

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## **NEFTİN ÇIXARILMASI, YIĞILMASI VƏ NƏQLİ PROSESLƏRİNİN SƏMƏRƏLİLİYİNİN ARTIRILMASI ÜÇÜN REOTEXNOLOJİ ÜSULLARIN İŞLƏNİLMƏSİ**

İxtisas: 2525.01 -“Neft və qaz yataqlarının işlənməsi və istismarı”

Elm sahəsi : Texnika elmləri

İddiaçı : **Natiq Muxtar oğlu Səfərov**

Elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim olunmuş dissertasiyanın

### **A V T O R E F E R A T I**

**Bakı – 2024**

Dissertasiya işi AMEA-nın Geologiya və Geofizika, Neft və Qaz, eləcə də SOCAR-ın "Neftqazəlmütədqiqatlayihə" İnstitutlarında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçilər:

AMEA-nın müxbir üzvü, t.e.d, professor  
**Qərib İsaq oğlu Calalov**  
Əməkdar mühəndis, t.e.d., professor  
**Qafar Qulamhüseyn oğlu İsmayılov**

Rəsmi opponentlər :

Əməkdar müəllim, t e.d., professor  
**Fuad Həsən oğlu Vəliyev**  
Texnika elmləri doktoru, dosent  
**Hacan Qulu oğlu Hacıyev**  
Texnika elmləri doktoru, dosent  
**Vüqar Məhərrəm oğlu Fətəliyev**  
Texnika elmləri doktoru, dosent  
**Mübariz Sevdimalı oğlu Xəlilov**

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

Dissertasiya şurasının sədri:

Texnika elmləri doktoru, dosent  
**Arif Ələkbər oğlu Süleymanov**

Dissertasiya şurasının  
elmi katibi:

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Yelena Yevgenyevna Şmonçeva**

Elmi seminarın sədri:

Texnika elmləri doktoru, professor  
**Arif Mikayıl oğlu Məmməd-zadə**

İmzaları təsdiq edirəm  
ADNSU-nun Elmi katibi

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Nəriman Tərhan qızı Əliyeva**



## **İŞİN ÜMUMİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Neft yataqlarının işlənməsinin cari vəziyyəti və mövcud neft ehtiyatlarından məqsədyönlü istifadə haqqında müasir elmi təsəvvürlər neftçıxarmanın texnoloji proseslərinin səmərəliliyinin artırılması üçün yeni idarəetmə və tənzimləmə üsullarının yaradılması problemini ön plana keçirir. Qarşıya qoyulmuş bu vacib məsələnin müvəffəqiyyətli həlli istismar edilən neft yataqlarının işlənilməsi təcrübəsinin monitorinqlər əsasında hərtərəfli tədqiqini, əldə edilən elmi-praktiki nəticələrin ümumiləşdirilməsini, eləcə də neftin çıxarılması, yığılması və mədəndaxili nəqli proseslərinin təhlili üçün yeni elmi əsasların, fərqli yanaşmaların formalaşdırılmasını və müvafiq innovativ təsir üsullarının yaradılmasını, enerji və təbii ehtiyatların hasilatında sərvətqoruyucu texnologiyalar mövqeyindən operativ həllərin qəbulunu tələb edir.

Məlumdur ki, neftçıxarmanın əsas göstəricilərinin yüksəldilməsi üçün tədqiq edilən səmərəli üsullardan biri-çoxkomponentli heterogen sistemlərin reoloji və fiziki-kimyəvi xassələrindən ünvanlı (məqsədyönlü) istifadə etməklə, texnoloji proseslərin tənzimlənməsinə əsaslanan yeni reotexnologiyaların tətbiqidir. Məhz bu səbəbdən karbohidrogenlərin çıxarılması, yığılması və nəqli proseslərinin səmərəliliyinin artırılması problemlərinin həllinə imkan yaradan, enerji və ehtiyatlara qənaət tələblərinə tam cavab verən, vacib operativ həllərin qəbulunu reallaşdıran yeni reotexnoloji üsulların yaradılması və onların təcrübədə geniş tətbiqi öz aktuallığı ilə seçilir və böyük elmi-praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

**Tədqiqatın obyektini və predmeti.** Tədqiqatın obyektini-neftlərin və onların müxtəlif qarışıqlarının hasilatı, yığılımı və nəqli prosesləri, predmetini isə onların səmərəliliyinin artırılması üçün yeni reotexnoloji üsulların işlənilməsi təşkil edir.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Çoxkomponentli və multi-fazlı heterogen sistemlərin-yüksək özlülüklü, ifrat sulaşmış, reoloji mürəkkəb neftlərin və onların müxtəlif qarışıqlarının hasilatı, yığılımı və nəqli proseslərinin səmərəliliyinin artırılması üçün enerji və

sərvətqoruyucu texnologiyalar əsasında elmi əsaslandırılmış reotexnoloji üsulların işlənməsi tədqiqatlarda başlıca məqsəd olaraq qəbul edilmişdir.

Qarşıya qoyulmuş elmi-təcrübi məqsədlərə nail olmaq üçün tədqiqatın aşağıda göstərilən əsas vəzifələri müəyyən edilmişdir:

- yüksək özlülüklü, sulaşmış neftlər əsasında ixtiyari yaranan su-neft emulsiyalarında təzahür edən “inversiya” hadisəsinə mövcud stereotiplərdən fərqli elmi yanaşmanın formalaşdırılması məqsədilə eksperimental və mədən tədqiqatlarının aparılması;
- su-neft sistemlərinin və özlü-dənəvər xassəli “su-neft-qum” tərkibli qarışıqların reotexnologiyaları əsasında neftçıxarmanın texnoloji proseslərinin tənzimlənməsi və səmərəliliyinin artırılması mümkünlüyünün tədqiqi;
- “fraktal yanaşma” əsasında su-neft sistemlərində baş verən struktur dəyişikliklərinin erkən diaqnostikası imkanlarının tədqiqi və son sulaşma həddinin təyini üçün “ekspres qiymətləndirmə” üsulunun işlənilməsi;
- su-neft emulsiyalarının reotexnoloji xüsusiyyətlərinin diaqnostikası zəminində mədəndaxili yığım sisteminin rəasional istismar parametrlərinin seçiminin əsaslandırılması;
- layların son neft veriminin artırılması üçün su-neft emulsiyası ilə laya kompleksləşdirilmiş təsir üsulunun işlənilməsi;
- çoxkomponentli özlü-səpələnən xassəli sistemlərin reotexnologiyası əsasında udulma ilə səciyyələnən layların özlü-dənəvər mühitlə qapadılması prosesinin tədqiqi;
- “su-neft-qum” tərkibli qarışıqlarda təşkiledici komponentlərin qarışma ardıcılığının onların reologiyasına təsiri amilinin tədqiqi;
- “su-neft-qum” tərkibli qarışıqların sıxlığının laborator ölçmələr aparılmadan-riyazi üsulla təyini üçün yeni empirik asılılıqlar sisteminin yaradılması;
- yeni kompozisiyalı tərkib əsasında laya termokimyəvi təsir üsulunun işlənilməsi;
- zəif sementləşmiş kollektorlardan ibarət layların quyudubi zonasının yeni kompozisiyalı tərkiblə bərkidilməsi üsulunun

işlənilməsi;

- yüksək özlülüklü, sulaşmış neftlərin və onların emulsiyalarının, eləcə də anbar, “tələ” neftlərinin, neft şlamları və bitumlaşmış neftlərin enerjiyə və təbii resurslara qənaət baxımından səmərəli hidronəql üsulunun işlənilməsi və mədən şəraitində tətbiqi.

**Tədqiqat metodları.** Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi prosesində tədqiqat məqsədilə qarşıya qoyulmuş məsələlər öz həllini nəzəri və təcrübi yolla-sulaşma və temperatur amillərinin su-neft emulsiyalarının və dənəvər doldurucuların “su-neft-qum” tərkibli qarışıqlarının reofiziki xüsusiyyətinə təsirinin təhlili əsasında, standart laboratoriya avadanlıqları, kompüter modeli və yeni proqram vasitələrindən istifadə etməklə tapmışdır. Tədqiqat işləri həm laborator şəraitdə-müasir nəzarət-ölçü sistemləri ilə təchiz edilmiş müstəviradial tipli lay modellərində, həmçinin mədən şəraitində-fəaliyyətdə olan neft yığıcı sistemində həyata keçirilmiş, alınan elmi nəticələr fraktal və digər informativ nəzəriyyələrlə, eləcə də riyazi-statistik və tədqiqat məlumatlarının qrafiki-analitik şərh üsulları ilə qiymətləndirilmişdir.

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

1. Su-neft sistemlərinin reotexnologiyası əsasında :
  - emulsiyalar üçün səciyyəvi sayılan “inversiya” hadisəsinin mövcud elmi stereotiplərdən fərqli interpretasiyası;
  - laya su-neft emulsiyası ilə kompleksləşdirilmiş təsir üsulu;
  - yüksək özlülüklü, sulaşmış neftlərin və onların emulsiyalarının, eləcə də anbar və “tələ” neftlərinin, neft bitumları və şlamlarının “hidravliki yastıq” effekti əsasında səmərəli hidronəql üsulu;
2. Özlü-dənəvər xassəli dispers sistemlərin reotexnologiyası əsasında
  - udulma ilə səciyyələndirilən layların özlü-səpələnən mühitlə qapadılması mümkünlüyünün əsaslandırılması;
  - çoxkomponentli suspenziyalarda təşkilədiçi üsürlərin qarışması ardıcılığının onların reofiziki xüsusiyyətlərinə təsiri faktının tədqiqi;
3. Fraktal təhlili əsasında su-neft emulsiyalarında neftin sulaşma dərəcəsinin son həddinin “ekspres diaqnostikasi” üsulu;

4. Su-neft emulsiyalarının effektiv özlülüynün sulaşma dərəcəsin-dən asılılığını reotexnoloji aspektdən əks etdirən yeni logistik əyri;
5. Layların neft veriminin artırılması və neftçıxarmanın intensivikasiyası məqsədilə Azərbaycan Respublikasının ixtiraları səviyyəsində işlənmiş sinergetik təsirli yeni innovativ üsullar, o cümlədən :
  - tərkibində asfalten-qətran-parafin birləşmələri olan neftlər hasil edən layların məhsuldarlığının artırılması üçün yeni kompozisiyalı tərkib əsasında laya termokimyəvi təsir üsulu;
  - qum təzahürü ilə səciyyələndirilən layların quyudubi sahəsinin yeni kompozisiyalı tərkiblə bərkidilməsi üsulu.

#### **Tədqiqatın elmi yeniliyi :**

1. İlk dəfə olaraq su-neft emulsiyaları üçün səciyyəvi sayılan “inversiya” hadisəsinin təzahürü mexanizminin mövcud elmi stereotiplərdən fərqli interpretasiyası verilmişdir;
2. Azərbaycan Respublikasının patenti səviyyəsində yüksək özlülük-lü neftlərin və onların emulsiyalarının, eləcə də anbar və “tələ” neftlərinin, neft bitumları və şlamların “hidravliki yastıq” effekti əsasında enerjiyə və təbii resurslara qənaət baxımından səmərəli hidroneql üsulu işlənilmişdir;
3. Layın son neftvermə əmsalının artırılması məqsədilə yeni - su-neft emulsiyası ilə laya kompleksləşdirilmiş təsir üsulu işlənilmişdir;
4. Multifraktal təhlili əsasında polidispers sistemlərdə sulaşma dərəcəsi və temperatur amillərindən asılı olaraq baş verən makro- və mikrostruktur dəyişikliklərini ekspress qiymətləndirməyə və son sulaşma həddini təyin etməyə imkan verən yeni diaqnostik üsul təklif edilmişdir;
5. İlk dəfə olaraq “su-neft-qum” tərkibli qarışıqlarda təşkilədiçi komponentlərin qarışma ardıcılığının onların reologiyasına təsiri mexanizmi eksperimental və nəzəri tədqiq olunmuşdur;
6. Su-neft emulsiyaları üçün reotexnoloji rakursdan elmi əsaslan-dırılmış yeni logistik əyri təklif edilmişdir;
7. Azərbaycan Respublikasının ixtiraları səviyyəsində layların neft veriminin artırılması və neftçıxarmanın intensivikasiyası məqsədilə sinergetik təsirli yeni innovativ üsullar, o cümlədən:

- quyu məhsulunun istismarı prosesində yüksək özlülüklü anomal xassəli neftlər hasil edən, tərkibində asfalten-qətran-parafın birləşmələri mövcud olan layların məhsuldarlığının artırılması üçün yeni kompozisiyalı tərkib əsasında laya termokimyəvi təsir üsulu;

- zəif sementlənmiş kollektorlardan təşkil olunmuş neft-qaz yataqlarının işlənilməsi və istismarı prosesində depressiya nəticəsində quyuətrafı sahədə lay skeletinin dağılması, eləcə də hasil olunan məhsulun sulaşması nəticəsində quyu dibinə flüidlə birlikdə qumun miqrasiyası prosesinin qarşısının alınması məqsədilə layın quyudubi zonasının yeni kompozisiyalı tərkiblə bərkidilməsi üsulu işlənilmişdir.

**Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** Aparılmış tədqiqatların nəticələri öz əksini yüksək özlülüklü, ifrat sulaşmış, reoloji mürəkkəb neftlərin və onların qarışıqlarının, eləcə də “tələ”, anbar neftlərinin və neft şlamlarının reotexnologiya əsasında işlənilmiş yeni hidronəql üsulunda tapmışdır.

Layın neft veriminin artırılması və neftçıxarmanın intensivləşdirilməsi məqsədilə yeni innovativ üsullar, o cümlədən laya yeni termokimyəvi təsir üsulu və quyudubi zonanın bərkidilməsi üsulu işlənilmiş, onların praktiki tətbiqinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

Neftin lokal qəza sızmalarından formalaşan texnoloji itkilərinin təyini üçün təklif edilən riyazi asılılıqlar “2021-2025-ci illərdə “Azneft” İB-nin NQÇİ-lərində neftin texnoloji itkilərinin təyin edilməsi üçün Rəhbər Sənəd”-in tərtibi prosesində istifadə edilmişdir.

Fraktal nəzəriyyəsi əsasında su-neft emulsiyalarında sulaşma amilinin təsiri nəticəsində baş verən makro- və mikrostruktur dəyişikliklərini əvvəlcədən qiymətləndirməyə imkan verən yeni diaqnostik-nəzarət üsulu son sulaşma həddinin ekspress təyini üçün yararlıdır.

Su-neft sistemlərinin reotexnologiyası əsasında dissertasiya işində təklif edilən və layın neft verimi əmsalının artırılmasını stimullaşdıran yeni –laya su-neft emulsiyası ilə kompleksləşdirilmiş təsir üsulu “OFS Awards-2012” Beynəlxalq Elm və İnnovasiyalar

müsabiqəsinə təqdim edilmiş və “Ən yaxşı mühəndis həlli” nominasiyasında Laureat diplomuna layiq görülmüşdür.

Anomal xassəli heterogen sistemlərin temperatur və sulaşma amillərindən asılı olaraq əsas keyfiyyət göstəricisindən sayılan sıxlığın laborator ölçmələr aparılmadan-hesabi üsulla təyini məqsədilə təklif edilən yeni empirik asılılıqlar mühəndis hesablamaları üçün yararlıdır.

Dissertasiya işində alınmış elmi-praktiki nəticələr, eləcə də təklif olunan yeni üsul və texnologiyalar neftçıxarmada texnoloji proseslərin layihələndirilməsi zamanı, ali texniki məktəblərin bakalavr və magistr təhsil pillələrində müvafiq ixtisaslar üzrə keçirilən fənnlərin tədrisi prosesində də geniş istifadə edilə bilər.

**İşin aprobasiyası və tətbiqi.** Dissertasiya işinin əsas müddəaları: “Qazaxıstanın neft-qaz kompleksinin müasir problemləri” mövzulu Beynəlxalq elmi-praktiki konfransda (Aktau,Qazaxıstan, 2011),“Nəql-2011” mövzulu IV Beynəlxalq texniki simpoziumda (Moskva, Rusiya, 2011),Qazaxıstan Respublikasının müstəqilliyinin 20 illiyinə həsr olunmuş “Qazaxıstanın sənaye-innovasiya inkişafı şəraitində neft-qaz kompleksləri” mövzulu Beynəlxalq elmi-praktiki konfransda (Atırau, Qazaxıstan,2011),Qazaxıstanın Elmlər Akademiyasının yaradılmasının 10 illiyinə həsr edilmiş Beynəlxalq elmi-praktiki konfransda (Atırau,Qazaxıstan, 2012),“Xəzərneftqazyataq-2012” X Beynəlxalq elmi-praktiki konfransda(Bakı, 2012),“OFS AWARDS-2012” Beynəlxalq Elm və İnnovasiyalar müsabiqəsində (Moskva, Rusiya, 2012), Qazaxıstan-Britaniya Texniki Universitetinin təşkil etdiyi “Neft-qaz sənayesinin innovativ inkişafının problemləri” mövzulu V Beynəlxalq elmi-praktiki konfransda (Almatı, Qazaxıstan, 2013), “Qazaxıstanın neft-qaz kompleksinin innovativ inkişafı” mövzulu Beynəlxalq elmi-praktiki konfransında (Aktau, Qazaxıstan, 2013),”Tümenneftqaz” universitetində Beynəlxalq SPE (Society Petroleum Engineering) təşkilatı çərçivəsində keçirilən “Neft-qaz sənayesində innovativ texnologiyalar” mövzulu VII elmi-praktiki konfransda (Tümen, Rusiya, 2013), akademik A.X.Mirzəcanzadənin 85 illik yubileyinə həsr olunmuş “Neft-qaz sahəsində qeyri-Nyuton sistemləri” mövzulu Beynəlxalq elmi



konfransda (Bakı,2013), akademik M.D.Diyarovun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş “Ekologiya və neft-qaz kompleksi” mövzulu elmi-praktiki konfransda (Atırau, Qazaxıstan, 2013), “Azneft” İB-nin struktur bölməsinə daxil olan “Muradxanlı” İNM-nin Texniki şurasında (Bakı, 2013), “Xəzərneftqazyataq-2014” XI Beynəlxalq elmi-praktiki konfransda (Bakı, 2014), AMEA-nın Geologiya və Geofizika Institutunun elmi-texniki seminarında, (Bakı, 2015), AMEA-nın Yer Elmləri sahəsində Ümumrespublika seminarında (Bakı, 2015), Qazaxıstanın “Çətin hasil oluna bilən və qeyri-ənənəvi kollektorlara malik yataqların müasir işlənmə üsulları” mövzulu Beynəlxalq elmi-texniki konfransda (Atırau, Qazaxıstan, 2019), ”Layların neftveriminin artırılmasının termiki üsulları”(Theor-2022) mövzulu V Beynəlxalq konfransında (Bakı,2022) və “Rassoxin oxunuşları” mövzulu XIV Beynəlxalq konfransda (Uxta, Rusiya, 2023) məruzə və müzakirə edilmişdir.

Laborator tədqiqatların aparılması yolu ilə alınmış elmi nəticələr “Muradxanlı” İNM-nin “Cəfərli” sahəsinin neft yığım sisteminin işinin səmərəliliyinin artırılması məqsədilə tətbiq edilərək, təcrübi qəbul sınağından keçmişdir. Yüksək özlülüklü neftlərin və onların emulsiyalarının, eləcə də “tələ”, anbar neftləri və neft şlamlarının enerjiyə və resurslara qənaət baxımından səmərəli hidroneqli üsulunun mədən şəraitində tətbiqi nəticəsində neft yığım sistemində mövcud mürəkkəbləşmələrin böyük qismi nəzərəcarpacaq dərəcədə aradan qaldırılmış, yığım prosesinin səmərəliliyi 17,4% artmış, təzyiq itkiləri 22 % azalmış, tətbiqdən əldə edilən faktiki iqtisadi səmərə 260 min AZN təşkil etmişdir.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.** Dissertasiya işi mərhələlərlə AMEA-nın Geologiya və Geofizika, Neft və Qaz, eləcə də SOCAR–ın “Neftqazəlmitedqiqatlayihə” İnstitutlarında yerinə yetirilmişdir.

**Müəllifin nəşrləri.** Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında AAK–ın tövsiyə etdiyi nəşriyyatlarda 51 elmi əsər, o cümlədən 1 monoqrafiya, Azərbaycan Respublikasının 1 Patenti və 2 İxtira sənədi, 1 ədəd Rəhbər sənəd, ölkədə və xaricdə dərc edilən 44 məqalə (6 məqalə-Web of Science və Scopus beynəlxalq

xülasələndirmə və indeksləmə bazalarına daxil olan jurnallarda, 15 məqalədə- tək müəllif ) və 2 tezis nəşr olunmuşdur.

**Dissertasiyanın işarə sayı ilə ümumi həcmi.** Dissertasiya işinin ümumi həcmi - 354738 (o cümlədən, titul səhifəsi -477, mündəricat-7666, giriş - 24875, birinci fəsil - 99420, ikinci fəsil - 33657, üçüncü fəsil- 58629, dördüncü fəsil- 24874, beşinci fəsil- 66910, altıncı fəsil-35311, nəticələr-2919) işarə təşkil edir. Dissertasiya işi həmçinin 320 adda ədəbiyyat siyahısını, 80 şəkil və qrafik materialı, eləcə də 17 cədvəl və 7 əlavəni də özündə birləşdirir.

**Minnətdarlıq.** Müəllif dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi prosesi ərzində elmi istiqamətlərin formalaşdırılmasında dünya şöhrətli alim, mərhum akademik **A.X.Mirzəcanzadə** tərəfindən yaradılmış elmi məktəbin metodoloji prinsiplərinə və alınan dəyərli elmi nəticələrə istinad edərək, elmi fəaliyyətində onları daima rəhbər tutmuşdur.

İddiaçı dissertasiya işində yer alan elmi problemlərin qoyuluşunda, əldə edilən elmi nəticələrin formalaşmasında, onların müzakirəsində verdiyi dəyərli məsləhətlərə və tövsiyələrə, göstərdiyi daimi diqqətə, işin müasir tələblərə uyğun səviyyədə müdafiəyə təqdim olunmasına görə öz elmi məsləhətçilərinə-AMEA-nın müxbir üzvü, t.e.d., professor Q.İ.Calalova və Əməkdar mühəndis, t.e.d., professor Q.Q.İsmayılova öz dərin minnətdarlığını bildirməyi özünə vacib borc sayır.

Müəllif dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi zamanı əldə edilən elmi nəticələrin müzakirəsinə və öz dəyərli məsləhətlərinə görə AMEA-nın müxbir üzvü, t.e.d., professor **Z.Y.Abbasova**, t.e.d., professor R.M.Səttarova, Əməkdar müəllim-BANM-nin professoru, t.e.d. F.H.Vəliyevə, t.e.d., dosent A.M.Qasımlıya, işin riyazi proqram təminatı və həlli prosesində işçi alqoritmin yaradılması ilə bağlı məsələlərdə göstərdiyi köməyə görə t.e.n., dosent N.İ.Hüseynovaya, texniki dəstəyə görə t.e.n., dosent İ.Z.Əhmədova, t.ü.f.d., böyük elmi işçi R.Q.Nurməmmədovaya və elmi işçi V.K.Quliyevə öz minnətdarlığını bildirir.

Həmçinin, iddiaçı dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi AMEA-nın Geologiya və Geofizika, Neft və Qaz, çalışdığı SOCAR-ın

“Neftqazalmitədqiqatlayihə” institutlarının rəhbərliyinə yaratdıqları işgüzar şəraitə, texniki və mənəvi dəstəyə görə öz səmimi təşəkkürünü bildirir.

## İŞİN MƏZMUNU

**Girişdə** dissertasiya işinin aktuallığı əsaslandırılmış, məqsədi və həll olunmuş əsas məsələlər verilmiş, elmi yeniliyi, təcrübi əhəmiyyəti, müdafiə olunan müddəalar sadalanmış və qısa şəkildə dissertasiyanın məzmunu açıqlanmışdır.

