

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## NEFTİN EMALİ ZAMANI YARANAN MÜRƏKKƏBLƏŞMƏLƏRƏ QARŞI NANOTEKNOLOGİYANIN TƏDQIQI VƏ TƏTBİQI

İxtisas: 2314.01 - Neft kimyası

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Nurlan Nazim oğlu Xəlilov**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş  
dissertasiyanın

### **AVTOREFERATI**

**Bakı – 2024**

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətinin “Neftqazəlmütədqiqatlayihə” İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər: texnika elmləri doktoru, professor  
**Eldar Qəşəm oğlu Şahbazov**

kimya elmləri doktoru, professor  
**Xudayar İsmayıl oğlu Həsənov**

Rəsmi opponətlər: texnika elmləri doktoru, professor  
**Fariz Əli oğlu Əmirli**  
texnika elmləri doktoru, dosent  
**Yulduz Böyük Ağa qızı Ramazanova**  
texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Elgün Kamil oğlu Həsənov**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:



kimya elmləri doktoru, akademik  
**Vaqif Məcid oğlu Fərzəliyev**

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

texnika elmləri doktoru, dosent  
**Zaur Zabil oğlu Ağaməliyev**

Elmi seminarın sədri:

texnika elmləri doktoru, dosent  
**Məhəddin Fərhad oğlu Abbasov**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Neftin emalı zamanı yaranan mürəkkəbləşmələrin aradan qaldırılması üçün effektiv yeni tərkibli kompozisiyaların hazırlanması və reagentlərin alınması, daha perspektivli texnologiyaların işlənilməsi vacib problemlərdən biridir. Hal-hazırda mövcud mürəkkəbləşmələrin aradan qaldırılması üçün müxtəlif üsulların olmasına baxmayaraq bu problem aktual olaraq qalır. Mədənlərdə istehsal olunan neftlərin hazırlanmasında və zavodda növbəti emal mərhələsində iqtisadi cəhətdən səmərəli, yüksək keyfiyyətli və universal xassəli reagentlərin sənayedə tətbiqi mühüm əhəmiyyətə malikdir<sup>1</sup>.

Emal zamanı avadanlıqlarda duz çöküntülərinin toplanması prosesində yaranan problemlərin tam aradan qaldırılması üçün müasir dövrdə tətbiq edilən reagentlər az səmərəli olduğundan, digər tərəfdən xarici ölkələrdən alınan inhibitorların qiymətə bəla olması yeni duzçökmə, korroziya inhibitorlarının və deemuqatorların işlənilməsini aktual etmişdir<sup>2</sup>.

Belə ki, neftin çıxarılması və emalı zamanı yaranan mürəkkəbləşmələrin aradan qaldırılması üçün yeni reagentlərin, kompozisiyaların və texnologiyaların işlənilib hazırlanması daima nəzarətdə olan problemlərdəndir. Hal-hazırda çətin həllolma qabiliyyətinə malik olan duzların çökmə prosesinin qarşısının alınması üçün tətbiq olunan məlum vasitələr müasir tələblərə cavab vermir. Yaranan duz çöküntülərini kimyəvi xassələrinə görə qruplaşdırıb təhlil etsək görərik ki, bütün duzlar müxtəlif tərkiblərə malik olduqları kimi əmələgəlmə səbəbləri də müxtəlifdir. Ona görə də duzçökmə prosesini elmi surətdə araşdırıb, yaratdığı mürəkkəbləşmələrin aradan qaldırılması üçün yeni inhibitorların işlənilməsinin nə dərəcədə vacib olduğu aktual problemlərdəndir.

---

<sup>1</sup> Abbasov, V.M. Study of the effectiveness of a mild steel corrosion inhibitor in H<sub>2</sub>S medium / V.M.Abbasov, N.I.Mursalov, D.B.Aghamaliyeva [et al.] // Processes of petrochemistry and oil refining. – 2024. Vol.25, No.2, – p. 366-375.

<sup>2</sup> Səfərov, Q.İ. Neft və qaz emalının texnologiyası / Q.İ.Səfərov, A.S.Məmmədov. – Bakı: “Maarif”, – 2000. – 464 s.

Neft sənayesinin əsas problemlərindən biri də çıxarılan neftin çox hissəsinin su-neft emulsiyasından ibarət olmasıdır. Suyun və mexaniki qarışıqların emulsiyanın tərkibində çox olması nəql zamanı bir çox çətinliklər yaradır. Bu isə neftin maya dəyərinin yüksək olmasına səbəb olur. Mürəkkəbləşmələrə səbəb olan emulsiyaların daha davamlı olduğunu nəzərə alaraq onların reagentsiz parçalanmasını təsəvvür etmək mümkün deyil. Deməli davamlı neft-su emulsiyalarının emalı zamanı universal xassəli reagentlərdən istifadə etməklə yeni texnologiyanın işlənilməsi öz aktuallığını həmişə saxlayır. Bu məqsədlə yeni kompozisiyaların hazırlanması üçün idxal olunan komponentlərin baha olması səbəbindən tətbiq olunan reagentlərin maya dəyəri yüksək olur. Ona görə də elmin inkişafının son nailiyyətlərindən biri olan – nanohissəciklər və onların əsasında hazırlanmış kompozisiyaların neft sənayesinə transformasiyası zəruri olmuşdur. Hal-hazırda elə fəaliyyət sahəsi yoxdur ki, orada nanotexnologiya tətbiq olunmasın. Neftin emalı prosesində yaranan mürəkkəbləşmələrin son dövrlərdə aradan qaldırılması zamanı nanotexnologiyanın tətbiqi daha effektiv hesab edilir. Hal-hazırda nanotərkibli reagentlərin çəşidi daha sürətlə artmaqdadır.

Neft emulsiyalarının susuzlaşdırılması və duzsuzlaşdırılması prosesində nanokompozit tərkibli daha səmərəli deemulqatorların işlənilib hazırlanması və tədqiqi aktual məsələlərdən biridir. Neftin emalı zamanı yaranan mürəkkəbləşmələrin aradan qaldırılması üçün nanotexnologiyanın tətbiq edilməsi sonrakı nəql və emal üçün qoyulan tələblərə müvafiq hazırlanan neftin keyfiyyətinin artırılmasına imkan verə bilər.

Bunu nəzərə alaraq ucuz və asan başa gələn səthi-aktiv maddələr (SAM) və alüminium nanotozlardan istifadə etməklə tam yeni nanotərkibli kompozisiyaların hazırlanması böyük əhəmiyyət kəsb edir.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Dördlü aminlər, SAM və nanotozlar əsasında nanotərkibli kompozisiyaların işlənilməsi və tədqiq edilməsi tədqiqat obyektı kimi götürülmüşdür. Tədqiqatın predmeti isə nanotərkibli kompozisiyalardan istifadə etməklə yüksək deemulqator və inhibitor xassələrinə malik reagentlərin hazırlanmasıdır.

### **Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.**

Neftin emalı zamanı yaranan müxtəlif növ mürəkkəbləşmələrin aradan qaldırılması məqsədilə yeni universal xassəli sabit və kompozit tərkiblərin işlənməsi və tətbiqidir. Qarşıya qoyulan problemi həll etmək üçün aşağıda qeyd edilən məsələlər həll edilmişdir:

- dördlü aminlər əsasında yeni baza reagentlərinin alınması və tədqiqi;
- müxtəlif mənşəli (karbonat, sulfat və s.) duzların çökməsinin qarşısını almaq üçün sabit tərkibli reagentlər və nanokompozit inhibitorların işlənilməsi;
- neftin kompleks susuzlaşdırılması və duzsuzlaşdırılması üçün yeni deemulqatorun işlənilməsi;
- neftin kompleks susuzlaşdırılması və duzsuzlaşdırılması üçün yeni nanodeemulqatorların işlənilməsi.

**Tədqiqat metodları.** Dissertasiya işində hazırlanmış kompozisiyaların quruluş və xassələrinin tədqiqində müasir fiziki-kimyəvi tədqiqat üsullarından istifadə edilmişdir. Kompozisiyaların və bəzi dördlü üzvi aminlərin infraqırmızı-spektrləri vazelinli və ya flüorlu yağ suspenziyasında, eləcə də KBr-də tabletlər hazırlamaqla Thetmoscientific, Nicoletis 10 və Bruker IFS-113V spektrometrlərində çəkilmişdir.

Hazırlanmış kompozisiyaların kinematik, dinamik özlülükləri və sıxlıqları müasir tipli “Anton Paar” markalı “StabingerViscometer-SVM 3000” cihazı vasitəsilə təyin edilmişdir. Həmçinin müxtəlif fiziki tədqiqat üsullarından istifadə etməklə kompozisiyaların donma temperaturu, pH-hidrogen göstəricisi, neftdə suyun, mexaniki qarışıqların və xlorid duzlarının və nümunələrin tərkibindəki ionların miqdarı təyin edilmişdir.

