V. // Nanosistemin tətbiqilə qalıq neftin çıxarılması. Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı №6. Bakı:-2016, s.58-62.
31. Shamilov, V.M. The role of nanosystems in oil and gas production. // Journal of Nanomedicine & Nanotechnology, October Volume 7, , Issue 5 ISSN: 2157-7439. Italia:-2016. p.24.
32. Şamilov, V.M., Babayev, E.R., Kəlbəliyeva, E.S., Şamilov, F.V. Polymer nanocomposites for enhanced oil recovery. // Materials Today: Proceedings 4 S70-S74. Almaniya:-2016.p-70-74.

33. Шамилов, В.М., Бабаев, Э.Р., Алиева, Н.Ф., Шамилов, Ф.В. Наноструктурный биоцидный композит для нефтяной промышленности. // NQÇPK ETİ. Bakı: - 2016.с.119-123.
34. Şamilov, V.M., İsmayılov, F.S., Quliyev, İ.B. Yüngülləşdirilmiş tamponaj məhlulu. // Azərb. Resp. Patentİ. İxtira № İ 2016 0087, Bakı:- 2016.
35. Şamilov, V.M., Abdullayev, A.İ., Hacıyev, E.G. Neft hasilatında duz çökməyə qarşı tərkib. // Azərb. Resp. Patentİ. İxtira № İ 2017 0066, Bakı:- 2017.
36. Шамилов, В.М., Сафаров, Я.О., Шамилов, Ф.В. Изоляция посторонних вод с помощью наноструктурированного пеноцементного раствора. // Территория нефтегаз № 1-2, Москва:-2017, с.52-57.
37. Шамилов, В.М., Бабаев, Э.Р., Алиева, Н.Ф. // Полимерные нанокompозиты на основе карбоксиметилцеллюлозы и наночастиц Al и Cu для увеличения добычи нефти. Территория нефтегаз № 3, Москва:-2017, с.14-18.
38. Шамилов, В.М., Бабаев, Э.Р., Алиева, Н.Ф., Шамилов, Ф.В., Велиев, Ф.Ф. Изменение реологических свойств нефти под воздействием полимерных нанокompозитов. // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. Москва:-2017.с.23-26.
39. Shamilov, V.M. The role of nanoparticles in nanosystems implemented in the oil industry. // World Congress on Nanoscience and Nanotechnology, Oktabr 16-17, Dubai, UAE:- 2017.p.64.
40. Shamilov, V.M., Neft sənayesində nanotexnologiyaların tətbiqi və perspektivi. //Innovations forum Carbon-Nano qoes makro.Oktyabr 25-26Almaniya,Nürnberg:-2017.
41. Əliyev, F.Q., Şamilov, V.M., Xəlilova, H.X. Abdullayev, A.İ. [və b.].TiO<sub>2</sub> nano katalizatorunun tətbiqi ilə neft sənayesinin tullantı sularının neft və neft məhsullarından təmizlənməsinin tədqiqi. // “Ekoenergetika” jurnalı Dekabr №4. Bakı:- 2017.s.5-11.
42. Həbibov, İ.Ə., Şamilov, V.M., Hüseynova, V.Ş., Şamilov, F.V. Neft-qaz-mədən avadanlıqlarının istismar göstəricilərinin



- yüksəldilməsində nanotexnologiyaların tətbiqinin müasir vəziyyəti və inkişaf perspektivləri. // Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı №2. Bakı:-2018, s.32.37.
43. Шамилов, В.М. Развитие нанотехнологий в нефтяной промышленности. // Нефть-Газ. Новации №1 Самара:- 2018, с.16-23.
  44. Shamilov, V.M. Nanotechnology in oil recovery. // 8<sup>th</sup> NRW Nano Conference Innovations in Materials and Applications, Noyabr 21-22. The Dortmund Congress Centre. Almaniya:-2018. p.65.
  45. Shamilov, V.M. The role of nanosystems in oil and gas production. // 5<sup>th</sup> Global Nanotechnology Congress and Expo, December 03-05, Valencia, Spain:-2018.
  46. Shamilov, V.M., Babayev, E.R. Polymer nanocomposites for enhanced oil recovery. // 22<sup>th</sup> Edition of International Conference on Nano Engineering & Technology, December 10-11, Rome, Italy:-2018.
  47. Shamilov, V.M., Abdullayev, A.İ. The role of nanosystems in oil and gas production. //“Neftqazçıxarmada innovativ texnologiyaların və tətbiqi riyaziyyatın müasir problemləri” Akademik Azad Xəlil oğlu Mirzəcanzadənin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransın materialları. Dekabr 13-14, Bakı:-2018, s.553-557.
  48. Şamilov, V.M., Babayev, E.R. Биоцидная композиция на основе наночастиц меди для нефтяной промышленности. // SOCAR Proceedings №1, Baku:-2019 s.46-50.
  49. Şamilov, V.M., Babayev, E.R., Şamilov, F.V. Исследование возможности применения многофункциональной композиции на основе наночастиц алюминия в качестве средства борьбы с бактериальной коррозией. // Территория нефтегаз .Март № 3. Москва:- 2019.с.18-22.
  50. Həbibov, İ.Ə., Şamilov, V.M., Kərimov, M.A., Şamilov, F.V. Mərkəzdənqaçma elektrik dalma nasos qurğularında flans-gövdə qovşaqlarındakı yivli birləşmələrin resurslarının yüksəldilməsi. // Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı №1. Bakı:- 2019, s.71-75.

