AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

YÜKSƏK PARAFİNLİ NEFTLƏRİN BORU KƏMƏRİ İLƏ NƏQLİNDƏ SƏMƏRƏLİ TEXNOLOGİYANIN İŞLƏNMƏSİ

İxtisas: 3354.01-"Neft-qaz kəmərlərinin, bazalarının və anbarlarının tikilməsi və istismarı"

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Cavad Rasim oğlu Əliyev**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2026

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin "Neftin, qazın nəqli və saxlanılması" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:	Texnika elmləri doktoru, dosent **Əbdülağa Nəbi oğlu Qurbanov**
Rəsmi opponentlər:	Texnika elmləri doktoru **Vəli Xanağa oğlu Nurullayev**
	Texnika elmləri doktoru, professor **Sakit Rauf oğlu Rəsulov**
	Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent **Mübariz Maşallah oğlu Quliyev**

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

Dissertasiya şurasının sədri: _____ Texnika elmləri doktoru, professor
Elman Xeyrulla oğlu İskəndərov

Dissertasiya şurasının elmi katibi: _____ Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Yelena Yevgenyevna Şmonçeva

Elmi seminarın sədri: _____ Texnika elmləri doktoru, dosent
Fidan Babəli qızı İsmayılova

İmzaları təsdiq edirəm:
ADNSU-nun Elmi katibi, texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

_____ **İnqlab Namiq oğlu Əliyev**

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI DÖVLƏT NEFT VƏ SƏNAYE UNİVERSİTETİ PUBLİK HÜQUQİ ŞƏXSİ

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Yüksək parafinli neftlərin hasilatı və boru kəmərləri ilə nəqli zamanı parafin və qeyri-üzvi duz çöküntülərinin əmələ gəlməsi neft-qaz sənayesinin mühüm texnoloji problemlərindən biridir. Neftin temperaturu parafin kristallarının yaranmağa başladığı temperaturdan aşağı düşdükdə parafin karbohidrogenləri kristallaşaraq boru kəmərlərinin daxili səthində toplanır. Nəticədə kəmərin hidravlik müqaviməti artır, neftin nəqli çətinləşir, enerji sərfi yüksəlir və əlverişsiz şəraitdə boru kəmərinin tam tıxanması baş verə bilər. Bu baxımdan yüksək parafinli neftlərin aşağı temperatur şəraitində reoloji xassələrinin yaxşılaşdırılması və nəql prosesinin səmərəliliyinin artırılması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Son illərdə polimer əsaslı aşqarlardan istifadə neftin donma temperaturunun aşağı salınması, özlülüyünün tənzimlənməsi və axıcılıq xüsusiyyətlərinin yaxşılaşdırılması istiqamətində perspektivli üsullardan biri kimi geniş tədqiq olunur. Bununla belə, yerli şəraitə uyğun, iqtisadi cəhətdən səmərəli və yüksək təsir effektivliyinə malik depressantların işlənib hazırlanması zərurəti aktuallığını qoruyur.

Neftin hasilatı, hazırlanması və nəqli zamanı qeyri-üzvi duzların çökməsi də avadanlıqların etibarlılığına və istismar göstəricilərinə mənfi təsir göstərir. Xüsusilə, kalsium karbonat və kalsium sulfat kimi duzların boru kəmərlərinin və texnoloji avadanlıqların daxili səthlərində toplanması keçid sahəsinin daralmasına, istilik və kütlə mübadiləsinin zəifləməsinə, texnoloji proseslərin pozulmasına səbəb olur. Yüksək parafinli neftlərin boru kəmərləri ilə nəqli zamanı parafin və duz çöküntülərinin eyni vaxtda yaranma ehtimalı problemin kompleks şəkildə araşdırılmasını tələb edir. Mövcud tədqiqatlarda polimer əsaslı depressantların, kimyəvi inhibitorların və fiziki təsir üsullarının tətbiqi üzrə müəyyən nəticələr əldə olunsa da, onların konkret neftlərin xüsusiyyətlərinə uyğun seçilməsi, optimal iş rejimlərinin müəyyənləşdirilməsi və birgə təsir imkanlarının qiymətləndirilməsi əlavə elmi araşdırmaların aparılması mühüm elmi-praktiki əhəmiyyət daşıyır.

Tədqiqatın obyekti və predmeti. Tədqiqatın obyekti parafinli neftlərin boru kəməri ilə daşınması zamanı yaranan AQPÇ-nin qaşısını

almaq üçün yeni üsulların işlənib hazırlanmasından , tədqiqatın predmetiisə mürəkkəb şəraitdə neftin hazırlanması, saxlanılması və nəql borularında daşınmasının elmi və təcrübi əsaslarının işlənməsi təşkil edir.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri. Tədqiqatın məqsədi neft borularında yaranan mürəkkəbləşmələrə qarşı, o cümlədən parafin və duzçökmələrə qarşı yeni texnologiyaların işlənməsi və səmərəliliyinin artırılmasının elmi və təcrübi əsaslarının işlənməsidir.

Tədqiqatın əsas vəzifələrinə aşağıdakı məsələlərin həlli daxildir:

- Nəql boru kəmərlərində neftin nəqli zamanı baş verən mürəkkəbləşmələrə qarşı yeni texnologiyaların işlənib hazırlanması;
- yeni duzçökmə inhibitorlarının işlənib hazırlanması;
- yeni tərkibli parafinçökmə inhibitorlarının yaradılması;
- Hazırlanmış duz və parafinçökmə inhibitorlarının laboratoriya şəraitində təsir effektivliyinin tədqiqi;
- nəql boru kəmərlərində yaranan çöküntülərin maqnit sahəsinin təsiri ilə qarşısının alınması üçün yeni maqnit qurğusunun işlənməsi
- inhibitorların nəql boru kəmərlərinə optimal dozalanmasını təmin edən dozator nasosunun optimallaşdırılması;

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Karboksimetilsellozanın, mineral turşular əsasında yeni tərkiblərin yaradılması;
2. Tərkibində azot, fosfor saxlayan birləşmələr əsasında yeni tərkiblərin hazırlanması;
3. Yaradılmış tərkiblərin duz çökmələrə qarşı təsir effektlərinin tədqiqatları;
4. Üzvi həlledicilər və amfifil polimerlər əsasında yeni tərkiblərin hazırlanması;
5. Yüksək parafinli neftin asfalten-qatran-parafin çöküntülərinə qarşı polimer əsaslı aşqarların yaradılması;
6. Su-neft emulsiyalarının parçalanması, asfalten, qatran, parafin çöküntülərindən və neft-mədən avadanlıqlarının korroziyadan mühafizəsi üçün yeni tərkiblərin hazırlanması;

7. Duz və parafin çöküntülərin maqnit sahəsinin təsiri ilə qarşısının alınması üçün yeni konstruktsiyalı maqnit qurğusunun işlənməsi;

8. Nəql boru kəmərlərində və avadanlıqlarda yaranan duz və parafin çöküntülərinin qarşısının alınması məqsədilə inhibitorların fasiləsiz dozalanması üçün təkmilləşdirilmiş nasos qurğusunun işlənməsi.

Tədqiqatın elml yeniliyi.

- duz çöküntülərinə qarşı yeni tərkiblər hazırlanmış, onların elmi əsasları müəyyən edilmişdir;
- yüksək parafinli neftlərin asfalten-qatran-parafin çöküntülərinə qarşı polimer əsaslı yeni tərkiblər hazırlanmışdır;
- asfalten-qatran-parafin çöküntülərinin həll olmasını yaxşılaşdırmaq məqsədilə tərkibində aromatik və poliaromatik birləşmələr olan həlledicilər seçilmişdir;
- ilk dəfə olaraq tərkibində amfifil polimerlər saxlayan asfalten-qatran-parafin çöküntülərinə qarşı yeni tərkibli inhibitor hazırlanmışdır;
- ilk dəfə olaraq su-neft emulsiyalarının parçalanması, asfalten-qatran-parafin çöküntülərindən və neft-mədən avadanlıqlarının korroziyadan müdafiəsi üçün kompleks təsirə malik yeni inhibitor yaradılmışdır;
- duz və parafin çöküntülərin maqnit sahəsinin təsiri ilə qarşısının alınması üçün yeni konstruksiyalı maqnit qurğusu işlənmişdir;
- inhibitorların boru kəmərinə fasiləsiz və dəqiq verilməsini təmin etmək məqsədilə konstruktiv cəhətdən təkmilləşdirilmiş dozaj nasosu işlənmiş və onun tətbiqinin texniki üstünlükləri əsaslandırılmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.

Neft və qaz boru kəmərləri ilə nəqli zamanı əmələ gələn duz və parafin çökmə problemləri əsasən atqı xətlərində və nəql borularında baş verən mürəkkəbləşmələrlə bağlı olur. Məlumdur ki, parafinli neftlərin yığılması və nəqli onilliklər ərzində neft sənayesində mürəkkəb və çox çətin problem olmuşdur. Boru kəmərlərində parafinli neftlərin aşağı temperaturlarda axınçılığının zəifləməsi və ya neftin

tam axmaması və axmağa mane olan gelləşməsi ilə nəticələnə bilər, neftin qeyri-Nyuton davranışına səbəb ola bilər və parafinli xam neftin temperaturu kristallaşma nöqtəsinə yaxınlaşdıqca , effektiv özlülüyün artmasına səbəb ola bilər. Boru kəmərlərində parafinin kristallaşma nöqtəsində və ya aşağı temperaturda və ya parafinin aşağı temperaturlarda donması ilə nəticələnə bilər ki, bu da əhəmiyyətli dərəcədə neftin qeyri-Nyuton davranışına və parafinli xam neftin temperaturu donma nöqtəsinə yaxınlaşdıqca effektiv özlülüyün artmasına səbəb olaraq axmağa mane olur.Bütün deyilənləri nəzərə alaraq dissertasiya işində neftin nəqli zamanı borularda yaranan mürəkkəbləşmələrə qarşı yeni duz və parafin inhibitorları işlənib hazırlanmışdır, onların mədən şəraitində tətbiq texnologiyarı işlənib hazırlanmışdır.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas müddəaları aşağıdakı beynəlxalq və yerli nüfuzlu konfrans və seminarlarda müzakirə olunmuşdur:

1. Aliyev, C.R. Chemical Mitigation of Paraffin Deposition During Transportation of High Paraffinic Crude Oils // Practical Conference SOCIETY AND SCIENCE: INTERCONNECTION. – 2025. – C. 2. – S. 44–45 .