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

- duzçökməyə qarşı inhibitorlar;
- duzçökməyə qarşı nanokompozit inhibitorlar;
- neftin kompleks susuzlaşdırılması və duzsuzlaşdırılması üçün deemulqator;
- neftin kompleks susuzlaşdırılması və duzsuzlaşdırılması üçün nanodeemulqatorlar.

### **Tədqiqatın elmi yeniliyi.**

- Müxtəlif mənşəli (karbonatlı, sulfatı və s.) duzların çökməsinin qarşısını almaq üçün sabit tərkibli reagentlər sintez edilmişdir;
- Duzların çökməsinin qarşısını almaq üçün nanokompozit inhibitorlar işlənmişdir;
- Neftin kompleks susuzlaşdırılması və duzsuzlaşdırılması üçün yeni deemulqator işlənmişdir;
- Neftin kompleks susuzlaşdırılması və duzsuzlaşdırılması üçün yeni nanodeemulqatorlar işlənmişdir.

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

“Neft Daşları” Neft-Qaz Çıxarma İdarəsinin (NQÇİ)-nin Əmtəə çənləri parkında (ƏÇP) neftin hazırlanması üçün nanotərkibli kompozisiya kimi “NTK” markalı deemulqatorun tətbiqindən sonra neft maye və mexaniki qarışıqlardan daha sürətlə təmizlənmiş, deemulqator sərfi daha az olmuşdur. Belə ki, bundan əvvəl istifadə olunan “Sarol” deemulqatorunun 1 ton neftə sərf norması 30 qram, “NTK” markalı deemulqatorun isə 1 ton neftə sərf norması 25 qram təşkil etmişdir. “Neft Daşları” NQÇİ-də orta hesabla sutkada 3000 ton neft emal edildiyini nəzərə alsaq yüksək iqtisadi səmərənin əldə edilməsinə nail olunmuşdur.

“Neft Daşları” NQÇİ-nin Palçıq Pilpələsi yatağında məhsulu emulsiyalı olan 1302, 1309, 1284 sayılı quyuların quyudibi zonasında “NTK” markalı deemulqatorun tətbiqindən sonra emulsiyanın parçalanması, mayenin daha yaxşı süzülməsi nəticəsində 240 ton əlavə neft hasil olunmuşdur.

Neft emulsiyasının susuzlaşması, duzsuzlaşması əməliyyatlarını aparmaq üçün SAM, həlledicilər və nanotozlar əsasında işlənib hazırlanmış “NTK” markalı nanodeemulqatorun mədən şəraitində tətbiqləri nəticəsində hazırlanan neftin keyfiyyət göstəriciləri AZS 115-2004-ün tələblərinə uyğun olmuş və I qrup neft kimi qiymətləndirilmişdir.

Yeni hazırlanmış nanokompozisiyanın tətbiqi haqqında aktlar dissertasiyaya əlavə edilmişdir.

“Mineral duzçöküntü inhibitorunun alınması üsulu” Azərbaycan Respublikasının İ 2022 0038 sayılı patenti ilə qorunur.

**Aprobasiyası və tətbiqi.** Dissertasiyanın əsas nəticələri 21 elmi

nəşrdə öz əksini tapmışdır. Onlardan 10-u məqalə, 10-u konfrans materialı və tezis, 1-i isə Azərbaycan Respublikasının patentidir.

Dissertasiyanın materialları məruzə və müzakirə edilmişdir:

Akdeniz uluslararası multidisipliner çalışmalar kongresi, (Mersin, Türkiyə, 1-3 mart, 2019); Булатовские чтения, Материалы III Международной научно-практической конференции, (г. Краснодар, Россия, 31 марта 2019 г.); Булатовские чтения, Материалы IV Международной научно-практической конференции, (г. Краснодар, Россия, 31 марта 2020 г.); International Conference on Actual Problems of Chemical Engineering, (APCE-2020, Baku, Azerbaijan, december 24-25, 2020); Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların III beynəlxalq elmi konfransları, (18-29 aprel 2022, Bakı, Azərbaycan); Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş “Kimya və kimya texnologiyası” mövzusunda doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların Respublika Elmi Konfransı, (Bakı, Azərbaycan, 18-19 may 2022); Булатовские чтения, Материалы VII Международной научно-практической конференции, (г. Краснодар, Россия, 31 марта 2023 г.); Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin 100-illik yubileyinə həsr edilmiş “Heydər Əliyev və Azərbaycan neft strategiyası: Neft-qaz geologiyası və geotexnologiyalarında irəliləyişlər” mövzusunda beynəlxalq elmi-praktiki konfrans, (Bakı, Azərbaycan, 23-26 may, 2023-cü il); “Kimya və kimya texnologiyasında müasir yanaşmalar” mövzusunda Respublika elmi konfransı, (Bakı, Azərbaycan, 14 dekabr 2023-cü il).

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.** Təqdim edilmiş dissertasiya işi SOCAR-ın «Neftqaz elmi-tədqiqatlayihə» İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

**Müəllifin şəxsi iştirakı.** Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsində, işin planlaşdırılmasında, ədəbiyyat materiallarının toplanmasında, əsas eksperimental tədqiqatların, o cümlədən məqalə, tezis və dissertasiyanın yazılmasında müəllif şəxsən özü iştirak etmişdir.

**Dissertasiyanın həcmi və quruluşu.** Dissertasiya işi giriş, 3 fəsildən, 141 adda ədəbiyyat siyahısı və 2 əlavədən ibarətdir. İş 151

səhifədə ifadə olunub, 23 cədvəl, 43 şəkil, 2 sxem vardır. Dissertasiya işi cədvəllər, şəkillər, sxemlər və ədəbiyyat siyahısı istisna olmaqla ümumilikdə 192300 işarədən (giriş 10949, I fəsil 61644, II fəsil 105040, III fəsil 11937 və nəticə 2768 işarə) ibarətdir.

Dissertasiyanın **giriş** hissəsində mövzu üzrə aparılmış tədqiqatların aktuallığı əsaslandırılmış, işin elmi yenilikləri, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar və qoyulmuş məsələlərin həlli üsulları şərh edilmişdir.

**Birinci fəsil**də neftin emalı zamanı yaranan mürəkkəbləşmələrin əmələgəlmə səbəbləri, onlara qarşı mübarizə üsulları, mövcud olan problemlərin həllinə dair Respublika, yaxın və uzaq xaricdə son 10-15 ildə nəşr edilmiş elmi əsərlər şərh olunmuşdur. Emal zamanı duzçökmənin yaranma səbəbləri və su-neft emulsiyalarının deemulsasiyası haqqında məlumatlar geniş araşdırılmışdır. Duzçökmənin qarşısını almaq və su-neft emulsiyalarının parçalanması üçün işlənilib hazırlanmış yeni reagent və kompozisiyaların tərkibi, alınma texnologiyası, onların təsir mexanizmi haqqında məlumat verilmişdir.

**İkinci fəsil** neftin emalı zamanı mürəkkəbləşmələrə qarşı yeni reagent və nanokompozisiyaların işlənilib hazırlanmasına, onların fiziki-kimyəvi xassələrinin təyininə, alınan reagenlərin müqayisəli şəkildə duz çöküntülərinə qarşı təsir dinamikasının öyrənilməsinə, laboratoriya sınaq nəticələrinə həsr edilmişdir.

**Üçüncü fəsil**də işlənib hazırlanmış yeni nanokompozisiyanın mədən sınaqlarının nəticələri verilmişdir.

“Neft Daşları” NQÇİ-nin Əmtəə çənləri parkında neftin hazırlanması üçün “NTK” markalı deemulqatorun tətbiqindən sonra neft maye və mexaniki qarışıqlardan daha sürətlə təmizlənmiş, deemulqator sərfi daha az olmuşdur. Belə ki, bundan əvvəl istifadə olunan “Sarol” deemulqatorunun 1 ton neftə sərf norması 30 q, “NTK” markalı deemulqatorun isə 1 ton neftə sərf norması 25 q təşkil etmişdir. “Neft Daşları” NQÇİ-də orta hesabla sutkada 3000 ton neft emal edildiyini nəzərə alsaq yüksək iqtisadi səmərənin əldə edildiyi hiss olunacaq dərəcədədir.

“Neft Daşları” NQÇİ-nin Palçıq Pilpiləsi yatağında məhsulu emulsiyalı olan 1302, 1309, 1284 sayılı quyuların quyudibi zonasında



“NTK” markalı deemulqatorun tətbiqindən sonra emulsiyanın dağılması və mayenin daha yaxşı süzülməsi nəticəsində 240 ton əlavə neft hasil olunmuşdur.

Aparılmış sınaqlar müsbət qiymətləndirilmiş və yeni texnologiya ilə hazırlanmış neft AZS 115-2004-ün tələblərinə tam cavab vermişdir.