**Dissertasiya işinin birinci fəsl**i heterogen su-neft sistemlərinin fiziki-kimyəvi, reoloji xassələrinin təhlili və onların reotexnoloji xüsusiyyətlərinin tədqiqi məsələlərinə həsr olunmuşdur.

Birinci yarımfəsilə neftqazçıxarmada yeni reotexnologiyaların yaradılmasının və texnoloji proseslərdə tətbiqinin vacibliyi diqqətə çatdırılmışdır. XX əsrin sonlarından etibarən neft-qaz elminin perspektiv istiqamətlərindən biri -sinergetik və ya fiziki effektlər əsasında qeyri-Nyuton xassəli heterogen sistemlərin reoloji xassələrinə məqsədyönlü istifadə edilməsi və onların tənzimlənməsi əsasında neftçıxarmanın texnoloji proseslərinin səmərəliliyinin artırılması üsullarının məcmusu haqqında yeni elm-reotexnologiya sürətlə inkişaf edir. Bu elmi sahə üzrə ilk tədqiqatlar keçən əsrin sonlarından başlayaraq görkəmli alim, akademik A.X.Mirzəcanzadənin rəhbərliyi ilə həyata keçirilmişdir. Çoxsaylı tədqiqatlar nəticəsində heterogen sistemlərin reotexnologiyası və onun neftçıxarmanın texnoloji proseslərində ixtiyari yaranan fiziki və ya sinergetik effektlərdə təzahürü əsasında yeni reotexnoloji üsulların işlənməsinin mümkünlüyü məsələləri araşdırılmışdır. Su-neft emulsiyalarında, eləcə də “su-neft-qum” tərkibli qarışıqlarda yaranan fiziki və ya sinergetik effektlərdən ünvanlı istifadə etməklə, müxtəlif şəraitlərdə (məsələn, layda, quyuda, mədəndaxili yığım xəttlərində və s.) onların reoloji xassələrinin müəyyən edilməsi və tənzimlənməsinin mümkünlüyü məsələləri tədqiq edilmişdir.

İkinci yarımfəsilə mədən su-neft emulsiyalarının yaranması səbəbləri və mənəbləri araşdırılmışdır. Lay flüidlərinin laborator təhlili göstərir ki, neft məhsulları, onu texnoloji proseslərdə daima “müşayiət edən” ünsür- su fazası ilə ixtiyari qarışdığı məqamlarda

(dayanıqlı və ya dayanıqsız) su-neft emulsiyalarının yaranmasına meyillidir. Onlar malik olduğu yüksək özlülüyü, tiksotrop xassələri səbəbindən Nyuton mayələrindən fərqli olan mühitlərə-elastik gellərə bənzəyir və qeyri-mütəhərrikdir. Bir çox tədqiqatçıların təbircə, layda “durğun” və “toxunulmaz” zonaların mövcudluğu məhz bu cür anomal reoloji xassəli gel-emulsiyanın yaranması ilə izah edilə bilər. Qeyd olunan fiziki-kimyəvi amillər, layda emulsiyaların yaranma ehtimalını dəfələrlə artırır və bu təzahürün mümkünliyündən xəbər verir.

Üçüncü yarımfəsildə su-neft emulsiyalarında faza çevrilmələri haqqında mövcud elmi stereotiplərin təhlili verilmişdir. Son dövrlər elmdə geniş yayılmış ənənəvi təsəvvürlərdən biri-mədən emulsiyalarının sulaşması nəticəsində (başqa sözlə desək, su-neft qarışığında dispers fazanın - suyun faizlə göstəricisinin artımı ilə əlaqədar) faza çevrilməsinin (yəni “inversiya” hadisəsinin) mütləq olaraq baş verməsidir. Bu zaman əsas göstərici qismində emulsiyaların özlülüklərinin dəyişməsinin elmi şərh qəbul edilir. Su-neft emulsiyaları üçün səciyyəvi sayılan “inversiya” fenomeni - onların effektiv özlülüyünü təyin edən əsas amillərdən biridir. “Faza çevrilməsi” nöqtəsinin təyini məsələsi quyu məhsulunun xassələrinin proqnozlaşdırılması, eləcə də nəql və texnoloji proseslərin təhlili üçün mühüm rol oynayır.

Dördüncü yarımfəsildə “Muradxanlı” yatağının qeyri-Nyuton xassəli neftləri timsalında su-neft emulsiyalarında baş verən struktur dəyişikliklərin, fiziki-kimyəvi və reoloji xüsusiyyətlərinin tədqiqinə baxılmışdır. Neft nümunəsi qismində tədqiqat obyektinin quyularından hasil olunan xam neft məhsulundan istifadə olunmuşdur. İlk sulaşma dərəcələri fərqli olan yüksək özlülüklü su-neft qarışıqlarının “Rheotest-2.1” tipli rotasion viskozimetrdə müəyyən edilmiş reoloji parametrləri əsasında axın əyriləri qurulmuşdur. Tədqiqatlar müxtəlif temperaturalarda və sulaşma dərəcələrində aparılmış, qarışıqların sulaşma faizinin neft emulsiyalarının reologiyasına təsiri geniş diapazonda tədqiq olunmuşdur.

Beşinci yarımfəsildə laboratoriya tədqiqatları əsasında su-neft sistemlərinin struktur-reoloji xüsusiyyətlərinə fərqli elmi yanaşmanın

formalaşdırılması məsələsi öz əksini tapmışdır. Tədqiqatlar standart şəraitdə ( $t=20^{\circ}\text{C}$  temperaturda) yerinə yetirilmişdir. Dispersion mühit qisminə müxtəlif sulaşma dərəcələrinə malik neft nümunələri, dispers faza qisminə isə bir-birindən fərqli 3 tip (distillə edilmiş, texniki və lay) sulardan istifadə edilmişdir. Dəqiqlik məqsədilə sınaq neftinin sıxlığı 2 müxtəlif (areometrik və piknometrik) üsullarla təyin edilərək, hər iki halda bu göstəricinin  $\rho=926 \text{ kq/m}^3$  olduğu aşkarlanmışdır. İlk sulaşma dərəcəsinə malik neft nümunələrinə əvvəlcədən hesablanmış su fazasının həcmi mexaniki disperqasiya etməklə, yəni bircins maye alınması məqsədilə homogenizatorada 10-15 dəqiqə müddətində qarışdırmaqla, sulaşma dərəcəsi  $\beta_{su}= 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 \%$  təşkil edən laboratoriya şəraitində süni hazırlanmış su-neft emulsiyaları viskozimetrin mümkün 12 sürət şkalası diapazonunda sınaqdan keçirilmişdir.

Əsas parametrlər qisminə  $\eta_{nis}$  nisbi özlülük (emulsiyanın özlülüyünün neftin özlülüyünə nisbəti) və  $\rho_{nis}$  nisbi sıxlıq (emulsiyanın sıxlığının neftin sıxlığına nisbəti) göstəriciləri qəbul edilmişdir. Sınaqlar başa çatdıqdan sonra, Kuett silindrlərinin daxilində “sərbəstləşən” su fazasının mövcudluğu kimi paradoksal bir fakt dəfələri müşahidə edilmişdir. Standart ölçmələr zamanı “inversiya nöqtəsi” kimi təqribi olaraq emulsiyanın dispers fazasında “əlaqəli” deyil, “sərbəst” su həcmi koalesensiyası nəticəsində təbəqələşərək ayrılması, xüsusən də emulsiyanın sulaşma dərəcəsinin  $\beta_{su} = 60-85 \%$  həddinə uyğun gələn özlülüyünün maksimal-yəni “pik” qiyməti qəbul edilir. Qarışığa qeyd edilən faiz miqdarından artıq su əlavə etdikdə, su-neft emulsiyasının özlülüyü zahirən azalmağa başlayır və bu zaman suyun “sərbəstləşmiş” fazası yaranır. Baxılan emulsiyalarda sulaşma faizinin “böhran” həddə çatması anından başlayaraq, viskozimetrin fırlanan hissəsi - şpindel və silindrik qabın arasında qalan həlqəvi fəzada yerləşən qarışığın özlülüyünün ölçmələri zamanı axının struktur bircinsliliyi pozulur və emulsiyadakı su fazası koalesensiya prosesi nəticəsində təbəqələşir. Oxun fırlanma istiqaməti boyunca suyun iriləmiş damllarından (qlobullardan) ibarət makroskopik “zəncirlər” yaranır.

Bu maraqlı doğuran fakt eyniliklə həm “silindr-şpindel”, həm də “konus-plitə” cütünü arasında boşluqlarda müşahidə edilmişdir ki, bu da yaranan fiziki paradoksun təsadüfi olmadığına bir daha dəlalət edir. Koalessensiya və flokulyasiya prosesləri nəticəsində yaranan iri su qlobulları bir-biri ilə “zəncirvari” və makroskopik “lentlər” şəklində birləşərək, silindrin mərkəsinə doğru miqrasiya etdiyindən, fırlanma hərəkətinə qarşı müqaviməti azaldır. Buna əsasən, “şpindel-silindr” cütündə sürüşmə hərəkəti -kiçik ölçülü su damlları ilə artıq “doymuş” emulsiyanın daha yüksək özlülüklü, qatı olan iri qlobullarının yaratdığı laycıqların bir-birinə nəzərən sürüşməsi nəticəsində başlayır. Daha bir vacib fakt-dispers fazadan (sudan) ibarət təbəqənin yaranması ilə əlaqələndirilən «divarətrafi sürüşmə» effekti (texniki ədəbiyyatda bu fenomen çox zaman “hidravliki yastıq” effekti də adlandırılır) də xüsusən nəzərə çatdırılmalıdır. Məhz bu effektin təzahürü sayəsində reotestin silindrinin daxili divarı boyunca maye halqası-yəni “hidravliki yastıq” yaranır ki, su-neft emulsiyası bu “yastıq” üzərində - üzükvari halqa daxilində rəvan “sürüşür” (başqa sözlə-“fırlanır”).

Altıncı yarımfəsildə fraktal yanaşmanın tətbiqilə su-neft emulsiyalarında baş verən struktur dəyişikliklərinin qiymətləndirilməsi və son sulaşma həddinin ekspress diaqnostikası üsulunun işlənilməsi həyata keçirilmişdir. Müasir elmin sürətli inkişafı şəraitində təbiətdə cərəyan edən təbii proseslərin və hadisələrin cari vəziyyətinin kompleks qiymətləndirilməsi üçün mövcud olan elmi metodikalar artıq qarşıya qoyulan tələblərə cavab vermədiyindən, son dövrlər yeni riyazi təhlil üsullarının və kompüter texnologiyalarının tətbiqi sayəsində onların struktur dəyişikliklərinə fərqli yanaşmağa imkan verən nəzarət-diaqnostika üsullarına tələbat getdikcə artır.

Təbiət obyektlərinin müasir vəziyyətini, onların geoloji-coğrafi və reoloji xüsusiyyətlərinə əsasən təhlil etməyə imkan verən riyazi yanaşmalardan biri kimi “Fraktal təhlili” üsulunu göstərmək yerinə düşər. Bir çox tədqiqatların nəticələri layda su-neft emulsiyalarının yaranması mümkünlüyünü ehtimal etdiyindən, onların da fraktal quruluşa malik olduğu söylenebilir və su-neft sistemlərinin struktur

vəziyyətinin diaqnostikasının qeyri-ənənəvi Evklid həndəsəsinə əsaslanan fraktal nəzəriyyəsi çərçivəsində öyrənilməsi məqsədəuyğun hesab edilir. Tədqiqatçıların təbircə, quyuların iş rejiminin texnoloji göstəricilərinin fraktal xarakteristikalarının təyini “lay-quyu-mədəndaxili yığım” vahid hidrodinamiki sistemində baş verə biləcək dəyişikliklərin erkən diaqnostikasına və yatağın işlənməsi prosesinin optimallaşdırılması üçün quyuların iş rejiminin vaxtında tənzimlənməsini həyata keçirməyə geniş imkanlar yaradır. Sistemə təsir edən xarici və daxili amilləri, həmçinin müxtəlif fraktal göstəricisinə malik, həndəsi əyrinin ixtiyarı seçilmiş seqmentlərinin dəyişmə dinamikasını təhlil etməklə, onun sonrakı davranışı (pre-rakursu) haqqında əvvəlcədən mülahizələr yürütmək mümkündür. Ən maraqlısı isə odur ki, fraktal təhlili dissipativ strukturların qeyri-stabil vəziyyətini öncədən “görməyə” və diaqnostika etməyə şərait yaradır. Baxılan sistemin hesabi fraktal ədədi proseslərdə baş verən fiziki hadisələr üçün “tənəzzül indikatoru” və ya qəza siqnalı -“SOS” rolunu oynaya bilər.