2. Gurbanov, A.N., Aliyev, C.R. Механизм образования и методы борьбы с асфальтено-смолистопарафиновыми отложениями в нефтепромысловом оборудовании. Надежность и безопасность транспортирования, хранения и распределения газа, нефти и нефтепродуктов. – 2025. – C. 1. – S. 100–101.

3. Əliyev, C.R. Neft-mədən avadanlıqlarında asfalten-qatran-parafin çöküntülərinə qarşı mübarizə üsulları. // Elm və Təhsil Tədqiqatları VIII Respublika Elmi Konfransı. – 2025. – C. 3. – S. 165–168.

4. Gurbanov, A.N., Aliyev, C.R., Ismayilov, G., Adigozelova, M., Abdullayev, E., Aliyev, I.. Undesirable Consequences of Transporting Stable Oil Emulsions Mixed with Condensate. – Konfrans materialı // The Seventh Eurasian Conference RISK-2025 "Risk-oriented Design and Operation of Infrastructure Systems: Sustainability Paradigm". – 2025. – C. 1. – S. 49.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft Sənayesi Univestitetində yerinə yetirilmişdir.

Müəllifin şəxsi iştirakı. Müəllif dissertasiyaya daxil edilmiş məsələlərin qoyuluşu və aparılan tədqiqatların yerinə yetirilməsi, alınmış eksperimental nəticələrin ümumiləşdirilib şərh edilməsi və məqalələrin yazılmasında şəxsən özü iştirak etmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi: Dissertasiya işi 211 səhifə həcmində olub, girişdən və 4 fəsildən, o cümlədən, 32 şəkildən, 44 cədvəldən, nəticə və 187 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya işinin strukturunu ümumi 225531 işarə, giriş (17 425 işarə), I Fəsil – (61 732 işarə), II Fəsil – (21 343 işarə), III Fəsil – (82 069 işarə), IV Fəsil – (40 135 işarə), nəticə (2 831 işarə), istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı təşkil edir.

İşin dərc olunması. Dissertasiya işinin əsas məzmunu 9 məqalə, 4 konfrans materialı və 2 patentdə dərc olunmuşdur. Məqalələrin nəşr olunduğu jurnallar Azərbaycan Respublikasının AAK-nın tələblərinə uyğun seçilmişdir. Bu məqalələrdən 3-ü beynəlxalq indexli jurnallarda dərc olunmuşdur.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Dissertasiya işinin **giriş hissəsində** mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi, vəzifələri, həll olunacaq məsələlər, elmi yeniliklər, işin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, işin strukturu və həcmi əks olunmuşdur. Dissertasiya işi dörd fəsildən ibarətdir.

Birinci fəsildə yüksək parafinli neftlərin boru kəmərləri ilə nəqli zamanı yaranan problemlər və onların aradan qaldırılması istiqamətində aparılmış elmi tədqiqatların ədəbiyyat icmalı verilmişdir. Bu məqsədlə neftin aşağı temperatur xassələrinin yaxşılaşdırılması üsulları, polimer əsaslı depressator aşqarlarının tətbiqi, qeyri-üzvi duz çöküntülərinin və asfalten-qətran-parafin çöküntülərinin əmələgəlmə mexanizmləri, eləcə də onlara qarşı mübarizə metodları üzrə mövcud elmi mənbələr təhlil edilmişdir. Həmçinin parafin kristallarının quruluşu, kristallaşma prosesində

molekullararası qarşılıqlı təsirlərin rolu və maqnit sahəsinin neft sistemlərində parafin, duz çöküntülərinin və emulsiyaların əmələgəlməsinə təsirinə dair nəzəri yanaşmalar nəzərdən keçirilmişdir. Ədəbiyyatın təhlili əsasında mövcud texnologiyaların imkanları və məhdudiyyətləri qiymətləndirilərək yüksək parafinli neftlərin nəqli prosesinin səmərəliliyinin artırılması istiqamətində həllini tələb edən elmi-texniki məsələlər müəyyənləşdirilmişdir.

Neftin hasilatı, hazırlanması və boru kəmərləri vasitəsilə nəqli prosesində qarşıya çıxan əsas problemlərdən biri yüksək parafinli neftlərin aşağı temperatur şəraitində fiziki-kimyəvi və reoloji xassələrinin dəyişməsi, eləcə də boru kəmərlərinin daxili səthində asfalten-qətran-parafin çöküntülərinin (AQPÇ) və qeyri-üzvi duzların yaranmasıdır. Bu proseslər nəql sistemlərinin hidravlik müqavimətinin artmasına, məhsuldarlığın azalmasına, enerji sərfiyyatının yüksəlməsinə və texnoloji avadanlıqların istismar etibarlılığının aşağı düşməsinə səbəb olur. Xüsusilə yüksək parafinli neftlərin temperatur dəyişmələrinə həssaslığı onların uzaq məsafələrə nəqlini mürəkkəbləşdirir. [1] Xüsusilə yüksək parafinli neftlərin temperatur dəyişmələrinə həssaslığı onların uzaq məsafələrə nəqlini mürəkkəbləşdirir. Bu baxımdan parafin kristallaşmasının, çöküntüəmələgəlmə mexanizmlərinin və neftin aşağı temperatur xassələrinin öyrənilməsi, eləcə də mövcud mübarizə üsullarının təhlili mühüm elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Yüksək parafinli neftlərin əsas xüsusiyyətlərindən biri onların tərkibində yüksək molekul kütləli doymuş karbohidrogenlərin əhəmiyyətli miqdarda olmasıdır. Parafinlər əsasən C_{16}–C_{64} karbohidrogenlərindən ibarət olub, lay şəraitində neftdə həll olmuş vəziyyətdə mövcud olur. Temperaturun aşağı düşməsi ilə parafinlərin həll olma qabiliyyəti azalır, molekulların assosiasiyası və kristallaşması başlayır. Kristalların böyüməsi və bir-biri ilə birləşməsi nəticəsində neftin strukturlaşması, özlülüyünün artması və axıcılığının zəifləməsi müşahidə olunur. Özlülük, neftin donma

[1]Szuflita S., Pajda M., Kuśnierczyk J., Wojnicki M., Warnecki M. Studies on the Efficiency of the Impact of Paraffin Inhibitors on Lowering the WAT Temperature and Reducing the Amount of Paraffin Deposit // Energies. – 2020. – Vol. 13, No. 18.

temperaturu, axıcılıq həddi və struktur-mexaniki göstəriciləri də nəql prosese təsir edən əsas parametrlərdəndir. Neftin aşağı temperatur xassələrinin yaxşılaşdırılması üçün ədəbiyyatda istilik, mexaniki, fiziki-kimyəvi və kimyəvi üsullar istifadə olunur. İstilik üsullarına neftin qızdırılması, boru kəmərlərinin istilik izolyasiyası və müəyyən məsafələrdən bir təkrar qızdırılma sistemlərinin tətbiqi daxildir. Bu üsullar parafin kristallarının yaranmasını zəiflətməklə neftin axıcılığını yaxşılaşdırır. Lakin istilik metodunun həyata keçirilməsi əlavə enerji sərfiyyatı, müvafiq avadanlıqların quraşdırılması və istismar xərcləri ilə müşayiət olunur. Mexaniki üsullar, o cümlədən boru kəmərlərinin təmizlənməsi, artıq formalaşmış çöküntülərin kənarlaşdırılmasına imkan verir.. Fiziki-kimyəvi üsullardan biri də neftin daha aşağı özlülüklü karbohidrogenlərlə və ya uyğun həlledicilərlə durulaşdırılmasıdır. Lakin durulaşdırıcıların tətbiqi əlavə xammal və həlledici tələbatı, səmərəliliyi aşağı salır

Yüksək parafinli neftlərin reoloji xassələrinin yaxşılaşdırılmasında polimer əsaslı birləşmələrin istifadəsi xüsusi yer tutur. Bu maddələr kristalların səthində adsorbsiya olunaraq onların böyüməsini və bir-birinə birləşməsini çətinləşdirə, nəticədə neftin axıcılığını və aşağı temperatur göstəricilərini yaxşılaşır. Bu birləşmələrin effektivliyi yalnız onların kimyəvi tərkibindən deyil, həm də dozalanma miqdarından, neftin parafin tərkibindən, temperatur rejimindən və reagentin neftdə paylanmasından asılıdır. [2]

Neftin hasilatı və nəqli zamanı yaranan qeyri-üzvi duz çöküntüləri də avadanlıqların işinə mənfi təsir göstərən mühüm amillərdəndir. Duzların çökməsi lay suyunun ion tərkibindən, minerallaşma dərəcəsindən, temperatur və təzyiq şəraitindən, eləcə də müxtəlif suların qarışması zamanı baş verən fiziki-kimyəvi dəyişikliklərdən asılıdır. Bu çöküntülər boru kəmərlərinin, nasosların və digər texnoloji avadanlıqların daxili səthində toplanaraq keçid sahəsini azaldır, hidravlik müqaviməti artırır və avadanlıqların işini çətinləşdirir. Duzçökmə inhibitorlarının təsir mexanizmləri əsasən kristallaşma prosesinin ləngidilməsi, kristalların böyüməsinin

[2] F. Yang, Y. Zhao, J. Sjöblom, C. Li, K.G. Paso Polymeric wax inhibitors and pour point depressants for waxy crude oils: a critical review J Dispers Sci Technol, 36 (2015), pp. 213-225

məhdudlaşdırılması, ionların kompleksləşdirilməsi və çöküntülərin səthlərə yapışmasının azaldılması ilə əlaqələndirilir.. Polimer əsaslı birləşmələr və səthi-fəal maddələr də duz kristallarının formalaşma və səthə çökmə proseslərinə təsir göstərir.İnhibitorların effektivliyi suyun ion tərkibindən, minerallaşma dərəcəsindən, temperaturdan və reagentin qatılığından asılıdır.