Yerinə yetirilmiş dissertasiya işi nəticələr, istinad olunmuş ədəbiyyat mənbələrinin siyahısı və əlavələr ilə yekunlaşır.

## İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

### **Kompozisiya xarakterli deemulqatorların alınması və tədqiqi.**

Su-neft emulsiyalarını dərin susuzlaşdırmaq və duzsuzlaşdırmaq üçün etilen- və propilen oksidlərinin etilenqlikol əsasında blok birgə polimeri kimi Laprol 4202-2B-30-dan (TY 2226-039-05766801-2000) tərkib hazırlanmasında istifadə edilmişdir. Bir çox həlledicilərdən laprolun həlledicisi kimi istifadə olunmuşdur, lakin metanoldan (ГОСТ 2222-95) və ya izopropil spirtindən (ГОСТ 9805-84) istifadə etdikdə daha effektiv nəticə alınmışdır.

Su-neft emulsiyalarının deemulsasiyası üçün SAM kimi Laprol 4202-2B-30, həlledici kimi metil və ya izopropil spirti və ümumi kütlənin 2 %-i qədər pentaetilenheksamın əlavə edilmiş maddə şərti olaraq pentaetilenaminlaprol (PENAL) adlandırılmışdır.

PENAL deemulqatorunun 20 °C-də sıxlığı 0,9311 q/sm<sup>3</sup>, kinematik özlülüyü 22,663 mm<sup>2</sup>/s, dinamik özlülüyü 21,102 mPa·s, donma temperaturu mənfi 15 °C-dən aşağı, hidrogen göstəricisi 10,4 olmuşdur. Deemulqator şəffaf rəngli mayedir.

Neftin deemulsasiyası zamanı neft emulsiyasını daha effektiv parçalamaq, duzsuzlaşdırmaq xassəsinə malik reagentlər alınmışdır. Yeni effektiv kompozisiyanın hazırlanmasında qeyri-ionogen tipli Laprol 4202-2B-30-dan, alüminium nanotozundan, mineral turşuların dördlü üzvi amin kompleks duzlarından əlavələr kimi istifadə edilmişdir. Bu zaman daha çox neftdə həll olan reagentlərə üstünlük verilmişir. Belə ki, baza deemulqatoru olan PENAL deemulqatoruna 0,005 % (kütlə ilə) miqdarında, ölçüsü 90-110 nm olan alüminium nanotozu (L-ALEX 90-110 nm) (TY 1791-003-36280340-2008) əlavə etməklə yeni hazırlanmış tərkib şərti olaraq nanotərkibli kompozisiya - “NTK” adlandırılmışdır.

NTK kompozisiyasının 20 °C-də sıxlığı 0,9245 q/sm<sup>3</sup>, kinematik özlülüyü 20,545 mm<sup>2</sup>/s, dinamik özlülüyü 18,993 mPa·s, donma temperaturu mənfi 13 °C-dən aşağı, hidrogen göstəricisi 10,4 olmuşdur. Kompozisiya şəffaf rəngli mayedir.

## **Mineral duz çöküntü inhibitorunun alınması üsulları**

Mineral duz çöküntülərinin inhibitorlarının alınma üsulu müxtəlif sinif üzvi aminlərin 85 %-li ortofosfat turşusu ilə qarşılıqlı təsirinə əsaslanmışdır. Sintezdə ГOCT 6552-80-ə uyğun ortofosfat turşusu istifadə olunmuşdur.

Sintezdə mono-, di-, tri-etanolaminlər, etilendiamin və tetrametiletildiamin azot tərkibli birləşmə kimi istifadə olunmuşdur.

Ortofosfat turşusunun bir çox duzları neft sənayesində müxtəlif məqsədlər üçün istifadə edilir. Mövcud problemin həlli üçün bizim tərəfimizdən təklif olunan yeni tərkib üzvi aminlərin ortofosfat turşusu ilə əmələ gətirdiyi dördlü amin kompleks duzlarına aiddir. Bu tip reagentlərdən müəssisələrin su dövretmə sistemlərinin, neft-mədən avadanlığının və nəql borularının mineral çöküntülərindən, korroziya və bioloji zədələnmələrdən mühafizəsi üçün inhibitor kimi istifadə oluna bilər.

Bu inhibitoru digər analoqlarından fərqləndirən cəhətləri əlavə toksiki maddə istifadə etmədən tullantısız üsulla sintezinin işlənilməsi və məqsədli məhsulun daha sadə yolla alınmasıdır.

Minerallaşmış mühitlərdə işləyən mineral duz çöküntü inhibitorunun alınması üsulu azot tərkibli üzvi birləşmələrin 85 %-li ortofosfat turşusu ilə qarşılıqlı təsirdən ibarətdir. Təklif olunan yeni inhibitorun alınması iki mərhələdə həyata keçirilir. Azot tərkibli üzvi birləşmə kimi sintezin əvvəlində etilendiamindən, sonrakı mərhələlərdə isə etilendiaminin dihidro-, monohidro- və fosfat törəmələrindən istifadə edilir. Etilendiaminin və onun fosfatlı törəmələrinin ortofosfat turşusu ilə qarşılıqlı təsiri 40-45 °C temperaturda 85 %-li ortofosfat turşusunun 1:1 bərabər mol nisbətində aparılır. Sonra alınmış reaksiya məhsulları 20 °C-dək soyudulur və 10 %-li məhlullar əmələ gələncə qədər su ilə durulaşdırılır. Etilendiamin və ortofosfat turşusu əsasında etilendiamin dihidrofosfat (EnDHF) (BR-4), etilendiamin dihidrodifosfat (EnDHDF) (BR-7), bisetilendiamin monohidrofosfat (BEnMHF) (BR-5), bisetilendiamin monohidrodifosfat (BEnMHDF) (BR-8), trisetiendiamin fosfat (TenF) (BR-6) və trisetiendiamin difosfat (TenDF) (BR-9) tərkibli duzçökmə inhibitorları alınmışdır.

Duzçökmə inhibitorlarının təsir effektivliyinin laboratoriya

sınaqlarını aparmaq üçün məlum üsulla hazırlanmış model mineral su nümunələrindən istifadə edilmişdir. Dissertasiyanın bütün bölmələrində nanotərkibli, nanohissəcik əlavə edilməmiş və digər kompozisiyaların inhibitor kimi müdafiə effektinin təyini cədvəllər şəklində verilmişdir.

Hazırlanmış inhibitorların müdafiə effektinin sınaqları sulfatlı və karbonatlı duz çöküntülərinin qarşısının alınması üzrə lay suları modelində ədəbiyyatda məlum olan metodika üzrə aparılmışdır.

CaSO <sub>4</sub> üçün		CaCO <sub>3</sub> üçün	
CaCl <sub>2</sub>	13,6 q/dm <sup>3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	2,92 q/dm <sup>3</sup>
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	1,24 q/dm <sup>3</sup>	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	4,26 q/dm <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	13,0 q/dm <sup>3</sup>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,4 q/dm <sup>3</sup>
NaCl	18,8 q/dm <sup>3</sup>	NaCl	40,6 q/dm <sup>3</sup>

BR-7 tərkibli kompleks duz karbonatlı məhlulda karbonat çöküntülərinin əmələ gəlməsinin qarşısını 20-30 mq/l sərfələri arasında 73,4 %-dən 90,9 %-ə kimi alır. BR-7 reagenti 20 mq/l sərfində karbonat çöküntülərinin əmələ gəlməsinin qarşısı 73,4 %, 25 mq/l sərfə 87,6 % və 30 mq/l sərfində isə 90,9 % alınır. Lakin BR-7 reagentinin sulfat duzlarının əmələ gəlməsinə qarşı təsir effekti az da olsa aşağıdır. Belə ki, 20-30 mq/l sərfələri arasında təsir effekti 70,3-89,3 % intervalda dəyişir.

BR-8 reagenti karbonatlı məhlullarda karbonat çöküntülərinin əmələ gəlməsinin qarşısını 20-30 mq/l sərfi arasında 78,5-93,3 % tərtibində aldığı halda, sulfat duzlarının əmələ gəlməsinin qarşısını isə eyni sərfiyyatla 76,5-90,6 % arasında alır.

Bir faktı da qeyd etmək lazımdır ki, BR-9 kompleks reagentinin karbonatlı və sulfatlı məhlullar üçün duzçökmə inhibitoru kimi xassəsi öncə təhlili verilmiş hər iki analoqundan qismən də olsa güclüdür. Belə ki, BR-9 reagentinin həm karbonat, həm də sulfat duzlarının çöküntülərinin əmələ gəlməsinə qarşı təsir effekti 20-30 mq/l sərfələri arasında müvafiq olaraq 82,4-94,8 və 79,8-92,9 % təşkil edir.

BR-9 reagentinin duzçökmə inhibitoru kimi digər iki analoqundan daha güclü xassə göstərməsinə səbəb kompleks duzun

molekuldaxili əmələ gələn hidrogen rabitəsinin qələvi mühitdə qırılması və hidroliz prosesinin mərhələli şəkildə tam getməsi ilə bağlıdır.