Su-neft sistemlərinin sulaşma dərəcəsindən asılı olaraq, fraktal təhlil əsasında onlarda təzahür edən struktur dəyişikliklərinin qiymətləndirilməsi üçün “Muradxanlı” yatağı “Cəfərli” sahəsinin 43 saylı quyusundan götürülmüş susuz neft nümunəsinə müxtəlif hesabi həcmərdə su qatmaqla və homogenizatorada intensiv qarışdırmaqla, fərqli sulaşma dərəcələrinə malik su-neft emulsiyaları hazırlanmışdır. Komponentlərin qarşılıqlı vəziyyətini təhlil etməyə imkan verən vizual analiz obyektinin mikrofototəşkilər olduğunu nəzərə alaraq, təcrübələrdə su-neft emulsiyalarında baş verən struktur dəyişmələrinin və fraktal göstəricisinin təyini üçün elmdə “mikrofototəşkilərin təhlili” kimi tanınan “optik skanlama” üsulundan istifadə edilmişdir. Su-neft emulsiyalarında baş verən struktur dəyişikliklərini öyrənmək məqsədilə “Nu-2E” tipli universal elektron mikroskopdan istifadə olunmuşdur. Müxtəlif sulaşma dərəcələrinə, eləcə də temperaturlara malik emulsiyalardan damcı formasında nümunələr götürülmüş və nazik təbəqələr şəklində şüşə slaydların üzərinə çəkilmişdir. Elektron mikroskopda bu nümunələr difraksiya üsulu ilə tədqiq edilmiş və okulyardan mikrocizgilərin elektron

fotoşəkilləri çəkilmişdir. Təcrübələr zamanı fokus məsafəsinin sabitliyi şərti - elektron fotoaparatin ştativə sabit fokus məsafəsində bərkidilməsi yolu ilə əldə olunmuşdur. Alınmış mikroslyaydları gələcəkdə müqayisə etmək məqsədilə mikrofotşəkillərin böyüdülmə dərəcəsi (zoom) hər bir slayd üçün eyni ( $Z=60$  dəfə) qəbul edilmişdir. Fraktal həndəsəsinin tətbiqilə struktur dəyişmələrinin təhlili üçün (disperslik göstəricisi kimi qəbul edilmiş qlobulların orta diametrini təyin etmək məqsədilə) klassik “Xana üsulu”-ndan istifadə edilmişdir. Bu üsula əsasən, həndəsi fraktallar üçün qurulmuş əyrilər hesabı xanalarla örtülür. Mikroskopdan alınan fotoslyaydın üzərinə vahid xanaların tilinin uzunluğu  $\delta$  (hesablamalarda mikroskopun böyütmə dərəcəsi və bir çox təsiredici amillər nəzərə alınmaqla,  $\delta= 6,11$  mkm qəbul edilmişdir) və  $N$  sayda xanalardan ibarət vahid tor şəbəkəsi qoyulmuşdur. Eyni ( $t=20^0\text{C}$ ) temperatura, lakin müxtəlif sulaşma dərəcəsinə malik su-neft emulsiyalarının dəfələrlə böyüdülmüş mikrofotşəkillərində neft qlobulları qara, su qlobulları isə ağ çalarlarda əks olunduğundan, tədqiq olunan (yəni vahid dairənin içərisinə əhatələnmiş) sahədə ümumi xanalar sayı və su qlobullarının üzərini örtən xanalar sayı təyin edilmişdir. Sonra, ümumi xanaların sayı və su qlobullarını örtən xanalar sayı əsasında  $D$  fraktal ədədi hesablanmışdır :

$$D = - \frac{\ln N(d)}{\ln d} \quad (1)$$

burada:  $D$ - fraktal ədədi, ölçüsüz kəmiyyət ;

$N$ - ümumi xanalar sayı, ədəd;

$d$ - su qlobullarını örtən xanalar sayıdır, ədəd .

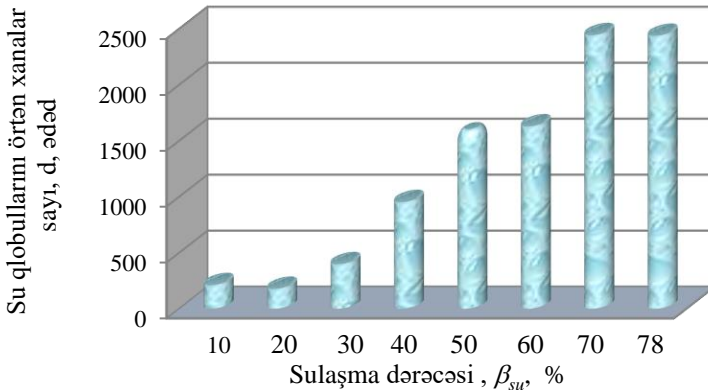
Alınmış nəticələr əsasında ikiqat loqarifləmə sisteminə  $\lg N(d) = f(\lg(1/d))$  asılılığı düz xətt şəklinə gətirilməklə (yəni düzləndirilməklə) riyazi əyrilər qurulmuşdur. Bu zaman düz xəttin absis oxu ilə kəsişmə bucağının tangensi – baxılan sistemin  $D$  fraktal göstəricisini xarakterizə edir. Vahid dairə içərisində yerləşdirilmiş slayddakı su qlobulları diametrinə nəzərən qruplaşdırılaraq, hər bir su qlobulunun üzərini örtən xanalar sayı riyazi hesablanmışdır. Su-neft emulsiyalarının hər bir baxılan sulaşma dərəcəsinə, mikroskopik



təhlil üsulunun tətbiqinin mümkünlüyü və ölçmənin dəqiqliyinin qiymətləndirilməsi metodikasından istifadə etməklə, emulsiyaların qlobullarının  $d_{orta}$  orta diametri Şarle paylanmasının A tipinə əsasən, parametrlərin təyin etmə dəqiqliyi isə Student meyarının tətbiqilə - dəqiqliyi 2,9% təşkil edən  $\alpha \approx 0,995$  ehtimalla, ən azı 4-6 mikrofotoslaydın təhlili əsasında qiymətləndirilmişdir. Həmçinin,  $\chi$  Pirson meyarı ilə verilənlərin seçilmiş model düstura uzlaşması da yoxlanılmışdır.

Nəticələrin təhlili göstərir ki, emulsiyalarda dispers fazanın - suyun faizlə həcmi artdıqca, dispersion mühit kəskin struktur dəyişikliklərinə məruz qalır, yəni qlobulların diametri kiçilir və təqribən bərabərləşir, başqa sözlə desək, disperslik dərəcəsi tədricən çoxalaraq, sonda stabilləşir.

Sulaşmanın  $\beta_{su}=40$  % həddindən başlayaraq anomal xassələrin meydana çıxması, sürüşmə gərginliyinin sıçrayışlı xarakterində qeyri-monoton dəyişməsində öz əksini tapır. Sulaşmanın  $\beta_{su}=70\%$  həddindən sonrakı qiymətlərində disperslik dərəcəsi göstəricisinin getdikcə qərarlaşması müşahidə edilir. Sulaşmanın  $\beta_{su}=78\%$  həddində isə bu göstərici tam stabilləşir ki, bu da su-neft sisteminin su ilə “doyduğunu” bir daha sübut edir (şəkil 1).



**Şəkil 1 Su- neft emulsiyalarının sulaşma dərəcəsinin su qlobullarını örtən xanalar sayından asılılığı histqramı**

Bu andan sonra əlavə edilən su həcmi, emulsiyada artıq qarışmadığından o, koalesensiya prosesi nəticəsində təbəqələşərək, “sərbəst” su qisminə ayrılır.

Tədqiqatların ikinci mərhələsində temperatur amilinin su-neft emulsiyalarında struktur dəyişikliklərinə təsirinin öyrənilməsi üzrə işlər aparılmışdır. Təcrübələr müvafiq olaraq  $t = 5, 20, 40, 60^{\circ}\text{C}$  müxtəlif temperaturalarda, lakin eyni ( $\beta_{su} = 50\%$ ) sulaşma dərəcəsində su-neft emulsiyalarının struktur göstəricilərinin mikroskopik cizgiləri çəkilmiş və təhlil edilmişdir.

Nəticələr göstərir ki, fraktal yanaşma üsulu, su-neft emulsiyalarının da aid edilə biləcəyi polidispers sistemlərdə baş verən struktural dəyişikliklərinin öncədən aşkar edilməsi və diaqnostikası üsulu kimi müvəffəqiyyətlə tətbiq edilə bilər.

**İkinci fəsilə** özlü-dənəvər xassəli dispers sistemlərin reotexnologiyası əsasında neftçıxarmanın texnoloji proseslərinin səmərəliliyinin artırılması imkanları şərh edilmişdir. Birinci yarımfəsilə dənəvər doldurucuların su-neft emulsiyalarının reoloji xüsusiyyətlərinə təsiri öyrənilmişdir. Elektron mikroskopdan istifadə etməklə, su-neft emulsiyalarında baş verən fiziki-kimyəvi dəyişikliklər tədqiq olunmuşdur.

“Muradxanlı” İNM-nin “Cəfərli” sahəsində yerləşən 2 sayılı yığım çənindən götürülmüş, ilkin sulaşma dərəcəsi  $\beta_{su}=52\%$  olan su ilə qarışıq neft nümunəsinin qumsuz, eləcə də ona  $d=0,1$  mm fraksiyalı müxtəlif ( $C=1; 3; 6\%$ ) cəki faizlərində dənəvər doldurucu-ələnmiş kvars qumu qatmaqla əldə olunan “su-neft-qum” tərkibli qarışıqların viskozimetrik sınaqlarından əvvəl və sonra mikro-fotoslaydlar çəkilmişdir. Məlum olmuşdur ki, hər bir sınaqdan sonra su qlobullarının birləşərək, aqreqatlaşması baş verir və qumun çəki faizi çoxaldıqca, təmərküzləşmə prosesinin intensivliyi də artır. Həmçinin, əlavə edilən qumun müxtəlif tərkibli su-neft sistemlərinin reoloji xassələrinə təsiri öyrənilmişdir. Qarışıq neftləri təmsalında qumsuz və  $d=0,1$ mm fraksiyalı, müxtəlif konsentrasiyalarda ( $C = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0\%$ ) kvars qumu qatmaqla əldə olunan “su-neft-qum” tərkibli qarışıqların  $\beta_{su} = 52, 60,$

70, 80 % sulaşma dərəcələrində reoloji göstəriciləri təyin edilmişdir. Viskozimetrin tədqiq olunan bütün fırlanma sürətlərində qarışıqlarda qumun çəki faizinin 3%-dək artması ilə özlülüyün yüksəlməsi, sonrakı artım hallarında isə, əksinə-azalması müşahidə olunur. Digər sulaşma dərəcələrində də qumun su-neft sistemlərinin reoloji xassələrinə təsiri öyrənilmiş və qarışığın effektiv özlülüyünün dənəvər ünsürün miqdarından qeyri-monoton asılılığı halı müəyyən edilmişdir.