Yüksək parafinli neftlərin nəqli zamanı yaranan AQPÇ və duzçökmə problemlərinin həllində maqnit sahəsinin tətbiqi istiqamətində də tədqiqatlar aparılır. Neftin mürəkkəb kolloid-dispers sistem olması onun tərkibindəki asfalten, qətran, parafin, su və mexaniki qarışıqların qarşılıqlı təsirini şərtləndirir. Maqnit sahəsinin təsirinin bu sistemlərdə struktur dəyişiklikləri yaratması və dispers hissəciklərin davranışına təsir göstərməsi mümkün mexanizmlər kimi nəzərdən keçirilir. Duzlu su sistemlərində isə həll olmuş ionların elektrik yüklü olması onların xarici sahələrin təsirinə həssaslığının araşdırılmasını aktuallaşdırır. [3]

Aparılmış ədəbiyyat icmalının təhlili göstərir ki, yüksək parafinli neftlərin nəqli zamanı yaranan mürəkkəbləşmələr bir-biri ilə əlaqəli fiziki, kimyəvi və hidrodinamik proseslərin nəticəsidir.Bu baxımdan çöküntülərin yaranma mexanizmlərinin kompleks şəkildə öyrənilməsi, reagentlərin təsirinin qiymətləndirilməsi, onların optimal sərfinin müəyyənləşdirilməsi və fiziki-kimyəvi üsulların birgə tətbiqi yüksək parafinli neftlərin boru kəmərləri ilə etibarlı və iqtisadi cəhətdən səmərəli nəqlinin təmin edilməsi üçün əsas elmi-praktiki istiqamətlərdən biri hesab olunur.

İkinci fəsil. Tədqiqat işinin eksperimental hissəsində yüksək parafinli neftlərin fiziki-kimyəvi və reoloji xassələrinin, asfalten-qətran-parafin çöküntülərinin (AQPÇ) komponent tərkibinin, eləcə də duzçökmə proseslərinə qarşı istifadə olunan reagentlərin effektivliyinin qiymətləndirilməsi məqsədilə laboratoriya tədqiqatları aparılmışdır. Eksperimental işlər zamanı neft və su nümunələrinin əsas göstəricilərinin təyini, parafinçökmə prosesinin modelləşdirilməsi, inhibitorların təsir effektivliyinin

[3] Злобин А.А. О механизме магнтной активации нефти для защиты скважин от асфальтосмолопарафиновых отложений// Нефтяное хозяйство. 2017, №1. С.52-56

müəyyənləşdirilməsi və müxtəlif analiz metodlarından istifadə edilmişdir. Tədqiqatlarda əldə olunan nəticələrin dəqiqliyini və təkrarlanmasını təmin etmək üçün müvafiq standartlara əsaslanan metodikalardan və laboratoriya avadanlıqlarından istifadə olunmuşdur.

Neft nümunələrinin sıxlığı termostatlaşdırılmış şəraitdə aerometrik üsulla təyin edilmiş, nəticələr 20°C temperatur üçün hesablanmışdır. Kinematik özlülüyün müəyyənləşdirilməsi üçün Stabinger SVM3001 viskozimetrindən istifadə olunmuşdur. Neftin temperatur və axın şəraitindən asılı reoloji davranışını qiymətləndirmək üçün isə Brookfield fırlanma reometri və EuroPhysics Rheo 2000 qurğusu, həmçinin termostatlaşdırılmış ölçmə sistemi tətbiq edilmişdir. Bu cihazlar vasitəsilə effektiv özlülük və sürüşmə gərginliyi ölçülmüş, neftin axıcılıq xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Neftin donma temperaturu qızdırılmış nümunənin tədricən soyudulması və hərəkətsiz vəziyyətə keçdiyi temperaturun müəyyən edilməsi ilə qiymətləndirilmişdir.

Parafin çökmə inhibitorlarının effektivliyinin yoxlanılması üçün "soyuq barmaq" üsulu tətbiq edilmişdir. Təcrübələrdə 400–500 q neft nümunəsi maqnit qarışdırıcı ilə qarışdırılmış, neft mühiti ilə paslanmayan poladdan hazırlanmış soyudulan səth arasında temperatur fərqi yaradılmışdır. Neftin temperaturu parafin kristallaşmasının başlanğıc temperaturundan yüksək, soyuq səthin temperaturu isə aşağı saxlanılmışdır. Təcrübə 5 saata qədər davam etdirilmişdir. Sınaqdan sonra soyuq səthdə yaranmış çöküntü həlledici ilə yuyulmuş, həlledici buxarlandırıldıqdan sonra çöküntünün kütləsi ölçülmüşdür. Eyni şəraitdə inhibitorsuz və inhibitor əlavə edilmiş neft nümunələri müqayisə olunmuşdur. Çöküntü kütlələrinin müqayisəsi əsasında inhibitorun parafin və AQPÇ əmələ gəlməsini azaltma effektivliyi faizlə hesablanmışdır.

Neftin temperaturu parafin kristallaşmasının başlanğıc temperaturundan yüksək, soyuq səthin temperaturu isə aşağı saxlanılmışdır. Eyni şəraitdə inhibitorsuz və inhibitor əlavə edilmiş neft nümunələri müqayisə olunmuşdur. Çöküntü kütlələrinin müqayisəsi əsasında inhibitorun AQPÇ-nin əmələ gəlməsini azaltma

effektivliyi hesablanmışdır. Aparılan sınaqların inhibitorla təsiri aşağıdakı düsturla hesablanır[4]:

$$K = [(C2-C1)/C2] \times 100\%,$$

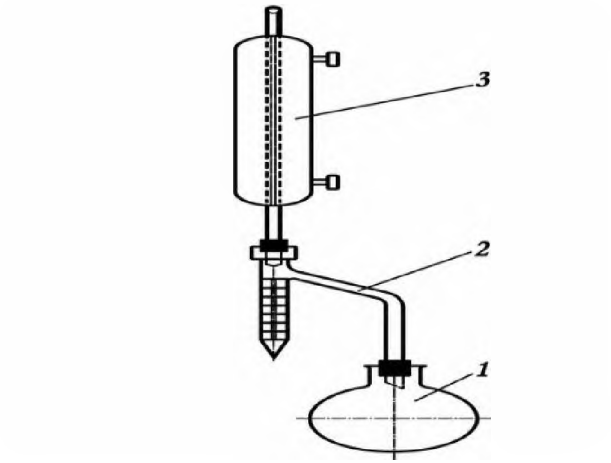
burada, K – inhibitorun AQPÇ-inə qarşı təsir effekti, %.; C1 – inhibitor əlavə edildikdən sonra soyuq barmaqcıqdakı AQPÇ-nin kütləsi, g;C2 -inhibitorsuz mühitdə soyuq barmaqda AQPÇ-nin kütləsi, g.



Şəkil 1. Parafin çökmə inhibitorlarının effektivliyini qiymətləndirmək üçün quraşdırırılmış qurğu

Neft nümunələrində suyun miqdarı Dean–Stark qurğusu(şəkil 2) vasitəsilə distillə-ölçmə üsulu ilə müəyyən edilmişdir. Bu zaman nümunə həlledici ilə qarışdırılaraq qızdırılmış, ayrılan su qəbuledici hissədə toplanmış və ölçülmüşdür. Neftin su tərkibi toplanmış suyun həcminə və götürülmüş nümunənin kütləsinə və ya həcminə əsasən hesablanmışdır.

[4] Gao C. Experimental Research on Paraffin Deposition with Cold Finger Devices – A Review // Improved Oil and Gas Recovery. – 2025. – Vol. 9. – P. 1–20



Şəkil 2. Laboratoriya şəraitində suyun miqdarını təyin etmək üçün Dino-Stark qurğusu. Dino-Stark 1 – kolba; 2 – qəbuledici-tələ; 3 – soyuducu kamera.

Duzçökməyə qarşı reagentlərin təsirini qiymətləndirmək üçün kalsium-karbonat ($CaCO_3$) və kalsium-sulfat ($CaSO_4$) əmələ gətirən model su nümunələrində laboratoriya sınaqları aparılmışdır. Reagentlərin 2%-li sulu məhlulları hazırlanmış və 10–200 q/t diapazonunda müxtəlif dozalarla model sistemlərə əlavə edilmişdir. Hazırlanmış nümunələr 80°C temperaturda 5 saat saxlanıldıqdan sonra soyudulmuş və əmələ gələn çöküntülər süzülərək ayrılmışdır. Məhlulda qalan kalsium ionlarının miqdarı kompleksometrik (trilonometrik) titrləmə ilə müəyyən edilmişdir. Alınan nəticələr ilkin məhlul və inhibitorsuz nəzarət nümunəsi ilə müqayisə edilərək reagentlərin duzçökməyə qarşı effektivliyi qiymətləndirilmişdir.