Qeyd olunan hər üç dördlü üzvi amin kompleks reagentin 30 mq/l sərfiyatından daha çox miqdarda götürdükdə reagentlərin duzçökmə inhibitoru kimi xassələrində təsir effektinin artma dinamikası müşahidə olunur. Etilendiamin və ortofosfat turşusu əsasında yeni sintez edilmiş BR-4, BR-5, BR-6, BR-7, BR-8 və BR-9 reagentlərinin duzçökmə inhibitoru xassəsini öz aralarında və məlum reagentlərin sınaq nəticələri ilə müqayisəli analiz etdikdə, BR-9 reagentinin 20; 25; 30 mq/l sərfi ilə sulfatlı və karbonatlı su məhlullarında yüksək müdafiə effekti yaratdığı aydın görünür.

Məlumdur ki, inhibitorun 5-30 mq/l miqdarda sərfiyatında laboratoriya təcrübələrində inhibitorun müdafiə effekti 75-90 % olduğu təqdirdə onun təcrübə-sənaye sınaqlarını tövsiyə etmək mümkündür.

### **Etilendiamin, ortofosfat turşusunun dördlü aminləri və xlorid turşusu əsasında duzçökmə inhibitoru kompozisiyaları**

Üzvi aminlərin ortofosfat və xlorid turşusu ilə əmələ gətirdikləri kompleks dördlü üzvi aminlər hidroliz zamanı üzvi əsaslar və müvafiq turşuları əmələ gətirirlər. Hidroliz məhsullarının alüminium nanohissəciklərlə qarşılıqlı təsiri zamanı gedən kimyəvi reaksiyaları nəzərə alaraq daha effektiv xarakterli kompozisiya almaq mümkündür.

Amin tərkibli üzvi birləşmə kimi ilk növbədə etilendiaminin ortofosfat turşusu ilə dördlü amin törəmələri olan EnDHF (BR-4), BEnMHF (BR-5) və TenF (BR-6) alınır və sintezdə ilkin maddə kimi istifadə edilir. Sonra onların əsasında EnDHDF (BR-7), BEnMHDF (BR-8) və TenDF (BR-9) tərkibli dördlü amin kompleks duzları alınaraq tədqiq edilmişdir. Reagentlərin - EnDHF, BEnMHF, TenF və 21 %-li xlorid turşusunun qarşılıqlı təsiri 1:1; 1:2 və 1:3 stexiometrik mol nisbətində 35-40 °C temperaturda aparılır, sonra alınmış etilendiaminin ortofosfat və xlorid turşusu kompozisiya qarışıqları 20 °C-dək soyudulur və 10 %-li məhlul alınana qədər su ilə durulaşdırılır. Alınan kompozisiyalar müvafiq olaraq KBR-7, KBR-8 və KBR-9

kimi şifrələnmişdir.

Sınaqların metodikasına əsasən nümunələr həm inhibitoruz və həm də lay suları modelinə inhibitor əlavə edildikdən sonra 80 °C-də 5 saat vaxt ərzində termostatda saxlanılır. Müəyyən zamandan sonra soyumuş nümunələrdən çöküntü süzülərək tərkibindəki kalsium kationlarının qalıq miqdarı trilonometrik titrləmə yolu ilə təyin olunmuşdur.

Daha səmərəli yeni duzçökmə inhibitorlarının axtarış-tədqiqat işlərinin davamı olaraq bu mərhələdə inhibitorlaşdırılmış xlorid turşusu və etilendiaminin ortofosfat turşusu ilə müxtəlif mol nisbətlərində alınmış EnDHF monoxlorid, BEnMHF dixlorid və TEnF trixlorid (KBR-7, KBR-8, KBR-9) tərkibli birləşmələrinin sinergizim yaradan qarışıqlar əsasında hazırlanmış komponentlərinin “karbonatlı” və “sulfatlı” model lay sularında duzçökmə inhibitoru kimi laboratoriya sınaqları aparılmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, KBR-7, KBR-8 və KBR-9 tərkibli reagentlərin 20-30 mq/l sərfi ilə model lay sularında duzçökmə inhibitoru kimi xassələri öyrənilmiş və alınan nəticələr müqayisəli təhlil edilmişdir. Bu reagentlər duzçökmə inhibitoru kimi həm sulfatlı, həm də karbonatlı məhlulda daha yüksək effektivlik göstərirlər. Bu effekti nəzərə alaraq sinergizmi daha da gücləndirmək üçün BR-7, BR-8 və BR-9 reagentləri əsasında alüminium nanohissəciyi əlavə edilmiş kompozisiyalar hazırlanaraq tədqiq edilmişdir. Laboratoriya sınaqlarında EnDHF monoxlorid, BEnMHF dixlorid, və TEnF trixlorid kompozisiyaları 10 %-li sulu məhlul halında 20; 25 və 30 mq/l sərfində istifadə edilmişdir.

Yeni hazırlanmış kompozisiyalar sərfdən asılı olaraq “karbonatlı” və “sulfatlı” duz çöküntülərinin əmələ gəlməsinin qarşısını əhəmiyyətli dərəcədə alır və hər üç kompozisiyanın karbonat çöküntülərinə qarşı inhibitor təsiri daha yüksək olur. Kompozisiyaların duzçökmə inhibitoru kimi xassələrini öz aralarında müqayisə etdikdə  $KBR-7 < KBR-8 < KBR-9$  sırası üzrə inhibitor xassəsinin gücləndiyi müşahidə edilir. Hər üç inhibitor karbonatlı və sulfatlı duz çöküntülərinə qarşı 30 mq/l sərfində daha güclü müdafiə effekti göstərir. Məsələn, EnDHF monoxlorid kompozisiyası 30 mq/l sərfində sulfatlı çöküntülərin 89,3 %, karbonatlı çöküntülərin isə 90,2 % əmələ gəlməsinin qarşısını alır. Digər iki kompozisiya - BEnMHF

dixlorid və TenF trixlorid müvafiq olaraq sulfatlı çöküntülərin 91,4 % və 92,9 % çökməsinin qarşısını aldığı halda karbonatlı duzların 93,3 % və 94,4 % çökməsinin qarşısını almaq qabliyyətinə malikdirlər. Qeyd etmək lazımdır ki, karbonat duzlarının əmələ gəlməsinin qarşısını almaq üçün yalnız inhibitorlaşmış xlorid turşusunun sərfi 300 q/t tələb olunur. Bu isə həm iqtisadi, həm də korroziya baxımından heç də sərfəli deyildir.

Sintez edilən dördlü amin BR-4 - BR-9 duzçökmə inhibitorlarının laboratoriya sınaqlarının nəticələri qeyd olunan reagentlər əsasında hazırlanmış KBR-7 - KBR-9 kompozisiya duzçökmə inhibitorlarının nəticələrindən zəif olduğu qeyd edilmişdir. Ona görə də KBR-7 - KBR-9 duzçökmə inhibitorlarının müsbət nəticələrini nəzərə alaraq BR-4 - BR-9 reagenti əsasında yeni nanotərkibli kompozisiya duzçökmə inhibitorlarının hazırlanmasına və tədqiqinə üstünlük verilmişdir.

### **BR-7, BR-8, BR-9 reagentləri və nanohissəciklər əsasında kompozisiya duzçökmə inhibitorları**

Amin tərkibli birləşmə kimi ayrı-ayrılıqda BR-7, BR-8 və BR-9 reagentləri adı altında ümumiləşən etilendiaminin müxtəlif mol nisbətlərində ortofosfat turşusu ilə əmələ gətirdiyi dördlü ammonium duzları nəzərdə tutulur. Yeni nanotərkibli kompozisiyaların alınması 35-40 °C temperaturda, reagentlərin müxtəlif stexiometrik mol nisbətlərində və nanonohissəcik əlavə etməklə həyata keçirilir. Bundan sonra ayrı-ayrılıqda alınmış dördlü ammonium duzları 20 °C-dək soyudulur və onlardan 10 %-li məhlul alınana qədər su ilə durulaşdırılır. Alınmış 10 %-li məhlullara 0,005 % nisbətində alüminium nanohissəcikləri əlavə edilmişdir. Alüminium nanohissəciyi əlavə edilmiş baza reagentləri isə müvafiq olaraq NKBR-7, NKBR-8 və NKBR-9 kimi adlandırılması qəbul edilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, alüminium nanohissəciyi BR-7, BR-8 və BR-9 baza reagentlərinə 0,0001-0,005 % miqdarı tərtibində əlavə edilmişdir, müsbət effekt yalnız 0,005 % miqdarında əlavə edildikdə müşahidə olunmuşdur.

Dissertasiya işində alüminium, dəmir və mis nanohissəcik qatqılarından səth əmələgətirici reagentlər kimi istifadə edilmişdir.