İkinci yarımfəsildə udulma hadisəsi ilə səciyyələnən layın özlü-dənəvər mühitlə qapadılması prosesinin səmərəliliyinə təsir edən amillər təhlil edilmişdir. Layda udulma hadisəsi baş verdiyi hallarda qabaqlayıcı profilaktik tədbir kimi uducu kanalları qapadıcı maddə qismində özlü-dənəvər mühitdən (ÖDM) istifadənin mümkünlüyünün yoxlanılması, təmir-təcrid işlərinin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi və uducu layın reopektik xassələrə malik ÖDM-lə qapadılması zamanı dayanıqlılıq şərtinin öyrənilməsi məqsədilə, müstəvi-yastı deformasiya şəraitində onun qərərlaşmamış, radial hərəkətinin oxa nəzərən simmetrikliliyi məsələsi araşdırılmışdır. Riyazi hesablamaların sadələşdirilməsi məqsədilə özlü-dənəvər mühitin ilişkənlik əmsalı  $k = 0$  qəbul edilmişdir. Bundan əlavə, tədqiqatlar zamanı quyuaştrafi zona aşağıda qeyd edilən ikifazlı mühitdən (məsaməli mühitin skeletindən-dağ süxurlarından və qapadıcı kimi tətbiq edilən ÖDM-dən ) ibarət qalın divarlı silindr kimi təsəvvür edilmişdir.

Sistemin hərəkətinin gərginlik-deformasiya vəziyyətinin təsviri məqsədilə o, kvazibircins mühit kimi qəbul edilmişdir. Qarşıya qoyulan məsələnin həlli prosesində aşağıda göstərilən ilkin sərhəd şərtlərinin ödənilməsi vacib hesab edilmişdir :

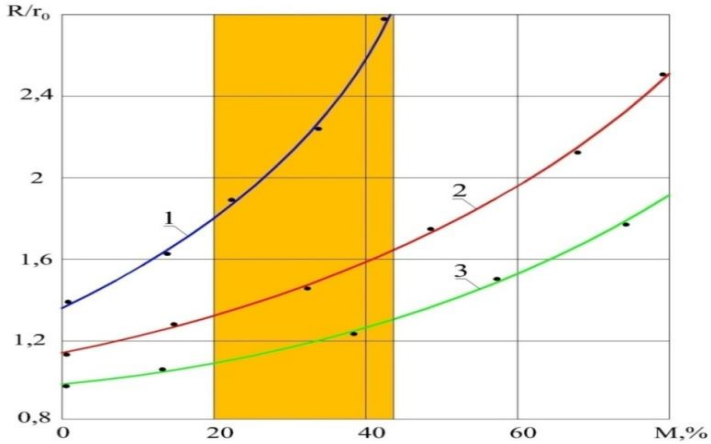
a) özlü-dənəvər mühitin gərginlik-deformasiya vəziyyəti yalnız  $r$  radius-vektordan asılıdır ;

b) təcrübələr zamanı qapadıcı mühitin yalnız müstəvi-yastı tipli deformasiyaya uğraması qəbul edilir, yəni  $\varepsilon_{zz} = 0$ .

Hesablamalarda, silindrin xarici konturu boyunca zamana nəzərən sabit, radial (hidrostatik) təzyiq  $P_{hidr}$ . qüvvəsinin tətbiq olunduğu  $r_o$  radiuslu çevrəvi boşluğun mövcudluğu və  $r=r_o$

bərabərlik şərti daxilində ÖDM-in hissəciklərinin radial hərəkəti üçün  $v$  sürətinin əvvəlcədən məlum olması şərtləri qəbul edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, dayanıqlılıq şərtinin yerinə yetirilməsi üçün göstərilən intervallarda  $R/r_0$  nisbətindən istifadə etməklə,  $R$  nüfuz etmə konturunun radiusunun təyini mümkündür.

Bu hesablamalar udulma ilə səciyyələnən layın  $k=30$  mD; 60 mD; 90 mD keçiricilik əmsallarının fərqli qiymətlərində aparılmış və alınan nəticələrə əsasən ayrilər qurulmuşdur (şəkil 2).



1-  $k_1=30$  mD ; 2-  $k_2=60$  mD ; 3-  $k_3=90$  mD olduqda

## Şəkil 2 Keçiricilik əmsalının müxtəlif qiymətlərində doldurucu ünsürün rasional tətbiq intervalının seçilməsi

ÖDM-in tərkibində olan doldurucu komponentin-qumun faizlə göstəricisi 20-42 % rasional interval hüdudlarında olduğu hallarda, enerji və vaxta qənaət baxımından bu prosesin səmərəliliyini daha dəqiq xarakterizə edir. Həmçinin, müəyyən edilmişdir ki, layın keçiriciliyinin azalması ilə “təcrid etmə ekranı”-nın radiusu kəskin artır.

Üçüncü yarım fəsildə “su-neft-qum” tərkibli qarışıqların sıxlığının laborator ölçmələr aparılmadan-hesabi təyini üçün yeni empirik asılılıqların işlənilməsi məsələsinə baxılmışdır.

Adətən, mədən şəraitində texnoloji mayelərin sıxlıq göstəricisi təcrübi (piknometr və areometrlə) və riyazi (məlum düsturlarla) üsullarla aparılır. Bəzi hallarda, dispers fazanı təşkil edən bərk hissəciklərin - dənəvər doldurucuların  $x$  kütlə payı məlum olduğu hallarda, bu qarışıqların sıxlığı aşağıda verilən additivlik şərtinə əsasən də təyin edilə bilər:

$$\frac{1}{\rho_{qar}} = \frac{x}{\rho_{b.h.}} + \frac{(1-x)}{\rho_{maye}} \quad (2)$$

burada :  $\rho_{qar}$ ,  $\rho_{b.h.}$ ,  $\rho_{maye}$  - müvafiq olaraq qarışığın, bərk hissəciyin (məsələn, qumun) və dispersion mühit olan mayenin (məsələn, baxılan halda-su-neft emulsiyasının) sıxlıqlarıdır,  $\text{kg/m}^3$ .

Additivlik prinsipi əsasında sıxlığın müəyyən edilməsi üçün bu qarışığın tərkib hissəsi olan dənəvər ünsürün kəmiyyət və keyfiyyət baxımından tərkibinin təyini üzrə çoxsaylı təhlillərin yerinə yetirilməsini tələb edir ki, bu da bir sıra məsəflərlə və zaman itkiləri ilə müşayiət edilir. Məhz bu səbəbdən, mədən şəraitində reoloji mürəkkəb qarışıqların sıxlıq parametrinin daha asan və dəqiq təyin edilməsi məsələsi-“su-neft-qum” qarışıqlarının sıxlığının dolayı üsulla (ölçmələr aparılmadan) təyini halının həlli üçün yeni empirik asılılıqların işlənilməsi halı araşdırılmışdır. Yaranan qarışıqların temperatur və sulaşma amillərindən, eləcə də ona qarışmış dənəvər ünsürün (qum, gil, mineral duzlar, korroziya məhsulları və s.) konsentrasiyasından (kütlə payı və ya faizlə) asılı olaraq sıxlığın dəyişmə mexanizmini əvvəlcədən proqnozlaşdırması məqsədilə, “MatLab R-2010a” standart programından istifadə etməklə, reqressiya tənlikləri alınmışdır. “Muradxanlı” neft yığım məntəqə-sindən götürülmüş, ilkin sulaşma dərəcəsi  $\beta_{su}=52\%$  olan su-neft qarışığı nümunələrinə fərqli hesabi həcmdə dənəvər doldurucu ünsür- $d=0,1$  mm fraksiyasında ələnmiş kvars qumu qatmaqla və 10-15 dəqiqə ərzində homogenizatorada qarışdırmaqla alınmış qarışıqların piknometrik təcrübi və riyazi tədqiqi nəticəsində, 3-ölçülü fəza sistemində sıxlıq göstəricisinin müxtəlif temperaturalarda təyini üçün yeni empirik asılılıqlar təklif edilmişdir.

Dördüncü yarımfəsildə “su-neft-qum” tərkibli qarışıqlarda təşkilədiçi komponentlərin qarışma ardıcılığının onların reolojiyasına təsir mexanizmi öyrənilmişdir. Tədqiqatlar əsasında təşkilədiçi ünsürlərin qarışığa daxil etmə ardıcılığının onların reoloji xassələrinə və reofiziki xüsusiyyətlərinə təsiri qiymətləndirilmişdir. Reotexnologiyanın mövcud prinsipləri əsasında, yəni təşkilədiçi ünsürlərin qarışma ardıcılığının məqsədyönlü şəkildə tənzimlənməsi yolu ilə çoxkomponentli qarışıqların mədəndaxili yığıcı prosesinin səmərəliliyinin artırılması imkanları araşdırılmışdır. Model mayesi qismində “Muradxanlı” yatağının “Məmmədli” neft yığıcı sistemindən götürülmüş, ilkin sulaşma dərəcəsi  $\beta_{su}=18\%$  təşkil edən yüksək özlülüklü qarışıq neft nümunəsi seçilmişdir. Tədqiqatlar nəticəsində onun yüksək sıxlıq ( $\rho=926 \text{ kq/m}^3$ ) və özlülüyə ( $\mu=690 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ) malik, az parafinli (kütlə payı  $3\%$ -ə qədər) və yüksək qətranlı (qətran və asfaltenin kütlə payları, müvafiq olaraq  $11\%$  və  $7\%$ -ə qədər) neft məhsullarına aid olduğu aşkar edilmişdir. Sonra, ilkin götürülmüş su-neft qarışıqlarına müəyyən hesabı həcmdə su qatmaqla süni hazırlanmış emulsiyalar müxtəlif temperaturalarda ( $t=5, 20, 40^\circ \text{C}$ ) və sulaşma dərəcələrində ( $\beta_{su}=30, 40, 50, 60, 70, 80\%$ ) reoloji tədqiq edilmişdir. Onların dayanıqlılığı,  $t=24$  saat müddətində kolbada statiki vəziyyətdə saxlamaqla-“mexaniki çökdürmə” üsulu ilə təyin edilmişdir. Baxılan müddətdə su-neft qarışıqlarından ayrılan “sərbəstləşən” suyun miqdarının, onun həcmnin  $1\%$ -dən çox olmadığı hallarda “dayanıqlı” emulsiya kimi qəbul edilmişdir. İlkin  $\beta_{su}=18\%$  sulaşma dərəcəsinə, eləcə də ardıcıl olaraq  $\beta_{su}=30, 40, 50, 60, 70, 80\%$ -ə qədər sulaşdırılmış su-neft emulsiyaları viskozimetrik tədqiq edilmiş və alınmış nəticələr əsasında müvafiq axın əyriləri qurulmuşdur. Üçkomponentli heterogen qarışıqların yaradılması və dənəvər hissəciklərin su-neft emulsiyalarına qarışdığı hallarda onların reoloji xassələrinə təsirinin öyrənilməsi məqsədilə, sulaşma dərəcəsinə asılı olaraq  $1-7\%$  kütlə payı intervalında dəyişən,  $d=0,1 \text{ mm}$  fraksiya tərkibdə olan doldurucu ünsür - ələnmiş kvars qumu əlavə edilmiş və bircins maye alınanadək homogenizatorada qarışdırılmışdır. Sınaqlarda kvars qumunun qarışıqlarda dispers halda

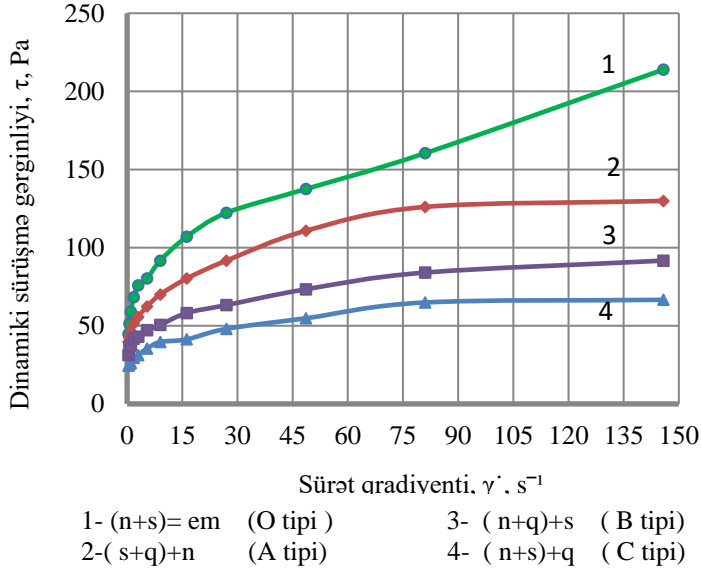
olmasına və sedimentasiyaya (çökməyə) uğramamasına xüsusilə diqqət yetirilmişdir. “Su-neft-qum” tərkibli heterogen sistemlərdə təşkilədiçi komponentlərinin tədqiq edilən qarışıqlara daxiletmə ardıcılığının onların reoloji xassələrinə və reofiziki göstəricilərinə təsiri amilinin öyrənilməsi məqsədilə, bu ünsürlərin sıra yerlərini ixtiyarı dəyişdirilməklə alınmış təcrübi nəticələrin şərhə arəşdirlmişdir. Belə ki, təşkilədiçi komponentlərin qarışığa daxiletmə ardıcılığından asılı olaraq, aşağıda göstərilən üç tip qarışıqlar hazırlanmışdır :

- A tipi–əvvəlcə suya (s) qum(q) qatılmış, alınan qarışığa isə neft (n) qarışdırılmışdır -  $(s+q)+n$ ;
- B tipi – əvvəlcə neftə (n) qum (q) qatılmış, alınan qarışığa isə su (s) qarışdırılmışdır -  $(n+q)+s$ ;
- C tipi–əvvəlcə neftə (n) su (s) qatılmış, alınan qarışığa isə qum (q) qarışdırılmışdır -  $(n+s)+q$ .
- 0 tipi- qumsuz su-neft emulsiyası - model mayesi qismində qəbul edilmişdir -  $(s+n=em)$ .