Dissertasiyanın **üçüncü fəslinin** ilk bölməsi duzçökmə inhibitorlarının yaradılmasına və onların laboratoriya şəraitində sınaqların aparılmasına həsr olunmuşdur. Dissertasiya işində neft-mədən avadanlıqlarında və nəql sistemlərində qeyri-üzvi duz çöküntülərinin qarşısının alınması məqsədilə müxtəlif kimyəvi tərkiblərin hazırlanması, onların laboratoriya şəraitində müqayisəli şəkildə tədqiqi və optimal inhibitor kompozisiyalarının seçilməsi istiqamətində kompleks tədqiqatlar aparılmışdır. Tədqiqatlar karbonatlı və sulfatlı model lay sularında həyata keçirilmiş, kalsium

karbonat və kalsium sulfat tipli çöküntülərin əmələ gəlməsinə qarşı müxtəlif reagentlərin inhibitor təsiri qiymətləndirilmişdir. İlkin mərhələdə natrium karboksimetilselülozun (NaKMS-600) duzçökməyə qarşı inhibitor kimi effektivliyi öyrənilmişdir. (Cədvəl 1) Müəyyən edilmişdir ki, reagent sulfat tipli duzların çökməsinin qarşısının alınmasında yüksək təsir göstərsə də, karbonat mənşəli çöküntülərə qarşı təsiri çox zəifdir. Sonrakı tədqiqatlar inhibitorlaşdırılmış xlorid turşusu ilə aparılmış və müəyyən edilmişdir ki, bu reagent əksinə karbonat tipli duzların əmələ gəlməsinin qarşısını yüksək dozalarda effektiv şəkildə alır, lakin sulfat duzlarına qarşı kifayət qədər təsir göstərmir. Beləliklə, hər iki reagentin fərqli duz sistemlərinə seçici təsir göstərməsi onların ayrıca tətbiqinin kifayət etmədiyini və yeni kompleks tərkiblərin hazırlanmasının zəruriliyini göstərmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, ayrı-ayrılıqda istifadə edilən komponentlərlə müqayisədə onların qarışıqları daha yüksək inhibitor effekti nümayiş etdirir.(Cədvəl 2).

Cədvəl 1.

NaKMS-600-in "karbonatlı" və "sulfatlı" model lay sularında duzçökmələrə qarşı təsir effekti

Reagentin sərfi q/t	Duzçökmə effekti. %-lə	
	"karbonatlı" suda	"sulfatlı" suda
5	-	20,5
10	-	35,0
15	-	50,0
20	-	60,0
25	-	70,0
30	-	80,0
40	-	90,0
50	-	100,0

Cədvəl 2.

o-fosfat turşusu , NaKMS və su qarışıqları əsasında hazırlanmış tərkiblərin fiziki-kimyəvi göstəriciləri

Tərkiblər	Komponentlər			Sıxlıq, 20^0C,kq/m^3	Özlülük, 20^0C, mm^2/s	Donma Temperaturu,^0C
	H_3PO_4	NaKMS	Su			
I	5	0,5	94,5	1,020	3,025	-3
II	5	1,0	94,0	1,050	3.300	-3
III	5	1,5	93,5	1,080	3,520	-3
IV	5	2,0	93,0	1,100	5,030	-4
V	5	3,0	92,0	1,2030	5,075	-4

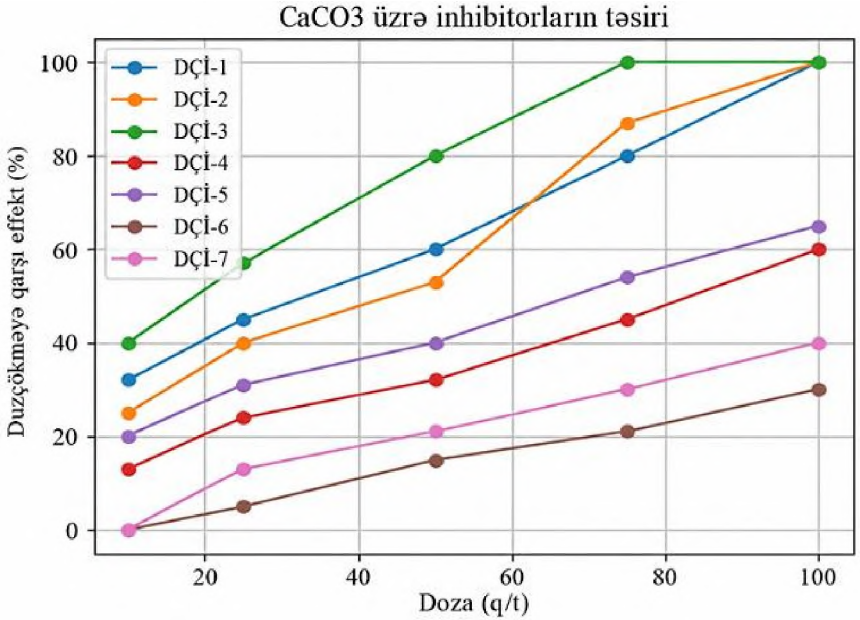
Cədvəl 3

Hazırlanmış tərkiblərin duzçökmələrə qarşı təsir effektləri

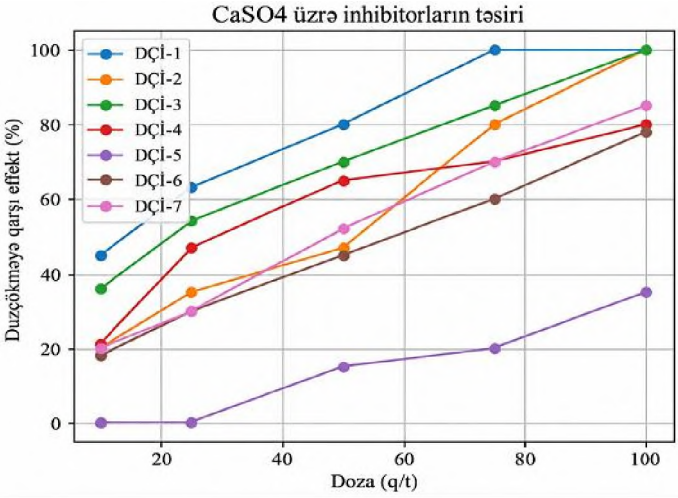
Tərkiblər	Doza, q/t	Duz çökmələrinə qarşı təsir effekti,%	
		$CaCO_3$	$CaSO_4$
I	25	43,0	32,0
	50	62,0	47,0
	75	81,0	65,0
	100	100,0	90,0
II	25	48,0	45,0
	50	67,0	65,0
	75	83,0	80,0
	100	100,0	100,0
III	25	40,0	45,0
	50	63,0	67,0
	75	85,0	82,0
	100	100,0	100,0
IV	25	58,0	50,0
	50	74,0	83,0
	75	90,0	100,0
	100	100,0	100,0
V	25	48,0	90,0
	50	65,0	100,0
	75	85,0	100,0

Tədqiqatların davamı olaraq ammofos, NaKMS, sulfanol və inhibitorlaşdırılmış xlorid turşusu əsasında yeni "DÇİ" markalı kompozisiyalar hazırlanmışdır. Hazırlanmış tərkiblərin homogenliyi, uzunmüddətli stabilliyi və fiziki-kimyəvi göstəriciləri qiymətləndirilmiş, daha sonra onların duzçökməyə qarşı inhibitor təsiri müəyyən edilmişdir. Laboratoriya sınaqları göstərmişdir ki, DÇİ-1, DÇİ-2 və DÇİ-3 kompozisiyaları digər tərkiblərlə müqayisədə daha yüksək effektivlik nümayiş etdirir və aşağı reagent sərflərində karbonat və sulfat mənşəli duzların əmələ gəlməsinin qarşısını demək olar ki, tam alır. Nəticələr komponentlərin sinergik təsirin mövcudluğunu təsdiq etmişdir.(Şəkil 3,4)

Müəyyən olunmuşdur ki, hazırlanmış kompozisiyalar aşağı dozalanma şəraitində belə yüksək inhibitor təsiri nümayiş etdirir, karbonat və sulfat tipli duzların əmələ gəlməsini effektiv şəkildə məhdudlaşdırır və aşağı donma temperaturuna malik olduqlarına görə geniş temperatur intervalında tətbiq oluna bilir.



Şəkil 3. DÇİ 1- 7 tərkiblərin sərflərindən asılı olaraq $CaSO_4$ duz çökmələrinə qarşı təsir effektləri.



Şəkil 4. DÇİ 1- 7 tərkiblərin sərflərindən asılı olaraq $CaCO_3$ duz çökmələrinə qarşı təsir effektləri

Tədqiqatlar yüksək parafinli neftlərin nəqli zamanı AQPÇ-nin həll edilməsi və qarşısının alınması üçün həlledici və digər komponentlərin müəyyən olunaraq depressor aşqarlarının hazırlanması ilə davam etdirilmişdir. Tədqiqatlar N.Nərimanov adına NQÇİ-nin Səngəçal–Duvannı–Xara–Zirə yatağından götürülmüş nümunələr üzərində aparılmışdır. (Cədvəl 4).

Cədvəl 4

"Azneft" İB-nin yataqlarındakı (NQÇİ) hasilat quyularından götürülmüş AQPÇ nümunələri

Nümunənin götürüldüyü NQÇİ	AQPÇ-nin kütləsi,%				
	Mexaniki qarışıqlar	Asfaltenlər	qatranlar	Parafinlər	İtkilər
Nərimanov NQÇİ	1,35	7,83	18,86	70,53	1,43
Neft Daşları	1,85	11,54	9,42	75,87	1,32

Tədqiqatlarda 80–180°C fraksiyalı benzin, kerosin, stabil qaz kondensatı, katalitik krekinqin yüngül fleqması (KKYF), maye piroliz qatranı və digər aromatik tərkibli həlledicilər istifadə edilmişdir. AQPÇ-nin həllolma qabiliyyəti 20 və 40°C temperaturlarda xüsusi

eksperimental qurğuda öyrənilmişdir. Seçilmiş həlledicinin həllolma qabiliyyəti, yəni effektivliyi aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:

$$E= [(m_0+m)- (m_s+m)/ m_0 +m]100\%$$

burada: m0 - seçilmiş AQPÇ-nin ilkin kütləsidir, g; m - tədqiqatdan sonra seçilmiş AQPÇ-nin kütləsi, g; ms – seçilmiş metal tor setkanın kütləsi, g.