Lakin bütün hallarda alüminium nanohissəcik əlavə edilmiş inhibitorlar yüksək nəticə göstərmişdir.

Alınan tərkiblərin 20 °C-də sıxlığı 1050-1100 kq/m<sup>3</sup>, kinematik özlülüüyü 30-40 mm<sup>2</sup>/s, donma temperaturu mənfi 6-10 °C hidrogen göstəricisi 5,5-7,5 intervalında dəyişir. Kompozisiyaların rəngi açıqdan zəif sarıya qədər dəyişən şəffaf mayelərdir.

Yeni sintez edilmiş duzçökmə inhibitorlarının 20; 25; 30 mq/l sərfi ilə sulfat və karbonatlı su məhlullarına əlavə etdikdə müvafiq olaraq minimum 83,7-86,8 % müdafiə effekti yaranır. Bisetilendiammonium monohidrodifosfat birləşməsi nanohissəcik əlavəsi ilə 30 mq/l sərfi ilə inhibitorun sulfat və karbonatlı məhlullara əlavə edilməsi zamanı maksimum müdafiə effekti müşahidə olunur. Bu halda inhibitorun maksimum müdafiə effekti sulfatlı məhlullar üçün 96,2 %, karbonatlı məhlullarda isə 98,4 % olur.

Hazırlanmış kompozisiya tərkibləri 30 mq/l sərflə kalsium karbonat və kalsium sulfat tərkibli sulu məhlullara əlavə edildikdə inhibitorun sərfi 20; 25 mq/l olan hallarla müqayisədə daha yüksək müdafiə effekti müşahidə olunur.

Kompozisiyaların tərkibində dördlü amin kompleks birləşmənin müəyyən miqdardan az və ya çox olması duzçökmə inhibitorlarının müvafiq xassələrinin zəifləməsinə gətirib çıxarır. Dördlü amin kompleks birləşmənin miqdarı çox olduqda inhibitor xassəsinin zəifləməsi onların yüksək minerallığa malik sularla uyuşa bilməməsi ilə izah oluna bilər.

### **Amin spirtlər və ortofosfat turşusunun dördlü aminləri əsasında nanotərkibli duzçökmə inhibitorları**

Mono-, di- və tri- etanolaminlər və ortofosfat turşusu əsasında mono-, di- və tri-etanolammonium fosfatlar işlənilib hazırlanmışdır. Mineral duz çöküntü inhibitoru birmərhələli reaksiya sxemi üzrə gedir və alınan kimyəvi birləşmələr su ilə durulaşdırılır. Mineral duz çöküntü inhibitorlarının alınması prosesində yararsız kənar maddə əmələ gəlmir və bu səbəbdən də ətraf mühitin çirklənməsi baş vermir. Duzçökmə inhibitorlarının alınması üçün mexaniki qarışdırıcı, əks soyuducu, termometr və ayırıcı kolba ilə təchiz olunmuş üçboğazlı kolbaya 1-3 mol miqdarında müvafiq üzvi aminlər ayrı-ayrılıqda əlavə



edilir. Reaksiya qarışıqları 60-65 °C-ə qədər qızdırılır, mexaniki qarışdırıcı işə salınır və ayırıcı qıf vasitəsi ilə, 1 mol miqdarında ortofosfat turşusu damcı ilə reaksiya qarışıqlarına əlavə edilir. Hesablamaya əsasən müəyyən miqdarda götürülmüş ortofosfat turşusunun reaksiya qarışıqlarına tam əlavə edilməsindən sonra reaksiya göstərilən temperaturda daha 2 saat qarışdırılır. Reaksiya məhsulları-ammonium fosfatlar 20-25 °C-dək soyudulur, alüminium nanohissəciklər əlavə olunur və 2 %-li məhlullar alınana qədər durulaşdırılır.

Sintez edilmiş mono-, di- və tri-etanol ammonium fosfatlar artan stexiometrik nisbətdən asılı olaraq açıq-sarı rəngdən tünd-sarı rəngə keçən şəffaf mayelərdir və müvafiq BR-1, BR-2 və BR-3 baza reagentləri kimi adlandırılmışdır. Alüminium nanohissəciyi əlavə edilmiş baza reagentləri isə müvafiq olaraq NKBR-1, NKBR-2 və NKBR-3 kimi adlandırılması qəbul edilmişdir.

BR-1 - BR-3 baza reagentləri tərkib və miqdardan asılı olaraq 66,3-79,4 % tərtibində inhibitor xassəsi göstərir. İnhibitor xassəli NKBR-1 - NKBR-3 kompozisyalарının müdafiə effekti isə müvafiq olaraq 70,2-97,4 % arasında təşkil edir. Nanotərkibli kompozisiya inhibitorunun miqdarını 20 mq/l-dən 30 mq/l-ə qədər artırıdıda inhibitorun effektivliyində dinamik artım müşahidə edilir və maksimum nəticə 30 mq/l miqdarında əldə edilir. Verilmiş məlumatlara əsasən demək olar ki, nanotərkibli kompozisiyanın miqdarı artdıqca duzçökmənin qarşısının alınma effektivliyi daha sürətlə optimallaşır. Digər tərəfdən mono-, di- və tri- etanolamin ardıcılığı üzrə getdikdə spirt hidrosil qruplarının sayı artdıqca kompozisiyanın effektivliyində qismən də olsa dəyişiklik baş verir ( $82,8 < 91,9 < 97,4$ ).

### **Tetrametiletilediamin ortofosfat və nanohissəciklər əsasında duzçökmə inhibitorları**

Yeni duzçökmə inhibitorunun hazırlanmasında ilkin mərhələdə amin tərkibli üzvi birləşmə kimi tetrametiletilediamindən istifadə olunmuşdur. Sonrakı mərhələdə isə onun nanohissəciklərlə müxtəlif mol nisbətlərində qarşılıqlı təsiri nəticəsində nanokompozisiya alınmışdır. İnhibitor kompozisiyasının tərkibinə “KT” markalı

ortofosfat turşusunun və “Reanol” firmasının istehsalı olan tetrametiletildiaminin dördlü amin kompleks duzu, 90-110 nm ölçülü alüminium nanohissəciyi kimi komponentlər daxildir.

Ortofosfat turşusunun tetrametiletildiamin ilə qarşılıqlı təsiri 40-45 °C temperaturda, reagentlərin müvafiq olaraq 1:1; 1:2 və 1:3 mol nisbətlərində qarşılıqlı təsiri nəticəsində ümumi formula malik  $H_2PO_4$  tetrametiletildiammonium-dihidrofosfat (HTETMEN) (BR-10),  $HPO_4$  (HTETMEN)<sub>2</sub> (BR-11) və  $PO_4$  (HTETMEN)<sub>3</sub> (BR-12) tərkibli duzlar əmələ gəlir. Eyni zamanda ortofosfat turşusunun tetrametiletildiammonium birləşmələri sirop şəklində əmələ gəlir. Bundan sonra alınmış sarımtıl ağ rəngə malik olan siropşəkilli duzlar 20 °C-dək soyudulur və onlardan ayrı-ayrılıqda 10 %-li sulu məhlullar hazırlanır. İntensiv qarışdırmaqla hazır məhlulların hər birinə ümumi kütlənin 0,0001-0,005 % intervalı miqdarında alüminium nanohissəcikləri əlavə edilir.

Baza reagentini 20; 25; 30 mq/l sərfi ilə sulfat və karbonatlı su məhlullarına əlavə etdikdə 80 % - dən yüksək müdafiə effekti yaranır. Bütün hallarda inhibitorun effektivliyi onun kimyəvi tərkibindən, sərfindən, süxurlarda çökmüş duzların təbiətindən və digər amillərdən asılıdır. BR-10, BR-11 və BR-12 reagentlərinin duzçökmə inhibitoru kimi xassələrini müqayisə edərək BR-11 inhibitorunun 30 mq/l miqdarda 85,5 % sulfatların, 89,3 % isə karbonatların çökməsinin qarşısını aldığı görünür. İnhibitoru 30 mq/l sərfi ilə sulfat və karbonatlı su məhlullarına əlavə etdikdə maksimum müdafiə effekti müşahidə olunur.

Baza inhibitoruna ümumi kütlənin 0,0001; 0,001 və 0,005 % -ni faizini təşkil edən alüminium nanohissəciklərinin əlavə edilməsi ilə NKBR-10, NKBR-11, NKBR-12 nanokompozitləri hazırlanmışdır. Tərkibində ümumi kütlənin 0,005 %-ni nanohissəcik təşkil edən NKBR-11 nanokompoziti maksimum effektivlik göstərir. NKBR-11 nanokompoziti 30 mq/l kütlə miqdarında 95,2 % sulfatların, 97,5 % isə karbonatların maksimum çökməsinin qarşısını alır.