Hazırlanmış qarışıqlar müxtəlif temperaturlarda və sulaşma dərəcələrində viskozimetrik üsulla tədqiq edilmiş, alınmış nəticələr əsasında hər bir tip suspenziya və model mayesi - emulsiya üçün  $\tau$  sürüşmə gərginliyinin  $\gamma'$  sürət qradiyentindən asılılığı ifadə edən axın əyriləri qurulmuşdur (şəkil 3).

Qurulmuş axın əyrilərinin 3 hissədən ibarət olduğu nəzərə alınmaqla və onlara toxunanlar keçirməklə, qrafoanalitik üsulla  $\tau_{01}$ ,  $\tau_{02}$  və  $\tau_{03}$  başlanğıc toxunan gərginlik parametrləri təyin edilmişdir. Həmçinin, bu əyrilərin şərti ayrılmış sahələri üzrə həm “su-neft”, həm də “su-neft-qum” qarışıqları üçün  $\eta_{st1}$ ,  $\eta_{st2}$  və  $\eta_{st3}$  struktur özlülükləri, eləcə də  $n_1$ ,  $n_2$  və  $n_3$  axının anomallıq indeksləri hesablanmışdır.

Doldurucu ünsürün-qumun su-neft emulsiyalarına qatılması toxunan gərginliyin azalması ilə nəticələnir. Təşkilədiçi ünsürlərin qarışma ardıcılığından asılı olaraq, ən böyük toxunan gərginliklər A tipli qarışıqda, ən kiçik toxunan gərginlik isə B tipli qarışıqlarda müşahidə edilir. C tipli qarışıq isə aralıq mövqə tutur.



**Şəkil 3 Müxtəlif tip qarışıqlar üçün düzləndirilmiş axın əyriləri**

Alınmış nəticələr hər bir tip qarışığın konkret tətbiq sahəsi üçün yararlı olmasını bir daha təsdiqləmiş olur.

Sonda, tədqiq edilən müxtəlif tip qarışıqların təşkilədiçi ünsürlərinin - su, neft və qumun qarışığa daxil etmə ardıcılığının yaranan suspenziyaların reologiyasına təsirini daha ətraflı öyrənmək məqsədilə  $\beta_{su} = \text{const}$  ( $\beta_{su} = 30, 50, 60\%$  sulaşma dərəcələrində) şərti daxilində  $\tau = f(t)$ ,  $\eta_{st} = f(t)$  və  $n = f(t)$  əyriləri eləcə də  $t = \text{const}$  ( $t = 5, 20, 40^\circ C$  temperaturalarda) şərti ödənilməklə  $\tau = f(\beta_{su})$ ,  $\eta_{st} = f(\beta_{su})$ ,  $n = f(\beta_{su})$  əyriləri qurulmuş və tədqiq edilmişdir.

Qrafiklərə istinadən, sabit sulaşma dərəcəsi şərti ödənildikdə, temperaturun artımı ilə qarışıqların başlanğıc sürüşmə gərginlikləri və struktur özlülükləri azalır. Axının anomallıq indeksləri isə fərqli şəkildə dəyişir. Belə ki, qarışıqların temperaturunun  $5^\circ C$ -dən  $20^\circ C$ -dək yüksəlişi ilə O və C qarışıqlarda  $n$  anomallıq indeksi azalır, A və B tipli qarışıqlarda isə o, əksinə-artır. Temperaturun  $20^\circ C$ -dən



40 °C-dək növbəti artımında əks mənzərə müşahidə edilir. Yəni A və B tipli qarışıqlarda anomallıq indeksi artır, O və C tipli qarışıqlarda isə azalır. Anomallıq indeksinin bu təcrübələrdə də dəyişmə xarakterinin fərqliliyi nəzərə çarpır. Sulaşma dərəcəsinin 30 %-dən 50 %-dək (hesabi həcmdə su qatmaqla və qarışdırmaqla) artırılması nəticəsində O, B və C tipli qarışıqlarda  $n$  indeksi yüksəlir və A tipli qarışıqda azalır. Sulaşmanın 50 %-dən 60 %-dək sonrakı artımı zamanı  $n$  indeksi O, A və B tipli qarışıqlarda yüksəlir, C tipli qarışıqda isə əksinə-azalır.

A, B və C tipli üçkomponentli qarışıqlarda dispers faza olan qumun dispersion mühitin ayrı-ayrı komponentlərinə (su və neft) və birbaşa su-neft qarışığına - emulsiyaya ardıcıl qatılması nəticəsində onların struktur-mexaniki xassələrinin dəyişməsi xarakteri aşağıdakı kimi şərh edilə bilər :

- qumu dispersion mühitin su təşkiledici komponentinə əlavə etməklə yaranan A tipli qarışıqlar üçün yüksək başlanğıc toxunan gərginlik və elastiklik modulu, minimal özlülük göstəriciləri səciyyəvidir;
- qumu birbaşa su-neft emulsiyasına əlavə etməklə yaranan C tipli qarışıqlar üçün minimal başlanğıc toxunan gərginlik və elastiklik modulu, yüksək özlülük göstəriciləri xarakterikdir;
- qumu dispersion mühitin neft təşkiledici komponentinə əlavə etməklə yaranan B tipli qarışıqlar üçün başlanğıc toxunan gərginlik, elastiklik modulu və özlülük göstəriciləri A və C tipli qarışıqlarla müqayisədə aralıq mövqe tutur, emulsiyalar üçün mövcud analoji göstəriciləri isə üstələyir.

Bərk fazanın - kvars qumunun su-neft emulsiyası ilə qarışması, yaranan heterogen qarışıqlarda yeni anomal xassələrin meydana çıxması ilə nəticələnmişdir. Təcrübi nəticələrə əsasən qurulmuş axın ayrıları 3 şərti zonaya bölünmüşdür :

I zona -maksimal  $\eta_{st1}$  struktur özlülüüyü ilə səciyyələndirilən özlü, "plastik" axın (professor A.Y.Şvedova görə- "sürünmə" hərəkəti);

II zona - orta  $\eta_{st2}$  özlülük göstəricisi ilə səciyyələndirilən, intensiv dağılan strukturda "Binqam" axını;

III zona - minimal  $\eta_{st}$  struktur özlülüyü ilə səciyyələndirilən, tamamilə dağılmış struktur daxilində “sərbəstləşmiş” axın (akademik A.X. Mirzəcanzadəyə görə- “restrukturlaşmış” hərəkət).

Beləliklə, eksperimental olaraq təsdiq edilmişdir ki, “su-neft-qum” tərkibli qarışıqlarda təşkeledici ünsürlərin daxilətmə ardıcılığını “ünvanlı” dəyişdirməklə, başqa sözlə desək- reotexnologiyanın məqsədyönlü tənzimləmə prinsiplərindən istifadə etməklə, neftçıxarmanın texnoloji proseslərində tətbiq edilən çoxkomponentli heterogen qarışıqların reofiziki xüsusiyyətlərin yaxşılaşdırılmasına nail olmaq mümkündür.

**Üçüncü fəsilə** su-neft sistemlərinin reotexnologiyası əsasında laya kompleksləşdirilmiş təsir üsulunun səmərəliliyinin qiymətləndirilməsinin mümkünlüyü araşdırılmışdır. Birinci yarımfəsidə lay daxilində mövcud olan su-neft zonalarının işlənməsinin bəzi problemləri, eləcə də “durğun”, zəif drenaj olunan və “toxunulmaz” neft zonalarının yaranması səbəbləri öyrənilmişdir. İlk mərhələdə layda “su-neft” kontaktının və keçid zonasının formalaşması prosesi təhlil edilmişdir. Növbəti mərhələdə isə su-neft zonalarında lay flüidlərinin süzülməsi prosesinin bəzi asperktlərinin geniş şərh verilmişdir.

Məlumdur ki, quyuların cari və son istismar mərhələsindəki əsas göstəricilərisəçilən texnoloji rejimdən bilavasitə asılıdır. Layın neftlə zəngin hissəsində, təzyiqin sabit saxlanması məqsədilə, vurucu quyular vasitəsilə aparılan suvurma prosesi nəticəsində neftin müəyyən həcmi layın “sulu” zonasına doğru sıxışdırılır ki, bu da onun gələcəkdə çıxarıla bilməyən və ya çətin hasil olunan, az mütəhərrik - “passiv” neftlər həcminə aid edilməsinə, nəticədə lay daxilində “durğun”, zəif drenaj olunan və “toxunulmaz” neft zonalarının, eləcə də neft “linzalarının” və “nüfuz edilməz ekranların” yaranmasına səbəb olur. Sulaşma intensivliyinin kəskin artımı neftin özlülüyünün anomal yüksəlməsi ilə nəticələnir. Layda “durğun”, zəif drenaj olunan və “toxunulmaz” neft zonalarının mövcudluğu faktı əlavə bir səbəb kimi lay şəraitində su-neft emulsiyaların yaranmasını ehtimal etmə imkanı yaradır. Məhz bu səbəbdən su-neft zonalarında

toplanmış əlavə neft həcmnin çıxarılması üçün reotexnologiya əsasında yeni innovativ üsulların yaradılması və tətbiqinin vacibliyi diqqətə çatdırılmışdır.

İkinci yarımfəsildə reotexnoloji üsulların tətbiqlə çətin hasil oluna bilən neft ehtiyatlarına malik yataqların işlənilməsi prosesinin səmərəliliyinin artırılması imkanları tədqiq edilmişdir. Əvvəlcə neftqazçıxarmanın texnoloji proseslərinin modelləşdirilməsi və lay modelinin seçiminin əsaslandırılması həyata keçirilmişdir.

Laboratoriya şəraitində aparılmış tədqiqatların təcrübi nəticələrinin real obyektə - neftçıxarmanın texnoloji proseslərinə inikasına imkan verən şərtlər daxilində lay modelinin seçiminin əsaslandırılması üçün oxşarlıq nəzəriyyəsi istifadə edilmişdir. Əsas model kimi iki ölçülü müstəvi-radial lay modeli (quyuların 5 nöqtəli -qıraqlarda 4 ədəd “hasilat” və mərkəzdə 1 ədəd “vurucu” quyunun imitasiyası) yerləşmə sxemi əsasında laya su vurulması zamanı neft verimi mexanizminin xüsusiyyətini öyrənilməsinə imkan verən lay elementi)) tətbiq edilmişdir. Bu modelin ölçüləri,  $\eta$  neft verimi əmsalının asılı olduğu ölçüsüz parametrlər sisteminə əsasən təyin edilmişdir. Elmdə məlum olan  $\pi$ -teoreminin tətbiqlə neftvermə əmsalının təyini, 20 ədəd bir-birindən asılı olmayan ölçüsüz kəmiyyətin - oxşarlıq meyarlarının alınması ilə sonucları:

$$\eta = (\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \dots, \dots, \pi_{20}) \quad (3)$$

Tənlikdə yer alan hər bir  $\pi$  oxşarlıq meyarı ölçüsüz kəmiyyət olub, layın modelləşdirilmə şəraitini əks etdirir.