Alınan nəticələr göstərmişdir ki, istifadə olunan həlledicilər arasında ən yüksək həllolma qabiliyyəti maye piroliz qatranına məxsus olmuşdur. Belə ki, 20°C temperaturda onun AQPÇ-ni həll etmə effekti 57,15%, 40°C temperaturda isə 55,88% təşkil etmişdir. Müqayisə üçün qeyd etmək lazımdır ki, KKYF üçün bu göstəricilər müvafiq olaraq 31,88 və 45,92%, benzin üçün 9,89 və 21,95%, kerosin üçün isə 7,29 və 27,75% olmuşdur. Stabil qaz kondensatı isə ən aşağı həllolma qabiliyyəti göstərmişdir (Cədvəl 5). Həlledicilərin təsirini artırmaq məqsədilə onların tərkibinə 0,5% miqdarında qeyri-ionogen səthi aktiv maddə əlavə edilmişdir. Səthi aktiv maddənin tətbiqi bütün həlledicilərin dispersiya qabiliyyətini artırır. Ən yüksək nəticə maye piroliz qatranı ilə qeyri-ionogen səthi aktiv maddənin qarışığında əldə edilmişdir. Alınmış nəticələr aromatik karbohidrogenlərlə qeyri-ionogen səthi aktiv maddələr arasında sinergetik təsirin mövcud olduğunu və onların birlikdə tətbiqinin AQPÇ-nin həll olunmasını əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırdığını göstərmişdir.

Cədvəl 5

Müxtəlif temperaturlarda həlledicilərin AQPÇ-nə qarşı həllolma təsirləri

həlledicilər	Temperatur, ^{0}C							
	20				40			
	m_0,q	m,q	∇_m,q	%	m_0,q	m,q	∇_m,q	%
Kerosin	7,820	7,25	0,570	7,29	7,820	5,650	2,17	27,75
benzin	5,745	5,17	0,567	9,89	5,745	4,485	1,26	21,95
KKYF	7,840	5,34	2,50	31,8	7,840	4,235	3,60	45,92
Kondensat	6,754	6,53	0,217	37,2	6,754	6,124	0.63	9.33

Cədvəl 6.

Müxtəlif temperaturlarda həlledici və qeyri-ionogen SAM qarışıqlarının AQPÇ-nin həllomasına təsiri

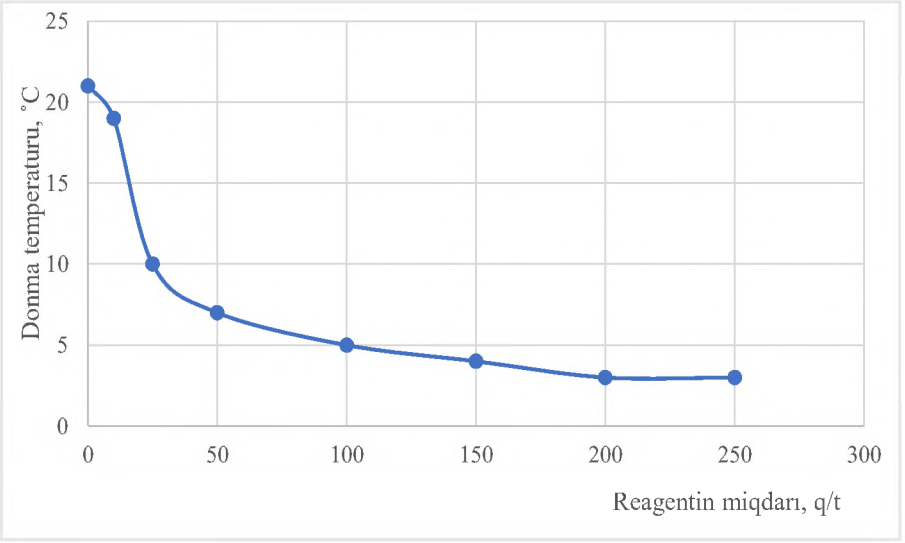
Həlledici+ SAM+ fleksoil	Temperatur, ^{0}C							
	20				40			
	$m_{0,q}$	m,q	$\nabla_{m,q}$	%	$m_{0,q}$	m,q	$\nabla_{m,q}$	%
Kerosin	7.82	7.01	0.80	10,2	7.820	6.750	1.07	13.7
Benzin	5.74	5.01	0.79	13.7	5.745	4.735	1.01	17.6
Kondensat	6.75	6.43	o.31	4,5	6.754	6.153	0.6	8.9
KKYF	7.84	5.02	2.82	36,0	7.840	4.650	3.39	43.2
Maye piroliz qətranı	7.83	4.01	3,81	39.0	7.830	2.25	5.48	70.0

Tədqiqatın növbəti məlhələsində AQPÇ-nin yalnız həll edilməsi deyil, həm də onun yenidən əmələ gəlməsinin qarşısının alınması məqsədilə amfifil polimer əsasında, həlledicilərlə birlikdə yeni inhibitor tərkibi hazırlanmışdır. Hazırlanmış kompozisiyanın tərkibinə 2% amfifil polimer, 8% qeyri-ionogen səthi aktiv maddə və 90% aromatik həlledici daxil edilmişdir. Laboratoriya tədqiqatları göstərmişdir ki, reagent sərfinin artırılması ilə AQPÇ-nin çökmə miqdarı tədricən azalır və inhibitor effekti yüksəlir. 100 q/t dozada inhibitor effekti 59,61%, 150 q/t dozada 74,23%, 200 və 250 q/t dozalarda isə 74,61% təşkil etmişdir. Eyni zamanda parafinli neftin donma temperaturu ilkin +21°C-dən mərhələli şəkildə azalaraq 200–250 q/t sərflərdə +3°C-yə qədər enmişdir. Hazırlanmış polimer əsaslı kompozisiyanın neftin reoloji xassələrinə təsiri də öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, reagent yalnız parafin çöküntülərinin qarşısını almır, həm də neftin özlülüyünü əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Belə ki, kinematik özlülük 280,27 mm²/s-dən 66,33 mm²/s-ə, dinamik özlülük isə 250,45 mPa·s-dən 58,7 mPa·s-ə qədər azalmışdır(Cədvəl 7)

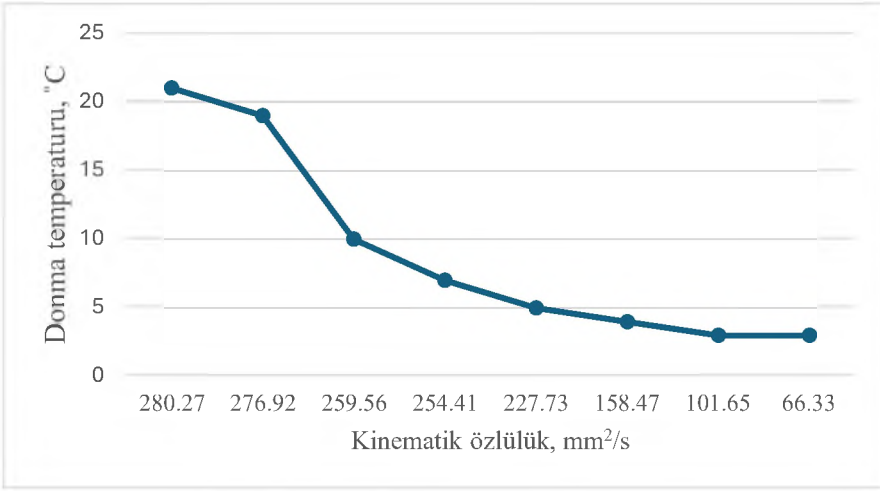
Cədvəl 7

Polimer əsaslı aşqarı əlavə etdikdə AQPÇ-nə təsiri

Reagentin Sərfi, q/t	AQPÇ-in soyuq barmaqcıqda çökmə miqdarı, q	İnhibitorun AQPÇ qarşı təsir effekti,%	AQPÇ tərkibli neftin donma temperaturu, ^{0}C	Neftin sıxlığı 20^0C	Özlülük, 20^0C	
					dinamik mPa san	Kinema -tik, mm^2/san
Tərkibsiz	13,0	-	+21	0,893	250,45	280,27
10	11,24	13,54	+19	0,893	247,32	276,92
25	10,30	20,76	+10	0,892	231,53	259,56
50	8,72	32,92	+7	0,891	226,76	254,41
100	5,25	59,61	+5	0,889	202,45	227,73
150	3,35	74,23	+4	0,887	140,56	158,47
200	3,30	74,61	+3	0,885	90,0	101.65
250	3,30	74,61	+3	0,885	58,7	66,33



Şəkil 5. Donma temperaturunun reagentin miqdarından asılılığı



Şəkil 6. Kinematik özlülüyün dəyişməsi

Yüksək parafinli neftlərin aşağı temperatur xassələrinə həlledicilərin və polimerlərin təsiri müəyyən edilmiş, alınmış nəticələr əsasında depressor təsirli kompozisiyaların tərkibi formalaşdırılmışdır. Tədqiqatlarda qeyri-ion səthi aktiv maddə kimi Laprol 4202-2B-30 və Laprol 3603-2-12, həlledici kimi katalitik krekinqin yüngül fleqması (KKYF), birgə həlledici kimi isə yüngül piroliz qatranı və əlavə olaraq etilen-vinil asetat (EVA) sopolimerindən istifadə edilmişdir.

Hazırlanmış kompozisiyaların fiziki-kimyəvi göstəriciləri müəyyən edilmiş və onların sıxlığının 880–890 kq/m³, kinematik özlülüyünün 120–125 mm²/s, dinamik özlülüyünün 110–120 mPa·s, intervalında olduğu müəyyən edilmişdir.