Duz kristallarının yığılaraq böyüməsi prosesinə maneə olmaq üçün duzçökmə inhibitorları duzların kristalları ilə qarşılıqlı rabitə yaradır. Bu rabitə kristal əmələgətirən kationların və anionların məhlulda hərəkəti prosesi zamanı asılı vəziyyətdə saxlanılmasına

kömək edir. Duzçökmə inhibitoru olan nanokompozisiyasının təsir mexanizmi molekulların duz kristallarında adsorbsiyasından ibarətdir ki, bu da onların aqreqasiya və yığılma qabiliyyətini çətinləşdirir.

Nanotərkibli inhibitorların nümayəndələri duz “embrionlarının” səthində qoruyucu təbəqə əmələ gətirir, onların böyüməsinin qarşısını alırlar və kristalların zaman keçdikcə öz aralarında birləşərək qorunan avadanlıqların səthində toplanmasına imkan vermirlər. Digər tərəfdən müəyyən edilmişdir ki, inhibitorlar ən yüksək müdafiə təsirini "kandar effekti" ilə göstərilir. Dissertasiya işində istifadə edilən müxtəlif tipli aminlər kompleksmələgətirici reagentlər kimi inhibitorların tərkibinə daxil olaraq qələvi-torpaq metalların kationları ilə birlikdə suda həll olan anion və ya helat tipli komplekslər əmələ gətirərək onların sistemdə çökməsinin qarşısını alırlar.

### **NKBR kompozisiyası və SAM-lar əsasında yeni duzçökmə inhibitorlarının hazırlanması və tədqiqi**

Yeni alınmış dördlü amin tərkibli baza reagentləri, səthi aktiv maddələr və alüminium nanohissəciyi əsasında da kompozisiyalar hazırlanaraq duzçökmə inhibitorları kimi tədqiq edilmişdir.

Duzçökmə probleminin aradan qaldırılmasının müasir və aktual tendensiyası əsas reagentlər və əlavələr də daxil olmaqla “kompozisiyalı” duzçökmə inhibitorlarının hazırlanmasına əsaslanır.

Alüminium nanohissəciyi “kiçik təsir və həyəcan effekti” yaradır. Qeyri-ionogen SAM-1 həllediciyə daxil edərək, sərhəddə səthi gərilmənin qiyməti azalır. Kompozisiyalar duz çöküntülərində adsorbsiya edilir və həlledici ilə sərhəddə səthi gərilmənin qiymətinin azalmasına kömək edir. Bunun nəticəsində həllolmanın effektivliyi və duz çöküntülərinin dağılması baş verir. Bu səbəbdən də duzçökmənin qarşısı alınır.

Duz çöküntülərinin aradan qaldırılması üçün təklif olunan müxtəlif tərkibli BR və NKBR, ES 9660A markalı dispersant, 4202-2B-30 markalı Laprol və su əsasında yeni tərkibli NKBR-SAM seriyalı kompozisiyalar işlənib hazırlanmışdır. Reagentlərin qarşılıqlı təsiri 45-50 °C temperaturda həyata keçirilir.

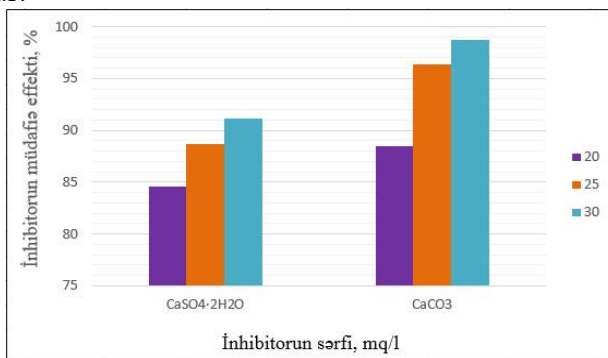
Hazırlanmış tərkiblərin 20 °C-də sıxlığı 1020-1050 kq/m<sup>3</sup>, kinematik özlülüyü 25-35 mm<sup>2</sup>/s, donma temperaturu mənfi 5-15 °C,

hidrogen göstəricisi 3-7,5 intervalında dəyişir. Kompozisiyalar sarımtıl-qəhvəyi rəngli şəffaf mayelərdir.

İnhibitorların və model suların tərkibindən asılı olaraq reagentin 30 mq/l sərfiyyatında müdafiə effekti sulfatlı məhlullar üçün minimum 82,7 %, maksimum isə 96,5 % təşkil etmişdir. Karbonatlı məhlullar üçün isə müdafiə effekti minimum 86,4 % maksimum isə 98,8 % olması müəyyən edilmişdir.

NKBR SAM-3, NKBR SAM-8 və NKBR SAM-11 tərkibli nümunələrin sınaq nəticələri göstərir ki, onlar daha yüksək müdafiə effekti yaradırlar. Bu tərkiblərin fərqləndirici xüsusiyyəti üzvi aminlərin daha güclü helat effekti göstərməsi, laprol və dispersantın miqdarının digər kompozisiyaların tərkibinə daxil olan SAM-dan daha az olmasıdır. Müəyyən edilmişdir ki, tərkibində qeyri-ionogen SAM 8 % nisbətində olan duzçökmə inhibitoru nümunələri daha güclü inhibitor xassəsi göstərilir.

Hazırlanmış NKBR SAM-3 duzçökmə inhibitorunun müdafiə effektinin müəyyən edilməsinin nəticələri aşağıdakı şəkildə əks olunmuşdur.



Şəkil. NKBR SAM-3 duzçökmə inhibitorunun müdafiə effektinin inhibitorun sərfindən asılılığı

### **“Kiçik təsir və həyəcan” effekti nəzəriyyəsi əsasında nanokompozisiyaların hazırlanması**

Neftin emalı zamanı təmizlənmiş su xətlərində və avadanlıqlarda istifadə olunan kimyəvi təmizlənmiş suya laboratoriya şəraitində ayrı-ayrılıqda ümumi kütlənin 0,001; 0,005; 0,01; 0,07 və

0,1 % dəmir (Fe 50-70 nm) və ya alüminium nanohissəciyi (L-ALEX 90-110 nm), həmçinin 0,05 % qatılıqda karboksimetilselüloza (KMS) əlavə edilmiş və bu su nümunələrinin fiziki-kimyəvi analizləri aparılmışdır. “Kiçik təsir və həyəcan” effekti əsasında kimyəvi təmizlənmiş suya metal nanohissəcikləri və KMS əlavə etməklə ümumi codluq, qələvilik, xlor ionlarının miqdarı, hidrogen göstəricisinin tələb olunan normaya düşməsi müşahidə olunmuşdur. Tədqiqatlar nəticəsində suya alüminium nanohissəciyi və KMS əlavə etdikdə qələviliyin göstəricisi 2,1 mq-ekv/l-dən 0,2 mq-ekv/l-ə, xlor ionlarının miqdarı 1,42 mq-ekv/l-dən 0,09 mq-ekv/l-ə, pH 8,9-dan 7-ə, ümumi codluğun göstəricisi 0,058 mq-ekv/l-dən 0,008 mq-ekv/l-ə qədər azalmışdır. Aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, istifadə edilən nanohissəkilərin 0,005 % miqdarı daha optimaldır.

### **Seçilmiş yeni nanotərkibli kompozisiyanın laboratoriya şəraitində sınaqdan keçirilməsi və nəticələrinin təhlili**

İşlənmiş kompozisiyaların Heydər Əliyev adına Bakı Neft Emalı Zavodu (BNEZ) və “Neft Daşları” NQÇİ-nin emulsiyalı neftləri ilə laboratoriya sınaqları aparılmışdır. Temperaturun 20 °C şəraitində neftin sıxlığı 0,85 q/sm<sup>3</sup>, neftdəki qalıq suyun miqdarı 0,2 %, xlorid duzlarının miqdarı 29,24 mq/l təşkil etmişdir. Emulsiyanı hazırlamaq üçün neft nümunəsinin 10 %-i qədərində şirin su verilərək 70 °C temperaturda fasiləsiz olaraq qarışdırılır. Sonra üzərinə BNEZ-də qəbul edilmiş normaya uyğun olaraq 45 q/t dozada reagentlər əlavə edilərək 70 °C temperaturda 4 saat müddətində termostatda saxlanılır. Tədqiqatlar tamamlandıqdan sonra nümunələr 20 °C-dək soyudulmuşdur. Növbəti mərhələdə isə neftdə qalıq suyun miqdarı GOCT 14870-77, xlorid duzlarının miqdarı GOCT 21534-76-da göstərilmiş metodikaya əsasən təyin edilmişdir. İşlənib hazırlanmış yeni deemulqator kompozisiyalarının laboratoriya şəraitində məlum üsullarla sınaqları BNEZ-də tətbiq edilən baza reagentlərlə müqayisəli şəkildə aparılmışdır. Sonda Dina-Stark üsulu ilə neftdə qalıq suyun miqdarı təyin edilmişdir.