Qeyd olunanlar nəzərə alınmaqla, 60x60x20 sm ölçüdə, şəffaf orqanik şüşədən hazırlanmış 5-nöqtəli neft layı modelinin laboratoriya tədqiqatlarının aparılması üçün fiziki model qismində qəbul edilməsi əsaslandırılmışdır.

Son neftvermə əmsalının artırılması məqsədilə yerinə yetirilmiş laborator tədqiqatların nəticələri əsasında laya yeni-su-neft emulsiyası ilə kompleksləşdirilmiş təsir üsulu işlənilmişdir. Yığılmış fiziki lay modelində neftvermə əmsalının yüksəldilməsi, eləcə də zamana

qənaət edilməsi və modelin zəif kollektor imkanlarına malik olması səbəbindən, lay xaricində süni yaradılan su-neft qarışığının maksimal süzülmə müqavimətinin, su və neft fazalarının iterasiya yolu ilə optimal seçilmiş 50% neft və 50% su nisbətində əldə edildiyi müəyyən edilmişdir.

Reotexnologiyanın əsas prinsiplərinə əsaslanaraq, “lay” şəraitində vizual olaraq su-neft emulsiyalarının yaranma ehtimalı öyrənilmiş və innovativ texnologiya əsasında bu sistemlərin qalıq neftinin sıxışdırılması prosesinə araqatı qismində tətbiqi imkanları araşdırılmışdır. Kontur boyunca sulaşma zamanı su-neft sisteminin layda olan qalıq nefti sıxışdırma prosesini vizual izləmək məqsədilə, ortasında vurucu quyunu imitasiya edən 1 ədəd ventilya, ətrafında isə hasilat quyularını əvəz edən 4 ədəd ventilya yerləşdirilmiş, şəffaf orqanik şüşədən kvadrat şəkilli, 5 nöqtəli təcrübə lay modeli seçilmişdir (şəkil 4).



**Şəkil 4 Təcrübə lay modeli**

Hər bir laboratoriya təcrübəsindən əvvəl lay modelinə doldurulan və onun daxilində kipləşdirilən dağ süxurlarını əvəz edən dənəvər ünsürün- kvars qumunun həcminə əsasən modelin məsaməli mühitinin həcmi təyin edilmiş və bu göstəricinin  $V_{mas} = 935,6 \text{ sm}^3$

olduğu müəyyənləşdirilmişdir.

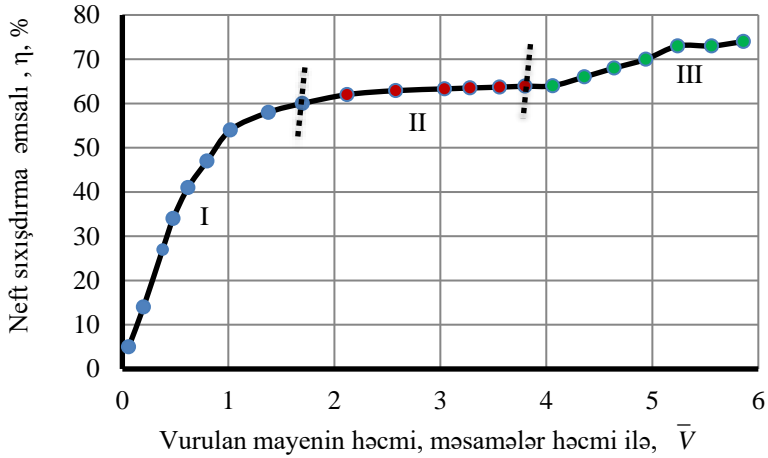
Lay modeli əvvəlcədən  $d=0,2-0,4$  mm fraksiyasında vibroləkdən keçirilmiş, yuyulmuş və sobada qurudulmuş kvars qumu ilə doldurulmuşdur.

Vurulan mayenin, məsaməli mühitlə modelin divarları arasında sürüşməsinə istisna etmək məqsədilə, onun divarlarının daxili səthinə epoksid qətranından ixtiyarı xəttlər çəkilərək, süni kələ-kötürlük halı yaradılmışdır. Sonra şəffaf model vakuum nasosuna qoşularaq, daxildə olan hava sovurulmuş və su fazası ilə onun doydurulma prosesi aparılmışdır.

Sınaqlar zamanı doydurucu maye qismində adi texniki sudan, sıxışdırıcı mayələr kimi isə həm adi texniki sudan, həm də hasil olunan “neft məhsulu” nümunəsi əsasında süni yolla-homogenizatorla qarışdırmaqla hazırlanmış dayanıqlı su-neft emulsiyasından istifadə edilmişdir. Laya su vurulması prosesi  $t=20^{\circ}\text{C}$  temperaturda və  $\Delta P=0,02$  MPa təzyiqlər fərqində, lay modelinin mərkəzində yerləşdirilmiş “vurucu quyu” vasitəsilə yerinə yetirilmişdir. Hasilat prosesi isə kvadrat modelin diaqonalları boyunca-qıraqlarında yerləşdirilən “hasilat quyuları” vasitəsilə aparılmışdır.

Modelin hesablanmış məsamələr həcmnin təqribən  $V_{m\acute{a}s}\approx 1000$  sm<sup>3</sup> olduğunu nəzərə alaraq, layın su ilə doydurulması prosesi layın məsamələri həcmnin 3 qismi qədər, yəni  $V_{su}=3000$  cm<sup>3</sup> olana qədər aparılmışdır. Təyin edilmiş suya nəzərən keçiricilik  $\kappa_{su}=12,99$  mkm<sup>2</sup>, layın məsaməliyi isə  $m=33$  % təşkil etmişdir. Sonra lay modelinin neftlə doydurulması prosesinə başlanılmışdır. Doydurucu maye qismində ilkin sulaşma dərəcəsi  $\beta_{su1}=22\%$  və sıxlığı  $\rho_l=914$  kq/m<sup>3</sup> olan, “Muradxanlı” yatağının 37 saylı quyusundan hasil olunan ağır neft məhsulu götürülmüşdür. Aparılmış müvafiq hesablamalar nəticəsində neftin kinematik özlülüyünün  $\nu_{20}^0=153,1$  sSt olduğu müəyyən edilmişdir ki, bu da onun qeyri-Nyuton xassələrə malik olduğunu göstərir. Lay modelinin neftə görə doydurulması yuxarıda qeyd olunana analogi, lakin vaxta qənaət baxımından  $\Delta P=0,04$  MPa təzyiqlər fərqində, lay məsamələri həcmnin 3 qismi qədər, yəni  $V_{neft}=3000$  sm<sup>3</sup> olana qədər aparılmış

və bu proses lay modelinin hasilat quyularından “təmiz məhsul”-susuz neftin süzülməsi baş verdiyi ana qədər davam etdirilmişdir. Hesablamalar nəticəsində lay süxurlarında adsorbsiya olunan neftin həcmnin  $V=750 \text{ sm}^3$  olduğu müəyyənləşdirilmişdir ki, bu da lay modelinin 80 % neftlə və 20 % su ilə doyduğunu göstərir. Sonra lay modelində kvars qumu tərəfindən adsorbsiya olunan neftin texniki su ilə sıxışdırılması prosesinə başlanılmışdır. Sıxışdırma prosesini vaxta nəzərən sürətləndirmək məqsədilə, sıxışdırıcı mayenin laya nüfuz etmə prosesi  $\Delta P=0,08 \text{ MPa}$  təzyiqlər fərqində aparılmışdır. Lay məsamələri həcmnin 1,5-2 qismi qədər, yəni  $V_{su} =1500-2000 \text{ sm}^3$  həcmində və  $t=20 \text{ }^\circ\text{C}$  temperaturda laya vurucu quyu vasitəsilə su vurularaq, hasilat quyularından “çıxarılan” neftin hesabi həcmi ölçü qabları vasitəsilə təyin edilmişdir. Lay modelindəki neftin su ilə sıxışdırma prosesi başa çatdıqdan sonra neftə nəzərən keçiricilik göstəricisi kiçik olaraq qalmışdır ki, bu da sıxışdırıcı ünsürlə təmasda olmayan bəzi (“durğun”, zəif drenaj edilən və “toxunulmaz”) neft zonalarının qalması ilə əlaqədardır. Təcrübələrdə şəffaf lay modelində suyun laydan nefti sıxışdırdığı zaman qeyd olunan zonalara nüfuz etmədiyi və onlardan “yan keçməsi” faktı vizual olaraq aydın görünür. Bu zaman “susuz” periodun sonu və “sulu” periodun başlanğıcı ölçü qablarında vizual olaraq – yəni hasil olunan neftdə su fazasının təzahür etdiyi andan başlayaraq təyin olunur. “Susuz” və “sulu” istismar mərhələlərində neftin sıxışdırma əmsalları, müvafiq periodlarda sıxışdırılan neft həcmlərinin məsamələr həcminə nisbətini, sıxışdırma prosesindək olan neft həcminə nisbəti kimi təyin olunmuşdur ki, bu da müvafiq olaraq 35,3 % və 62,6 % təşkil edir. Sıxışdırılan neftin tərkibindəki suyun miqdarı Din-Stark cihazı vasitəsilə təyin edilmiş və onun  $\beta_{su(2)}=28\%$  olduğu müəyyənləşdirilmişdir. Deməli, layda baş verən qarışma və disperqasiya proseslərində neft, suyu disperqasiya nəticəsində “özünə hopdurmuş” və daha 6 % əlavə olaraq sulaşmışdır. Neftin əlavə sulaşmasına müvafiq onun sıxlığı da artmış və piknometr vasitəsilə təyin edilmiş növbəti göstəricisi  $\rho= 919 \text{ kq/m}^3$  təşkil etmişdir (şəkil 5).



- I mərhələ – neftin su ilə ilkin sıxışdırılması  
 II mərhələ – neftin su-neft emulsiyası ilə sıxışdırılması  
 III mərhələ – qalıq neftin su ilə təkrar sıxışdırılması.

**Şəkil 5 Nefti sıxışdırma əmsalının lay modelinə vurulan maye həcmindən asılılıq əyrisi**

Sıxışdırma prosesini sürətləndirmək məqsədilə, laya araqatı qismində vurulacaq su-neft emulsiyası, “Muradxanlı” yatağının neft nümunəsi əsasında mexaniki qarışdırmaqla, iterasiya yolu ilə seçilmiş 50% su və 50% neftdən ibarət optimal tərkibdə hazırlanmışdır. Müvafiq ölçmələr nəticəsində bu qarışıqın sıxlığının  $\rho_{eml} = 946 \text{ kq/m}^3$  və sulaşma dərəcəsinin  $\beta_{eml} = 50\%$  olduğu müəyyən edilmişdir.

Hazırlanmış su-neft emulsiyasının lay modelinə daxil edilməsi vurucu quyu vasitəsilə  $\Delta P = 0,1 \text{ MPa}$  təzyiqlər fərqiində aparılmışdır.

Layda qalıq neftin su ilə təkrarən sıxışdırılması vasitəsilə flüidlərin - daxil olan su-neft emulsiyasının, qalıq neftin tam sıxışdırılmasına və lay modelində təzyiqlər fərqiinin stabilləşməsinə qədər süzülməsi prosesi davam etdirilmişdir.

Qalıq neftinin təkrar sıxışdırılması (başqa sözlə-“su valı”-nın yaradılması) bir daha göstərmişdir ki, lay modelinin neftə nəzərən keçiricilik göstəricisi ilkin qiymətinə yaxınlaşmış və  $\kappa_{n2ef} = 2,49 \text{ mkm}^2$  olmuşdur. Bu fakt layın sıxışdırıcı ünsürlə tam əhatə olunduğunu bir daha təsdiqləyir.