Hazırlanmış depressorların effektivliyi yüksək parafinli neft nümunəsində tədqiq edilmişdir. Sınaq neftinin tərkibində parafinin miqdarı 23%, asfaltenlərin 2,75%, qatranların isə 5,4% olmuş və ilkin donma temperaturu +31°C təşkil etmişdir. Aşqarların 0,01 və 0,02 kütlə %-lik qatılıqlarında aparılan tədqiqatlar nəticəsində bütün kompozisiyaların müəyyən dərəcədə depressor təsir göstərdiyi müəyyən edilmişdir (Cədvəl 8).

Cədvəl 8.

Depressor təsirli tərkiblərin AQP tərkibli neftlərə qarşı təsiri

Tərkibin № -si	Aşqarın neftdə qatılığı, % kütlə	Neftin donma temperaturu, T_{donma}, ^0C	ΔT, ^oC
1	0,01	-10	41
	0,02	-13	44
2	0,01	-7	38
	0,02	-11	42
3	0,01	-6	37
	0,02	-15	46
4	0,01	2	29
	0,02	6	25
5	0,01	8	23
	0,02	10	21
6	0,01	13	18
	0,02	11	20
7	0,01	0	31
	0,02	2	29
8	0,01	-3	34
	0,02	-5	36
9	0,01	1	30
	0,02	-1	32
10	0,01	4	27
	0,02	2	29
11	0,01	-13	44
	0,02	-15	46
12	0,01	-10	41
	0,02	-15	46
13	0,01	-23	54
	0,02	-27	58
14	0,01	10	21
	0,02	2	29
15	0,01	-14	45
	0,02	-17	48

Cədvəl 8-in davamı

16	0,01 0,02	-18 -21	49 52
17	0,01 0,02	-12 -17	43 48
Məlum tərkib (prototip)	0,01 0,02	13 5	18 26

Tədqiqatların növbəti mərhələsində su-neft emulsiyalarının parçalanması, AQPÇ-nin qarşısının alınması və neft-mədən avadanlıqlarının korroziyadan mühafizəsi üçün yeni çoxfunksiyalı kompozisiya işlənib hazırlanmışdır. Kompozisiyanın tərkibinə Laprol əsaslı blok sopolimer, təbii neft turşularının polietilenpoliaminlərlə kondensləşməsindən alınmış imidazolin və aromatik həlledici daxil edilmişdir. Hazırlanmış tərkiblərin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri müəyyən edilmiş, onların deemulqator, antikorroziya və AQPÇ əleyhinə təsirləri kompleks şəkildə qiymətləndirilmişdir. Təklif olunan tərkiblər deemulsasiya aktivliyi, korroziya və asfalten, qatran və parafin çöküntülərindən mühafizə, həmçinin neft məhsullarının qalıq miqdarına görə tədqiq olunmuşdur.Tədqiqatlar zamanı sıxlığı 910 kq\m3 ,tərkibində 40% su, 19,8 % parafin, 4,65% asfaltenlər, 7,4 % qatranlar olan davamlı neft emulsiyasından istifadə edilmişdir.

Laboratoriya sınaqları göstərmişdir ki, yeni kompozisiyalar su-neft emulsiyalarının effektiv parçalanmasını təmin edir.(Cədvəl 9). H_2S mühitində aparılan korroziya sınaqlarında müdafiə effekti, 50 q/t sərfdə isə 95%-ə çatmış, AQPÇ-nin yuyulma göstəricisi 92%/30s olmuş, çöküntülərin təmizlənmə dərəcəsi 92–93% təşkil etmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, əsas tərkiblər 50–100 q/t sərflərdə emulsiyanın qısa müddətdə parçalanmasını təmin etmiş və qalıq suyun miqdarını 1–2%-ə qədər azaltmışdır. Bu nəticələr kompozisiyanın eyni vaxtda deemulqator, korroziya inhibitoru və AQPÇ dispersantı funksiyalarını yerinə yetirdiyini göstərmişdir.

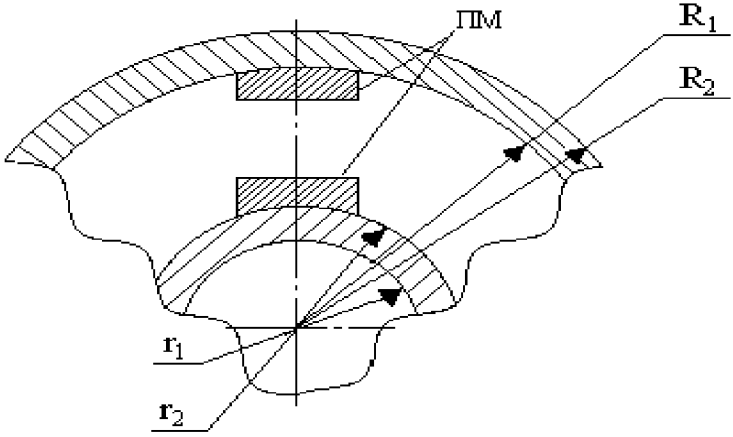
Cədvəl 9.

Deemulqator təsirli tərkiblərin AQPÇ qarşı təsiri

№	Qalıq suyun kütlə payı,%		Müdafiə effekti,%				AQPÇ-nin qarşısının alınması effekti			
			H2S-in miqdarı,mq/l				Neft təbəqəsinin yuyulması		Dispers hissəciklərin orta ölçüsü,mm	Səthdən AQPÇ-nin yuyulma payı,%
			100		200					
	tərkibin sərfi,q/t		Tərkibin sərfi,q/t				%/san	qiymət		
	25	50	25	50	25	50				
1	0,48	0,18	81	86	73	78	82/30	yaxşı	1	84
2	0,45	0,17	83	87	74	79	84/30	yaxşı	1	86
3	0,43	0,16	86	90	78	83	91/30	əla	1	90
4	0,41	0,15	89	93	81	86	85/30	əla	1	93
5	0,50	0,19	79	84	70	76	78/30	yaxşı	1	80
6	0,42	0,15	88	92	80	85	85/30	əla	1	92
7	0,40	0,15	91	95	83	88	92/30	əla	1	93
8	0,49	0,18	80	85	71	74	80/30	yaxşı	1	82
9	0,41	0,16	89	94	82	87	91/25	əla	1	92

Dissertasiyanın **dördüncü fəsli** neft-mədən avadanlıqlarında və nəql sistemlərində asfalten-qatran-parafin çöküntülərinin (AQPÇ), qeyri-üzvi duzların və mexaniki qarışıqların əmələ gəlməsinin qarşısının alınması məqsədilə reagentsiz fiziki üsulların tətbiqinə həsr olunmuşdur. Tədqiqatlarda mövcud maqnit qurğularının konstruksiyaları təhlil edilmiş və onların çatışmazlıqları nəzərə alınmaqla yeni maqnit qurğusu işlənib hazırlanmışdır. Hesablamalarda boru kəmərinin və daxili maqnit kəmərinin həndəsi parametrləri, maye axınının sürəti, təzyiq və temperatur nəzərə alınmışdır. Müxtəlif maqnit konfiqurasiyalarının müqayisəsi nəticəsində maqnitlərin həndəsi formasının maqnit sahəsinin dəyişmə xarakterinə və gərginlik qradiyentinə əhəmiyyətli təsir etdiyi müəyyən edilmişdir. "MA-Azneft" maqnit qurğusunun konstruksiyasında maqnit sistemi borunun xarici səthində yerləşdirilmiş və maqnit keçiricisi funksiyasını da yerinə yetirən hermetik qoruyucu qapaqla mühafizə

edilmişdir. Qurğunun boru kəmərinin bir hissəsi kimi hazırlanması onun neftin yığılması və nəqli sistemlərində, eləcə də neft-mədən avadanlıqlarında tətbiqinə imkan verir. İşlənmiş konstruksiya əsasında maye axınının sabit maqnitlərin yaratdığı sahədə emal olunması və maqnit sahəsinin parametrlərinin seçilməsi məsələləri tədqiq edilmişdir.

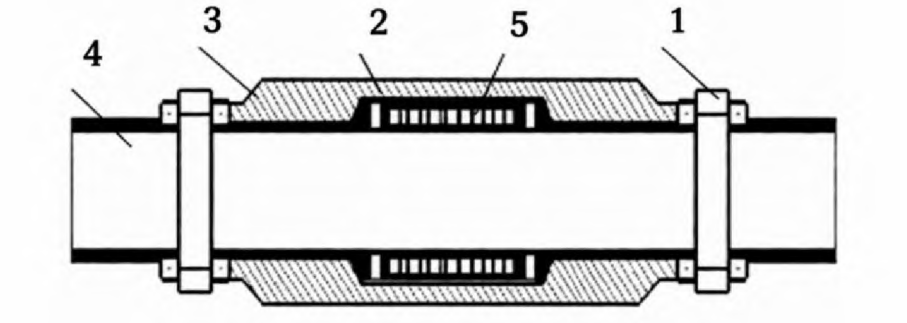


Şəkil 7. Qurğunun sxemi.

Yeni maqnit qurğusunun layihələndirilməsi üçün sabit maqnitlərin yaratdığı sahənin hesablanması metodikası işlənmişdir. Hesablamalarda boru kəmərinin və daxili maqnit kəmərinin həndəsi ölçüləri, maye axınının sürəti, təzyiq və temperatur nəzərə alınmışdır. Qurğunun hesablama modelində maye sabit maqnitlər bərkidilmiş iki konsentrik ferromaqnit boru arasındakı dairəvi kanaldan hərəkət edir. Boruların radiusları müvafiq olaraq (r_1=0,1) m, (r_2=0,108) m, (R_1=0,546) m və (R_2=0,562) m qəbul edilmişdir. Sənayedə istifadə olunan sabit maqnitlərin qalıq induksiyası nəzərə alınaraq hesablamalarda maqnit induksiyasının 0,5 Tl qiymətindən istifadə edilmişdir.(Şəkil 7)

Hesablamalar dalğa uzunluğunun 0,2 və 1,0 m, başlanğıc maqnit sahəsi gərginliyinin isə 200 və 1000 A/m qiymətləri üçün aparılmışdır. Nəticələr maqnitlərin həndəsi formasının maqnit sahəsinin dəyişmə xarakterinə və qradiyentinə əhəmiyyətli təsir göstərdiyini təsdiq etmişdir. Hamar formalı sahənin yaradılması üçün düz səthli, trapesiya

şəkilli sahəyə yaxın paylanmanın əldə edilməsi üçün isə parabolik səthli maqnitlərin daha məqsədəuyğun olduğu müəyyən edilmişdir. Bundan əlavə, maqnitlərin uzunluğu ilə aralarındakı məsafənin nisbətinin sahənin sabit və ya pulsasiya edən xarakterinə təsir göstərdiyi müəyyən olunmuşdur.