Sınaqların icrasında yeni reagentlərin tətbiqilə neftin deemulsasiyası zamanı onun stabilliyinin pozulması, keyfiyyətinin dəyişməsi, emulsiyanın ilkin fazalara ayrılmasının sürətlənməsi

müşahidə edilmişdir. Aparılan laboratoriya sınaqlarının nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

H.Əliyev adına BNEZ-dən götürülmüş neft nümunələrində xlorid duzlarının miqdarının təyini

Deemulqatorun adı	Reagentin miqdarı, q/t	Nümunənin vəziyyəti	Xlorid duzlarının miqdarı, mq/l
-	-	Emal olunmamış	29,23
Reagentsiz	-	Yuyulmamış d/e	26,4
Baza deemulqatoru 50 %	45	Yuyulmamış d/e	20,46
PENAL 50 %	45	Yuyulmamış d/e	15,5
Baza deemulqatoru	45	Yuyulmamış d/e	17,4
PENAL	45	Yuyulmamış d/e	13,8
Reagentsiz	-	Yuyulub, d/e	24,2
Baza deemulqatoru	45	Yuyulub, d/e	7,01
PENAL	45	Yuyulub, d/e	4,16
Baza deemulqatoru 50 %	45	Yuyulub, d/e	15,19
PENAL 50 %	45	Yuyulub, d/e	12,31

PENAL baza reagentinə NKBR-3, NKBR-8, NKBR-11 nanotərkibli kompozisiyaları ayrı ayrılıqda ümumi kütlənin 1-5 %-i qədər əlavə edilərək deemulsasiya xassələri öyrənilmişdir. Yeni hazırlanan kompozisiyalar müvafiq olaraq PNTK-3, PNTK-8 və PNTK-11 kimi şərti adlandırılmışdır. Aparılan tədqiqatların nəticələrinin analizləri göstərir ki, PENAL baza reagentinə

maksimum 0,005 % nanokompozit əlavə etdikdə alınan yeni nanokompozisiya neft emulsiyalarının dərin susuzlaşması və duzsuzlaşmasında daha yüksək effektivlik göstərir. Tədqiqat işləri BNEZ-də tətbiq olunan baza deemulqatorunun həm qatqısız, həm də 50 %-li məhlul şəklində tədqiqindən alınan nəticələr ilə müqayisəli təhlil edilmişdir. Deemulsasiyadan sonra neft nümunələrində qalıq suyun miqdarı minimal olmuşdur.

Yeni hazırlanmış PENAL və NTK, PNTK-3, PNTK-8, PNTK-11 kompozisiyaları neftin duzsuzlaşdırılması və deemulsasiyası prosesi zamanı, baza deemulqatoru ilə müqayisədə daha yüksək deemulsasiya effekti göstərmişdir. Neftdəki xlorid duzlarının miqdarı minimal həddə qədər azalmışdır. Tədqiqatın nəticələri cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2

PENAL, NTK , PNTK-3, PNTK-8 və PNTK-11 kompozisiyalarının laboratoriya sınaqlarının nəticələri

Deemulqatorun adı	Temperatur, °C	Reagentin miqdarı, q/t	Xlorid duzlarının miqdarı, mq/l	Qalıq suyun miqdarı, %
İlkin xam neft	70	-	29,23	0,2
Reagentsiz deemulsasiya	70	-	24,2	0,18
PENAL	70	45	4,16	0,039
NTK	70	45	3,06	0,031
PNTK-3	70	45	3,30	0,035
PNTK-8	70	45	3,51	0,038
PNTK-11	70	45	3,42	0,036

Cədvəldən görüldüyü kimi nanohissəcik əlavə edilmiş kompozisiyalar neft emulsiyasını daha dərin susuzlaşdırır və duzsuzlaşdırır. Neft emulsiyasını nanohissəcik əlavə edilmiş kompozisiya ilə emal etdikdən sonra ayrılan su analiz olunmuşdur. Su

analizinin nəticələri göstərmişdir ki, emaldan sonra onun yumşaqlığı xeyli artır və sonrakı istifadə üçün ekoloji təmiz olur.

### **Neftin emalı zamanı yaranan mürəkkəbləşmələrə qarşı yeni nanotərkibli kompozisiyanın istehsalatda tətbiqi**

“Neft Daşları” NQÇİ-nin ƏÇP-də neftin hazırlanması zamanı və “Neft Daşları” NQÇİ-nin Palçıq Pilpələsi yatağında məhsulu emulsiyalı olan 1302, 1309, 1284 sayılı quyuların quyudibi zonasında “NTK” markalı deemulqatorun mədən sınaqları aparılmışdır.

ƏÇP-də sınaq nəticəsində neft maye və mexaniki qarışıqlardan daha sürətlə təmizlənmiş və deemulqator sərfi daha az olmuşdur. Belə ki, bundan əvvəl istifadə olunan “Sarol” deemulqatorunun 1 ton neftə sərf norması 30 qram [bir ton deemulqatorun qiyməti 4603 Azərbaycan manatı (Azn) təşkil edir], “NTK” markalı deemulqatorun isə 1 ton neftə sərf norması 25 qram (bir ton deemulqatorun qiyməti 3750 Azn) təşkil etmişdir. “Neft Daşları” NQÇİ-də orta hesabla sutkada 3000 ton neft emal edildiyini nəzərə alsaq yüksək iqtisadi səmərənin əldə edildiyi hiss olunacaq dərəcədədir. Sınaq işlərinin tamamlanmasından 8 saat sonra neftin analizi neftdə qalıq suyun miqdarının 0,03 % təşkil etməsini göstərmişdir.

“Neft Daşları” NQÇİ-nin Palçıq Pilpələsi yatağında məhsulu emulsiyalı olan 1302, 1309, 1284 sayılı quyuların quyudibi zonasında “NTK” markalı deemulqatorun tətbiqindən sonra emulsiyanın dağılması, mayenin daha yaxşı süzülməsi nəticəsində 240 ton əlavə neft hasil olunmuşdur. İqtisadi səmərə 60 min Azn təşkil etmişdir.

Qeyd edilən nəticələrdən görünür ki, “NTK” reagenti ilə işlənmiş neft AZS 115-2004-ün tələblərinə tam cavab verməklə, I qrup neft kimi qiymətləndirilmişdir. “NTK” markalı deemulqatorun deemulsasiya xüsusiyyəti müsbət qiymətləndirilmişdir. Nəticələr tərtib edilmiş aktlarda öz əksini tapmışdır.



## NƏTİCƏ

1. Neftin emalı zamanı müxtəlif mənşəli (kalsium, maqneziumun karbonatlı və sulfatlı) duz çöküntülərinin qarşısını almaq üçün yeni nanokompozisiya inhibitorları işlənib hazırlanmışdır:

- mono-, di- və tri-etanolammonium fosfatlara alüminium nanotozu əlavə edilərək hazırlanmış NKBR seriyalı nanokompozisiyaların miqdarını 20 mq/l-dən 30 mq/l-ə qədər artırıqda karbonatlı və sulfatlı məhlullar üçün müdafiə effekti müvafiq olaraq 70,2 %- 97,4 % arasında təşkil edir [11, 20];

- bisetilendiammonium monohidrodifosfat tərkibli inhibitorun alüminium nanotoz ilə birgə hazırlanmış NKBR-8 nanokompozitinin 30 mq/l sərfi zamanı maksimum müdafiə effekti sulfatlı və karbonatlı məhlullar üçün müvafiq olaraq 96,2 % və 98,4 % təşkil edir [6, 8, 10];

- bistetrametiletildiammonium monohidrofosfat duzunun alüminium nanotozu ilə birgə hazırlanmış NKBR-11 nanokompoziti 30 mq/l sərfi miqdarında sulfatların 95,2 %, karbonatların isə 97,5 % çökməsinin qarşısını alır [17];

- müxtəlif tərkibli BR və NKBR, ES 9660A markalı dispersant, 4202-2B-30 markalı Laprol və su əsasında hazırlanmış yeni tərkibli NKBR SAM-8 reagentinin 30 mq/l sərfiyyatında müdafiə effekti sulfatlı məhlullar üçün maksimum 96,5 %, karbonatlı məhlullar üçün isə 98,8 % olması müəyyən edilmişdir [12, 14, 18, 21].

2. Hazırlanmış TenF trixlorid tərkibli inhibitor sulfatlı duzların çökməsinin qarşısını 92,9 % aldığı halda, karbonatlı duzların çökməsinin qarşısını 94,4 % alır [7].

3. “Kiçik təsir və həyəcan effekti” əsasında kimyəvi təmizlənmiş suya alüminium nanohissəciyi və KMS əlavə etməklə qələviliyin göstəricisi 2,1 mq-ekv/l-dən 0,2 mq-ekv/l-ə, xlor ionlarının miqdarı 1,42 mq-ekv/l-dən 0,09 mq-ekv/l-ə, pH 8.9-dan 7-ə, ümumi codluğun miqdarı 0,058 mq-ekv/l-dən 0,008 mq-ekv/l-ə qədər azalmışdır [4, 9, 13].