51. Дышин, О.А., Габитов, И.А., Шамилов, В.М. Структура межфазных областей в полимерных нанокompозитах. // Вестник ПНИПУ. Механика №3, Москва:-2019.с.162-167.
52. Şamilov, V.M., Babayev, E.R., Əliyeva, N.F., Şamilov, F.V. Biosid kompozisiya. // Azərb. Resp. Patenti. İxtira № I 2019 0005, Bakı:- 2019.
53. Shamilov, V.M. Nanocomposites for enhanced oil recovery. // Nanomaterials and Nanotechnology. April 25-26, Rome, Italy:- 2019. p.8-11.
54. Valiyev, F.Q., Shamilov, V.M., Garajayev, B.G. Synthesis and Characterization of (11-(Anthra [2,3-B] Thiopen – 2 – yl) Undecyl) Trichlorosilane. // 3<sup>rd</sup> International Conference on Innovations in Natural Sciences and Engineering (ICINSE 2019) 25-29 Sakarya, Turkey, October:- 2019. p.10-12.
55. Valiyev, F.Q., Shamilov, V.M., Abdullayev, A.I. Corrosion Protection by Epoxy Coating Containing Multiwalled Carbon Nanotubes. // 3<sup>rd</sup> International Conference on Innovations in Natural Sciences and Engineering (ICINSE 2019) 25-29 Sakarya, Turkey. October:- 2019. p.10-12.
56. Шамилов, В.М. Полимерные нанокompозиты на основе многостенных углеродных нанотрубок в качестве реагента для повышения коэффициента нефтеотдачи.// НефтеГазоХимия №1, Москва:-2020, с.34-37.
57. Shamilov, V.M. Modified nanomaterials for the oil industry. // 11th German-International Symposium on Nanostructures March 1-3, Wenden/Olpe, Germany:-2020.p.10-12.
58. Шамилов, В.М. Повышение износостойкости керамических штуцеров для добычи нефти с помощью наноструктурирования. // Территория нефтегаз. Июнь № 5-6, Москва:-2020.с.56-61.
59. Шамилов, В.М. Перспективы применения углеродных наноматериалов в нефтедобыче. // SOCAR Proceedings №3 Bakı:-2020.с.90-107.
60. Nəbibov, İ.Ə., Şamilov, V.M., Nəciyev, E.G., Rüstəmov, K.B. Nanostrukturlu keramik stuserlərin hazırlanma texnologiyasının

- işlənməsi və tətbiqinin nəticələri. // Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı №8. Bakı:- 2020, c.34.39.
61. Lətifov, Y.A., Həbibov, İ.Ə., Şamilov, V.M., Vəliyev, N.A., Quliyev İ.B. Keramik Ştuser üçün tərkib. // Azərb. Resp. Patenti. İxtira № İ 2020 0077, Bakı:- 2020.
  62. Shamilov, V.M. Multi-Walled Carbon Nanotubes Based Polymer Nanocomposites as a Reagent for Enhanced Oil Recovery. // 10<sup>th</sup> Global Nanotechnology Congress and Expo November 23-24, Frankfurt, Germany:-2020.p.8-11.
  63. Шамилов, В.М., Бабаев, Э.Р., Гаджиев, Э.Г., Артюха, Е.А.[и др.]. Исследование теплоотводящих свойств наносuspензий с содержанием многостенных углеродных нанотрубок. // Нефтегазохимия №3-4. Москва:-2021.с.15-20,
  64. Shamilov, V.M.Potential applications of carbon nanomaterials in oil recovery. // Global Conference on Materials Science & Engineering. August 26-28. Paris, France:-2021.p.8-11.
  65. Шамилов, В.М. Получение модифицированных многостенных углеродных нанотрубок и их применение для интенсификации нефтедобычи. // SOCAR Proceedings №1 Baku:-2022.с.82-85(5).

Na. Guly

Dissertasiyanın müdafiəsi **01 dekabr** 2023-cü il tarixində saat 11<sup>00</sup>-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.03 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, Azadlıq pr.20

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat **20** oktyabr 2023-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 16.10.2023

Kağızın formatı: A5

Həcm:77290

Tiraj:80