Şəkil 8. «MA-Azneft» aparatının sxemi
1 – borunun muftası, 2 – tutucu birlesmeler, 3 – qoruyucu qapaq,4 – apartin korpusu, 5 – maqnit sistemi.

Cədvəl 10.

Maqnit sahəsinin dəyişməsinin bəzi formalarını almaq üçün maqnit qurğularının parametrlərinin nümunələri

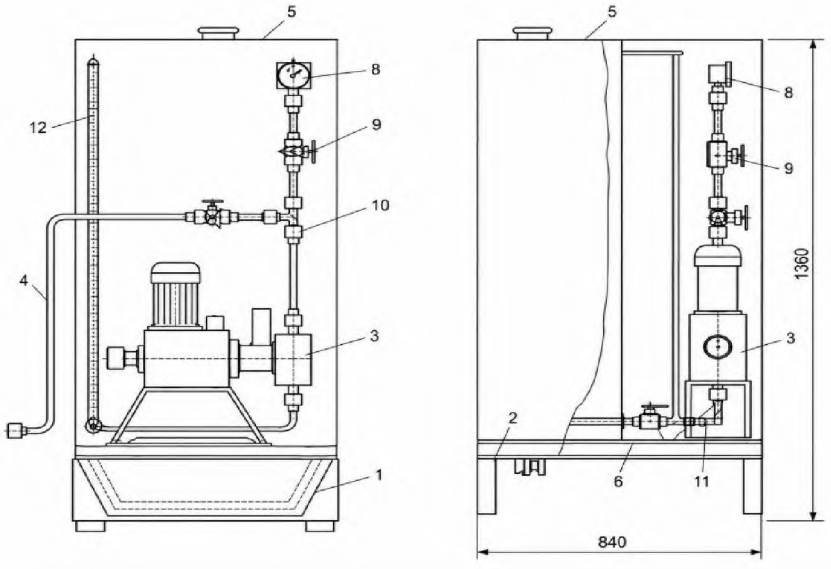
Maqnitin səthinin görünüşü/*H*-ın formasının dəyişməsi	$H_{başl}$=1000 A/m λ=0,2 m	$H_{başl}$=200 A/m λ=0,2 m	$H_{başl}$=200 A/m λ=1,0 m	$H_{başl}$=1000 A/m λ=1,0 m
Düz/Birqütblü	H_{fakt}=1028 *M*=0,006m *h*=0,02m *T*=0,006m	H_{fakt}=208 *M*=0,003m *h*=0,05m *T*=0,003m	H_{fakt}=278 *M*=0,004m *h*=0,005m *T*=0,005m	H_{fakt}=1018 *M*=0,009m *h*=0,01m =0,008m
Dairəvi silindr/ Birqütblü	H_{fakt}=1019 *M*=0,006m *h*=0,02m *T*=0,006m *R*=0,001m	H_{fakt}=207 *M*=0,003m *h*=0,05m *T*=0,003m *R*=0,001m	H_{fakt}=275 *M*=0,004m *h*=0,005m *T*=0,005m *R*=0,001m	H_{fakt}=1015 *M*=0,009m *h*=0,01m *T*=0,008m *R*=0,001m

Cədvəl 10-un davamı

Parabolik silindr/ Birqütblü	H_{fakt}=938 M=0,006m h=0,02m T=0,006m R=0,001m	H_{fakt}=207 M=0,003m h=0,05m T=0,003m R=0,001m	H_{fakt}=275 M=0,004m h=0,005m T=0,005m R=0,001m	H_{fakt}=1007 M=0,009m h=0,01m T=0,008m R=0,001m
Düz/Bipolyar	H_{fakt}=1009 M=0,007m h=0,028m T=0,007m	H_{fakt}=212 M=0,025m h=0,05m T=0,005m	H_{fakt}=271 M=0,004m h=0,004m T=0,005m	H_{fakt}=1015 M=0,009m h=0,01m T=0,008m
Dairəvi silindr/ Bipolyar	H_{fakt}=999 M=0,007m h=0,028m T=0,007m R=0,001m	H_{fakt}=210 M=0,025m h=0,005m T=0,005m R=0,001m	H_{fakt}=269 M=0,004m h=0,005m T=0,005m R=0,001m	H_{fakt}=1007 M=0,009m h=0,01m T=0,008m R=0,001m
Parabolik silindr/ Bipolyar	H_{fakt}=998 M=0,007m h=0,028m T=0,007m R=0,001m	H_{fakt}=208 M=0,025m h=0,005m T=0,005m R=0,001m	H_{fakt}=268 M=0,004m h=0,004m T=0,005m R=0,001m	H_{fakt}=1006 M=0,009m h=0,01m T=0,008m R=0,001m

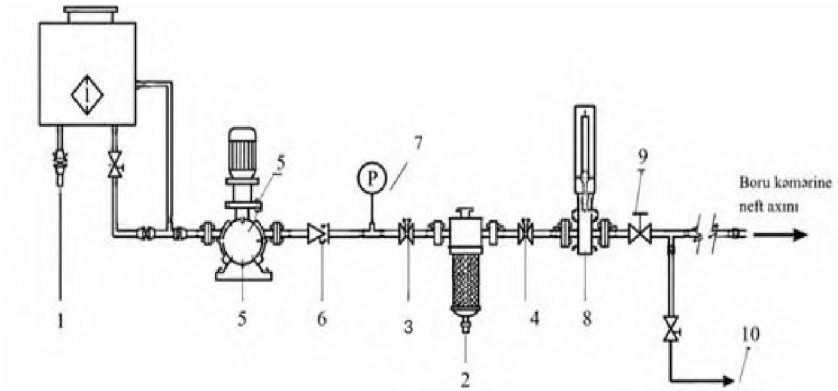
Dissertasiya işində N.Nərimanov adına NQÇİ-də neftin nəqli və hazırlanması proseslərində boru kəmərlərində yaranan duz və parafin çöküntülərinin qarşısının alınması məqsədilə inhibitorların fasiləsiz dozalarla verilməsi texnologiyası araşdırılmış və tətbiqi əsaslandırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, kimyəvi reagentlərin sistemə sabit və dəqiq dozalanması çöküntülərin əmələ gəlmə intensivliyini azaldır, boru kəmərlərinin ötürmə qabiliyyətini artırır, texnoloji prosesin dayanıqlığını təmin edir və avadanlıqların təmirlərarası istismar müddətini uzadır.İstismarda istifadə olunan dozalama qurğularının texniki vəziyyətinin təhlili zamanı bir sıra konstruktiv və istismar xarakterli çatışmazlıqlar müəyyən edilmişdir. Araşdırmalar nəticəsində filtr elementlərinin aşağı ötürmə qabiliyyətinə malik olması, elektrik kontaktlı manometrlərin texnoloji tələblərə cavab verməməsi, reagent çəninin korroziyadan mühafizə olunmaması, çən qapağının etibarsız konstruksiyası, nəfəsalma borusunun olmaması, yoxlama və sızma klapanlarının çatışmazlığı,

yüksək təzyiqli siyirtmələrin bir hissəsinin nasaz vəziyyətdə olması, həmçinin mühərrikin qorunması üçün istilik relesinin tətbiq edilməməsi əsas problemlər kimi qiymətləndirilmişdir. Bu çatışmazlıqlar reagentin fasiləsiz verilməsinə və avadanlığın uzunmüddətli istismarına mənfi təsir göstərmişdir.



Şəkil 9 – UDE dozajlı elektrik nasos qurğusu:1 - çərçivə; 2 – tutum çəni; 3 - nasos; 4 – vahid korpus; 5 – doldurucu boyun; 6-filtrlər; 7 -klapan; 8-təzyiqölçən; 9, 10, 11-klapan; 12-səviyyə ölçən

Müəyyən edilmiş problemlərin aradan qaldırılması məqsədilə dozalama qurğusunun konstruksiyası təkmilləşdirilmişdir(şəkil 9,10). Təklif olunan həllər çənin daxili səthinin xüsusi qoruyucu örtüklə işlənməsi, mis boru xətlərinin korroziyaya davamlı materiallarla əvəz edilməsi, yüksək məhsuldarlıqlı filtr elementlərinin tətbiqi, minimum və maksimum təzyiq hədlərində nasosun avtomatik dayandırılmasını təmin edən idarəetmə sisteminin quraşdırılması, ölçmə vasitələrinin yenilənməsi, yoxlama və sızma klapanlarının, həmçinin nəfəsalma borusunun quraşdırılmasını əhatə etmişdir



Şəkil 10–Inhibitorunun fasiləsiz dozalanması ilə sorma çubuqlu nasosla təchiz olunmuş quyu ağzının boru kəmərlərinin çəkilməsinin texnoloji sxemi: 1- inhibitor çəni; 2 – sorma filtri; 3, 4 - klapan; 5 – dozator nasosu; 6 – yoxlama klapan; 7 - təzyiq ölçən; 8 – tənzimləyici klapan; 9 – klapan; 10 - boşaltma xətti

Təkmilləşdirilmiş dozalama sisteminin tətbiqi reagent sərfinin azalmasına və inhibitorların təsir effektivliyinin yüksəlməsinə səbəb olmuşdur.Dozator nasoslarından istifadə zamanı reagent sərfi 180–220 q/t-dən 90–120 q/t-ə qədər azalmış, reagentin verilmə dəqiqliyi ±35%-dən ±2%-ə qədər yaxşılaşmışdır.

NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

1. Karboksimetilselülozun natrium duzu, mineral turşular, ammofos və səthi-aktiv maddələr əsasında hazırlanmış DK-1, DK-2 və DÇİ markalı inhibitorların duzçökmə əleyhinə yüksək təsirə malik olduğu müəyyən edilmişdir. DK-1 inhibitoru 500 q/t sərfində 100 %, DK-2 inhibitoru isə 93 % inhibitor effekti göstərmişdir. DÇİ-1÷3 tərkibləri isə 75–100 q/t sərflərdə $CaCO_3$ və $CaSO_4$ duzlarının əmələgəlməsinin qarşısını tamamilə almışdır. [7]

2. Natrium naftenat, süd zərdabı, izopropil spirti və natrium karboksimetilselüloza, və tripolifosfat əsasında çoxkomponentli duzçökmə inhibitorları hazırlanmış, bu tərkiblərin duzçökməyə qarşı təsirləri tədqiq edilmişdir. Tripolifosfat əsasında kompleks təsirli tərkib duzçökmələrə və korroziylara qarşı kompleks təsirli kiçik dozalarda 10-25 q/t sərflərdə duzçökmələrə qarşı 90-98%, duzların təsirindən yaranan korroziyadan müdafiəyə təsiri 80-85% təşkil etmişdir.

3. Asfalten, qatran və parafin çöküntülərinin həll olunması və kompleks tərkibli inhibitorların hazırlanması üçün müxtəlif həlledicilərin seçilməsi təcrübə yolu ilə müəyyən edilmişdir. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdirki, yüngül piroliz qatranının AQPÇ -ni həll etmək qabiliyyəti digər həlledicilərdən 35-80% (temperaturdan asılı olaraq) yüksəkdir. Yüngül piroliz qatranı, qeyri-ionogen tipli səthi aktiv maddələrdən istifadə etməklə AQPÇ-i 90%-ə qədər həll etmək mümkün olmuşdur.[2.3,,9]

4. Yüksək parafinli neftin asfalten-qatran-parafin çöküntülərinə qarşı polimer əsaslı aşqar işləniərək amfifil polimerlərin parafin çöküntülərinə təsiri tədqiq edilmişdir. Polimer əsaslı inhibitor 200 q/ t əlavə etdikdə təsir effektivliyi 74,6 % təşkil etmişdir.,[1,4,5,13]

5. Su-neft emulsiyalarının parçalanması, asfalten-qətranparafin çöküntülərinin qarşısının alınması və neft-mədən avadanlıqları ilə boru kəmərlərinin korroziyadan mühafizəsi üçün yeni kompleks təsirli tərkib işlənib hazırlanmışdır. Etilen və propilen oksidlərinin qliserin əsaslı blok sopolimerləri, həlledici və imidazolinlərdən ibarət olan tərkibin yüksək deemulqasiya, AQPÇ əleyhinə və korroziyadan mühafizə xüsusiyyətlərinə malik olduğu müəyyən edilmiş, bu da onun neftin hasilatı və nəqli proseslərində

kompleks reagent kimi tətbiqinin perspektivli olduğunu göstərmişdir.[6,151

6. Neftə maqnit sahəsinin təsiri nəticəsində asfalten-qətran-parafin çöküntülərinin əmələ gəlməsinin 90 %-ə, duz çöküntülərinin isə 45 %-ə qədər azaldığı müəyyən . Eyni zamanda, hidrat tıxaclarının yaranma ehtimalının 3–5 dəfə azalması və korroziya sürətinin 50 %-ə qədər aşağı düşməsi müşahidə olunmuşdur. Hazırlanmış yeni konstruksiyalı maqnit qurğusunun tətbiqi nəticəsində sistemin hidravlik müqaviməti azalmış, qurğunun tutulma (tıxanma) riski minimuma endirilmiş və istismar etibarlılığı artırılmışdır. [7]

7. N.Nərimanov adına NQÇİ-də istismar olunan dozalama nasoslarının konstruktiv və dizayn çatışmazlıqları təhlil edilmiş, onların aradan qaldırılması üçün texniki həllər işlənib hazırlanmışdır. Təklif olunan təkmilləşdirmələrin tətbiqi nəticəsində nasosların etibarlılığı və iş səmərəliliyi yüksəlmiş, inhibitorun dozalanma prosesinin sabitliyi və dəqiqliyi yaxşılaşmış, reagent sərfinə və texnoloji prosesin effektivliyinə müsbət təsir göstərilmişdir.[12,14]

Dissertasiya işinin mövzusuna dair dərc olunmuş elmi əsərlərin siyahısı

1. Əliyev, C.R., Gurbanov, A.N. The influence of polymer-based additives on asphaltene-resin-paraffin deposits of highly paraffin oils // SOCAR Proceedings. – 2025. – No. 4. – P. 106–110.

2. Əliyev, C.R., Səmədov, A.M., Sərdarova, İ.Z. Müxtəlif həlledicilər və qeyri-ionogen reagentlərin asfalten, qatran və parafin çöküntülərinin həll olunmasına təsiri // Azerbaijan Oil Industry Journal. – 2026. – P. 39–42..

3. Əliyev, C.R. Neft-mədən avadanlıqlarında AQPÇ-nin qarşısının alınmasında kimyəvi üsulların tətbiqi və onların effektivliyinin qiymətləndirilməsi // Elmi Tədqiqat Beynəlxalq Elmi Jurnal. – 2025. – P. 146–152.

4. Əliyev, C.R. Mechanism and Mitigation Strategies of Asphaltene, Resin and Paraffin Deposition in Oilfield Equipment // Elmi İş Beynəlxalq Elmi Jurnal. – 2025. – P. 89–95.

5. Əliyev, C.R., Gurbanov, A.N. Current status of the issues in combating the formation of Paraffin Precipitation // Proceedings Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri. – 2025. – P. 21–27.

6. Əliyev, C.R., Qurbanov, A.N., Səmədov, A.M. Su-neft emulsiyalarının parçalanması, neft-mədən avadanlıqlarının korroziyadan və asfalten-qətran-parafin çöküntülərindən mühafizəsi üçün tərkib // Azərbaycan Respublikası Əqli Mülkiyyət Agentliyi. – İxtira patenti İ 2026 0078. – 2026.

7. Əliyev, C.R., Qurbanov, A.N., Səmədov, A.M. Quyularda neft və qazın hasilatı zamanı əmələ gələn qeyri-üzvi duz çöküntülərinin qarşısını almaq üçün tərkib // Azərbaycan Respublikası Əqli Mülkiyyət Agentliyi. – İxtira patenti,İ 2025 0178. – 2025..

8. Gurbanov, A.N., Aliyev, J.R., Sardarova, I.Z. Investigation of Magnetic Field Treatment Method for Mitigating ARPD and Salt Deposition in Oilfield Systems // Herald of the Azerbaijan Engineering Academy. – 2026. – Vol. 18, No. 2. – P. 37–44.

9. Əliyev, C.R. Neft-mədən avadanlıqlarında asfalten-qatranparafin çöküntülərinə qarşı mübarizə üsulları. // Elm və Təhsil Tədqiqatları VIII Respublika Elmi Konfransı. – 2025. – C. 3. – S. 165– 168 .

10. Aliyev, C.R. Gurbanov, A.N.,Sardarova I.Z., Nurmammadova, S.B., Investigation of Gas Transportation in Main Pipelines. // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri. – 2025. – C. 17. – S. 56–61

11. Əliyev, C.R., Sərdarova, İ.Z., Qazların nəqlində kristal hidratların əmələ gəlməsinə təsir edən amillərin tədqiqi.// Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri. – 2025. – C. 17. – S. 35–44

12. Qurbanov, Ə.N., Sərdarova, İ.Z., Əliyev, C.R.. Qazqurutma qurğularında polipropilenqlikolun istifadəsi və sərf normasının təyini. // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri. – 2026. – C. 18.

13. Aliyev, C.R.. Chemical Mitigation of Paraffin Deposition During Transportation of High Paraffinic Crude Oils. // Practical Conference Society And Science: Interconnection. – 2025. – C. 2. – S. 44–45 .

14. Gurbanov, A.N., Aliyev, C.R. Механизм образования и методы борьбы с асфальтено-смолистопарафиновыми отложениями в нефтепромысловом оборудовании//Надежность и безопасность транспортирования, хранения и распределения газа, нефти и нефтепродуктов. – 2025. – C. 1. – S. 100–101.

15. Aliyev, C.R., Ismayilov, G., Adigozelova, M., Abdullayev, E., Gurbanov A., Aliyev I..Undesirable Consequences of Transporting Stable Oil Emulsions Mixed with Condensate. // The Seventh Eurasian Conference RISK-2025 "Risk-oriented Design and Operation of Infrastructure Systems: Sustainability Paradigm". – 2025. – C. 1. – S. 49.

Çap olunmuş əsərlərdə müəllifin şəxsi iştirakı:

[3, 4, 5, 9, 13] saylı işlər müəllif tərəfindən müstəqil şəkildə yerinə yetirilmişdir.

[1, 2, 6, 7, 8, 14, 15] saylı işlərdə iddiaçı tədqiqat konsepsiyasının hazırlanmasını, metodikanın işlənməsini, alınmış nəticələrin emalını və məlumatların təhlilini həyata keçirmişdir.

[10, 11, 12,] saylı işlərdə iddiaçı alınmış nəticələrin emalını və məlumatların təhlilini həyata keçirmişdir.



Dissertasiyanın müdafiəsi 17 noyabr 2026-cı il tarixində saat 11:00-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.03 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1010. Bakı şəhəri, Azadlıq prospekti, 34.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin rəsmi internet saytında (https://asoiu.edu.az) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 16 Oktyabr 2026-cı il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb 14.10.26
Kağızın formatı: A5
Həcm: 38279
Tiraj:100