4. Neftin susuzlaşdırılması və duzsuzlaşdırılması üçün hazırlanmış PENAL deemulqatorundan 45 q/t sərf etdikdə xlorid duzlarının miqdarı 4,16 mq/l, qalıq suyun miqdarı isə 0,039 % olmuşdur [1, 2].

5. Yeni hazırlanmış “NTK” markalı kompozisiyanın tətbiqi nəticəsində neftdə qalıq suyun və xlorid duzlarının miqdarı AZS 115-2004-ün tələblərinə tam cavab verir. Neftin dərin susuzlaşdırılması və duzsuzlaşdırılması üçün neft nümunələrinə “NTK” nanokompozisiyası ilə təsir etdikdə xlorid duzlarının miqdarı 3,06 mq/l, qalıq suyun miqdarı isə 0,031 % olmuşdur [3, 5, 19].

6. “Neft Daşları” NQÇİ-nin ƏÇP-də neftin hazırlanması üçün “NTK” markalı deemulqatorun tətbiqindən sonra neft maye və mexaniki qarışıqlardan daha sürətlə təmizlənmiş, deemulqator sərfi daha az olmuşdur. Belə ki, bundan əvvəl istifadə olunan “Sarol” deemulqatorunun 1 ton neftə sərf norması 30 qram, “NTK” markalı deemulqatorun isə 1 ton neftə sərf norması 25 qram təşkil etmişdir. “Neft Daşları” NQÇİ-də orta hesabla sutkada 3000 ton neft emal edildiyini nəzərə alsaq yüksək iqtisadi səmərənin əldə edildiyi hiss olunacaq dərəcədədir.

7. “Neft Daşları” NQÇİ-nin Palçıq Pilpiləsi yatağında məhsulu emulsiyalı olan 1302, 1309, 1284 sayılı quyuların quyudibi zonasında “NTK” markalı deemulqatorun tətbiqindən sonra emulsiyanın dağılması, mayenin daha yaxşı süzülməsi nəticəsində 240 ton əlavə neft hasil olunmuşdur.

## **DİSSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ AŞAĞIDAKI MƏQALƏ VƏ TEZİSLƏRDƏ ÇAP EDİLMİŞDİR:**

1. Гасанов, Х.И., Халилов, Н.Н. Новые ингибиторы солеотложения на основе органического аминоксодержащего соединения // Булатовские чтения, Материалы III Международной научно-практической конференции, – Краснодар, – Россия, – 2019, – том 2, – с. 52-54.

2. Ismailov, F.S., Hasanov, Kh.I., Khalilov, N.N., Ajalova, G.I. Complex treatment of oil with a composition on the basis of a non-nogenous detergents // Akdeniz uluslararası multidisipliner çalışmalar kongresi, – Mersin, – Türkiye, – 2019, – p. 45-46.

3. Şahbazov, E.Q. Neftin emalı zamanı yaranan mürəkkəbləşmələrə qarşı yeni deemulqatorun və nanotərkibli kompozisiyanın təsirinin tədqiqi / E.Q.Şahbazov, X.İ.Həsənov,

N.N.Xəlilov // Ekoenergetika elmi-texniki jurnalı, – 2019. № 2, – s. 124-128.

4. Şahbazov, E.Q. Neftin emalında texnoloji avadanlıqlara mənfi amillərin təsirinin nanotexnoloji üsullarla təhlili / E.Q.Şahbazov, A.S.Quliyev, T.M.Kərimov, C.A.Əliyev, N.N.Xəlilov // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı jurnalı, – 2019. № 9, – s. 61-65.

5. Xəlilov, N.N. Neftin dərin susuzlaşdırılması və duzsuzlaşdırılması məqsədilə yeni nanotərkibli kompozisiyanın alınması // Ekoenergetika jurnalı, – 2020, № 1, – s. 57-60.

6. Khalilov, N.N. Ethylenediamine phosphate containing scale inhibitors // International Conference on Actual Problems of Chemical Engineering, APCE-2020, – Baku (Azerbaijan), – December 24-25, – 2020, – p. 140-143.

7. Гасанов, Х.И., Халилов, Н.Н. Ингибиторы солеотложения на основе фосфатов этилендиамина и соляной кислоты // Булатовские чтения, Материалы IV Международной научно-практической конференции, – Краснодар, – Россия, – 31 марта, – 2020, – том 2, – с. 126-128.

8. Халилов, Н.Н. Ингибиторы солеотложения на основе фосфатов этилендиамина и наночастиц // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı jurnalı, – 2021. № 9, – с. 37-41.

9. Khalilov, N.N. Application of nanotechnology to prevent corrosion in the oil refining process // Ekoenergetika jurnalı, – 2021. № 2, – p. 15-19.

10. Şahbazov, E.Q. Mineral duzçöküntü inhibitorunun alınması üsulu, İxtira i20220038, Azərbaycan Respublikası / Həsənov X.İ., Ağa-zadə Ə.D., Xəlilov N.N. – 17.06.2022-ci il.

11. Шахбазов, Э.Г. Наносодержащие ингибиторы солеотложения на основе этаноламмонийфосфатов / Х.И. Гасанов, Н.Н.Халилов // SOCAR Proceedings, – 2022. № 2, – s. 67-72.

12. Hasanov, Kh.I. Development and study of inhibitor to prevent inorganic salts deposition / N.N.Khalilov // Chemical problems, – 2022. № 2 (20), – p. 175-182.

13. Shakhbazov, E.G. Influence of the effect of "small concentration and excitation" in the process of oil refining /

N.N. Khalilov // Scientific Israel – Technological Advantages, Israel, – 2022. Vol. 24, № 4, – p. 32-35.

14. Халилов, Н.Н., Гасанов, Х.И. Получения ингибитора для удаления осадков неорганических солей // Kimya və kimya texnologiyası. Respublika Elmi Konfransı, – Bakı, – 18-19 may, – 2022, – s. 232-233.

15. Abbasov, Q.A. Lay sularının və digər mənşəli suların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi / N.N.Xəlilov, L.M.Talıbzadə, L.B.Qurbanzadə, E.T.Əhmədova // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, – 2022. №11, – s. 10-14.

16. Abbasov, Q.A., Xəlilov, N.N. Müxtəlif suların fiziki xassələrinə əsasən mənşəyinin təyin edilməsi // Tələbə və gənc tədqiqatçıların III Beynəlxalq elmi konfransları, – Bakı, –18-29 aprel, – 2022, – s. 9-10.

17. Гасанов, Х.И., Халилов, Н.Н. Ингибиторы солеотложения на основе фосфатов тетраметилэтилендиамина и наночастицы // Булатовские чтения, Материалы VII Международной научно-практической конференции, – Краснодар, – Россия, – 2023, – том 1, – с. 156-162.

18. Гасанов, Х.И. Наносодержащие ингибиторы для удаления осадков неорганических солей / Н.Н.Халилов, Л.М.Талыбзаде // Нефтепромысловое дело, – Москва, – 2023. №8, – с. 45-49.

19. Hasanov, Kh.I., Khalilov, N.N. Use of nanokomposites in demulsification // Neft kimyası və kimya texnologiyası kafedrasının 80 illik yubuleyinə həsr olunmuş “Kimya və kimya texnologiyasında müasir yanaşmalar” mövzusunda Respublika elmi konfransı, – Bakı, – 14 dekabr, – 2023, – s. 71-72.

20. Халилов, Н.Н. Гидрохимические исследования по применению ингибиторов с целью предотвращения солеотложения // Neft kimyası və kimya texnologiyası kafedrasının 80 illik yubuleyinə həsr olunmuş “Kimya və kimya texnologiyasında müasir yanaşmalar” mövzusunda Respublika elmi konfransı, – Bakı, – 14 dekabr, –2023, – s. 49-50.

21. Халилов, Н.Н., Аббасов, Г.А., Гурбанзаде, Л.Б., Талыбзаде, Л.М., Агамалыева, К.А. Проведение

гидрохимических исследований с целью предотвращения образования солевых отложений // Heydər Əliyev və Azərbaycan neft strategiyası: “Neft-qaz geologiyası və geotexnologiyalarında irəliləyişlər” Beynəlxalq elmi-praktiki konfransı, – Bakı, – 2023, – s. 668-672.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'H. Aliyev', is centered on the page. The signature is written in a cursive style with a large initial 'H'.



Dissertasiyanın müdafiəsi “27” dekabr 2024-cü il tarixində saat 14<sup>00</sup>-da akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

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

Dissertasiya ilə akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun elmi kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun rəsmi internet saytında [www.nkpi.az](http://www.nkpi.az) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat “26” noyabr 2024-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 15.11.2024

Kağız formatı: A5

Həcm: 39200

Tiraj: 100