Təkrar sıxışdırılan neft məhsulunda suyun miqdarı analoji qaydada təyin edilmiş və həmin göstəricinin daha 5% artaraq,  $\beta_{su(3)} = 33\%$  olduğu müəyyənləşdirilmişdir.

Laydan sıxışdırılan su-neft emulsiyası yüksək özlüliyə ( $\mu = 53.57 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ) və sıxlığa ( $\rho_{em2} = 953 \text{ kq/m}^3$ ) malik olmuş, sulaşma dərəcəsi isə  $\beta_{em2} = 57\%$  həddinə çatmışdır ki, bu da ikifazlı axın sahələrində yüksək süzülmə müqavimətlərinin yaranması ehtimalını göstərir və bu fakt öz əksini lay modelində quraşdırılmış manometrlərin göstəricilərinin hiss ediləcək titrəyişlərində-pulsa-siyalarda tapmış olur. Deməli, sulaşmış lay modelində nefti sıxışdırma prosesində nəinki suyun nüfuz etməyən sahələri-“durğun”, zəif drenaj olunan və “toxunulmaz” neft zonaları, həm də eyni zamanda yeni yaranması ehtimal edilən su-neft emulsiyası mövcuddur. Bu flüidlərin (neft, su, emulsiya) özlülükləri, eləcə də süzülmə müqavimətləri müxtəlifdir və bir-birindən fərqlənir.

“Doğma” neft məhsulu əsasında hazırlanmış su-neft emulsiyası ilə lay modelinə kompleksləşdirilmiş təsir etdikdə nefti sıxışdırma əmsalı daha 11% artır ki, bu da tətbiq olunan texnologiyanın səmərəliliyini bir daha təsdiq edir.

Növbəti mərhələdə, su-neft sistemlərinin reoloji xassələrini öyrənmək məqsədilə, laboratoriya şəraitində lay məhsuluna - neftə müəyyən hesabi həcmdə su qatmaqla və mexaniki qarışdırma yolu ilə hazırlanmış model sistemlərinin - su-neft emulsiyalarının  $t=20^{\circ}\text{C}$  temperaturda rotoviskozimetrik göstəricilərin öyrənilməsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, baxılan emulsiyaların sulaşma dərəcələri yüksəldikcə, onların özlülükləri də kəskin olaraq (təqribən 50-70 dəfə) artır. Akademik Rebinderin təbirincə, su-neft emulsiyalarının özlülüklərinin anomal olaraq yüksəlməsi səbəbinin sürüşmə gərginliyinin artması prosesində disperqasiya edilmiş hissəciklərin



deformasiyası olduğu faktını əsas tutaraq, daha 2 əlavə asılılıq ayrıləri–sürüşmə gərginliyinin sürət qradiyentindən, eləcə də effektiv özlülüyün sürət qradiyentindən asılılıq ayrıləri qurulmuşdur. Rotoviskozimetrik nəticələrin təhlil, sınaq emulsiyalarında suyun faizlə göstəricisinin artmasının onların reoloji xassələrinə nəzərə-çarpacaq dərəcədə təsirini bir daha təsdiq edir.

Müəyyən edilmişdir ki, qaz fazası kimi su fazası da neftdə həll ola və yaxud emulqasiya oluna bilər. Lakin qazdan fərqli olaraq, su komponenti müəyyən mövcud “astana” həddini aşdıqdan sonra lay şəraitində neftin özlülüyünün kəskin artması fonunda, onun mütəhərriqliyinin azalmasına səbəb olur ki, bu da özünü neftin su ilə ilkin sıxışdırılması zamanı onun sulaşma dərəcəsinin kəskin artmasında büruzə verir.

Laydan hasil olunan neft məhsulu əsasında yaranmış su-neft emulsiyası lay modelində “sərbəst” suyun bir hissəsini disperqasiya nəticəsində “özünə hopduraraq” doyma həddinə çatır, neftlə müqayisədə özlülüyünü dəfələrlə artıraraq, “maye porşen” kimi layda qalıq neftini sıxışdırır, bununla da əlavə neft hasilatının artımına, layın əhatə dairəsinin (sıxışdırma “cəbhəsi”-nin) genişlənməsinə səbəb olur və layda “su-neft valı” yaranır. Bu emulsiyaların xarici fazasının karbohidrogen əsaslı olduğunu nəzərə alsaq, onlar qalıq nefti asanlıqla solyubilizasiya edərək (toplayaraq), sıxışdırma “cəbhəsi”-ndə neftlə “zəngin” zona yaradır və onu hasilat quyularına doğru sıxışdırır. Bundan əlavə, bu emulsiyalar layda olan yüksək keçiriciliyə malik laycıqları müəyyən hissədə təcrid edərək, vurulan su axınını aşağı keçiricilikli laycıqlara doğru yönəldir və onları da istismara “cəlb edir”. Həmçinin, emulsiya tərkibli qarışığın bəzi komponentləri lay süxurları üzərində adsorbiya olunaraq onları hidrofoblaşdırır, kollektorun sulaşmış zonasında suyun faza keçiriciliyini azaldaraq, vurulan suyun axınını yenidən bölüşdür-məklə və hasilat quyularına su axınını azaltmaqla, layda selektiv təcrid prosesini təmin etmiş olur.

Lay şəraitində su-neft emulsiyalarının yaranması ehtimalı və onların anomal xüsusiyyətlərinin tədqiqi, artıq formalaşmış stereotip kimi qəbul edilmiş elmi mülahizələrin yeniləşməsi məqsədilə təklif

olunan fərqli elmi yanaşmaya istinadən “lay-quyu-yığım” sistemində təzahür edən heterogen flüidlərin reoloji və fiziki-kimyəvi xassələri nəzərə alınmaqla, “reotexnologiya” rakursundan yeni tənzimləmə üsullarının yaradılması əsasında neftçıxarmada və quyu məhsullarının nəqlində həyata keçirilən bir çox texnoloji proseslərin səmərəliliyinin artırılmasının mümkünlüyündən xəbər verir.

Dissertasiya işinin bu fəslində həmçinin, “Kompleks dəyişənlər funksiyası” nəzəriyyəsiindən istifadə etməklə, kollektorun stimullaşdırılması üzrə hidrodinamiki göstəricilərin xəritələşdirilməsi əsasında yeni diaqnostik üsul təklif edilmişdir. Bu üsul, lay modelini stimullaşdırmadan əvvəl və sonra məsaməli mühitdən “hasil olunan” mayenin cari həcmələrinə görə, eləcə də riyazi hesablama yolu ilə alınan ekvipotensial xətlərin və onların qradiyent vektorlarının paylanması müqayisəli təhlili nəticəsində, filtrasiya vəziyyətinin dəyişmə (durğun və zəif drenaj olunan) zonalarının vizualizasiyasına və simulyasiya edilmiş mühitin müxtəlif təsirlərə reaksiyasını səciyyələndirməyə, onun fərdi xüsusiyyətlərinə və mövcud vəziyyətinə uyğun olaraq laylara lazımi təsir mexanizmini seçməyə imkan verir.

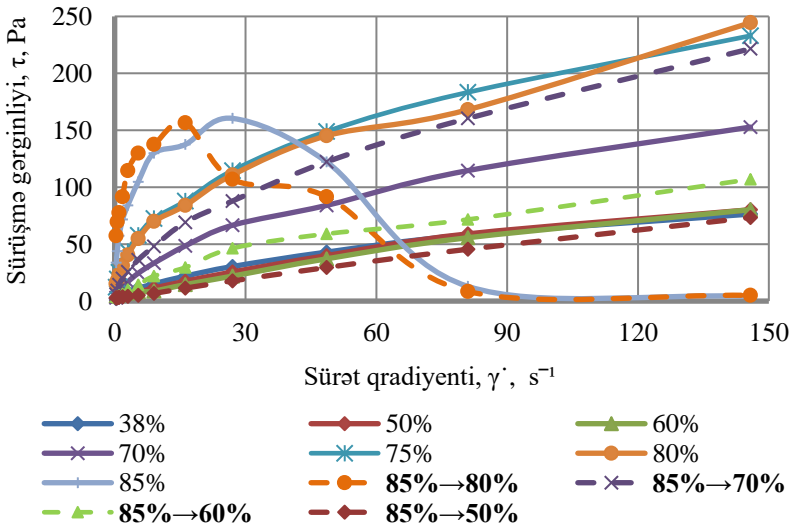
**Dördüncü fəsil**də yüksək özlülüklü neftlərin reotexnoloji xüsusiyyətlərinin diaqnostikası zəminində mədəndaxili yığım sisteminin iş rejiminin yaxşılaşdırılması üçün rəasional istismar parametrlərinin seçiminin əsaslandırılması aspektləri tədqiq edilmişdir.

Birinci yarımfəsilə Azərbaycan neftləri timsalında su-neft emulsiyalarının xassələrinin reotexnologiya əsasında tənzimlənməsi imkanları və yüksək özlülüklü Azərbaycan neftlərinin sulaşması prosesi ilə əlaqədar yaranan emulsuiyaların anomal reoloji xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi məsələsi qoyulmuşdur.

Bu məqsədlə “Muradxanlı” İNM-nin 17 və 37 saylı quyularından götürülmüş, ilkin sulaşma dərəcələri, müvafiq olaraq  $\beta_{su1}=38\%$  və  $\beta_{su2}=58\%$  olan, H.Z.Tağıyev adına NQÇİ-nin “Buzovna” sahəsinin 7 saylı çənindən götürülmüş, ilkin sulaşma dərəcəsi  $\beta_{su3}=16\%$  olan, eləcə də Ə.Əmirov adına NQÇİ-nin “Qalmaz” sahəsindən götürülmüş, müxtəlif ilkin sulaşma dərəcəsinə

malik olan neft nümunələri əsasında, onlara müəyyən hesabı miqdarda su əlavə etməklə, yəni onların sulaşma dərəcəsini süni artırma və mexaniki qarışdırma yolu ilə hazırlanmış su-neft emulsiyaları ilə müxtəlif temperaturalarda ( $t=20, 40, 60^{\circ}\text{C}$ ) laboratoriya tədqiqatları aparılmış və onların reoloji xassələri öyrənilmişdir. Sınağı aparılan bütün su-neft sistemləri üçün sulaşma dərəcəsindən asılı olaraq  $\tau=\mu(\dot{\gamma})$  axın əyriləri qurulmuş və onların zahiri özlülük-lərinin dəyişməsi dinamikası öyrənilmişdir.

Reotexnoloji üsulların tətbiqilə texnoloji proseslərin tənzim-lənməsi imkanlarını bir daha əyani nümayiş etdirmək məqsədilə, elmdəməlum olan “histerezis” (“düz-əks gediş”) üsulu vasitəsilə maksimal sulaşmış və artıq su ilə “doymuş” su-neft emulsiyalarına hesabı neft həcmi əlavə etmək yolu ilə onların sulaşma dərəcələrinin təqribən əvvəlki qiymətlərinə qaytarılması-yəni tənzimlənməsi imkanlarını və mövcud reoloji parametrlərin dəyişməsi dinamikasını öyrənmək üçün də tədqiqatlar aparılmışdır(şəkil 6).



**Şəkil 6 Su-neft sistemlərində «histerezis» üsulu ilə alınmış axın əyriləri**

Model mayeləri qismində “Muradxanlı” yatağının 17 və 37 sayılı quyularının yüksək özlülüklü neftləri əsasında süni hazırlanmış su-neft emulsiyalarından istifadə olunmuşdur.

“Düz gedişdə”-yəni əvvəlcə su-neft emulsiyasına hesabi həcmdə su qatmaqla və sulaşma dərəcəsini tədricən artırmaqla alınan, sonra isə “əks gedişdə”- bu emulsiyalara analoji olaraq müəyyən hesabi həcmdə neft qatmaqla və onların sulaşma faizlərinin təqribən əvvəlki göstəricilərə qaytarmaqla əldə edilən rotoviskozimetrik göstəricilər əsasında reoloji axın əyriləri qurulmuş və bir-biri ilə qarşılıqlı müqayisə edilmişdir.

Laborator tədqiqatların nəticələri bunu söyləməyə əsas verir ki, aksiomatik, stereotip elmi mülahizələrə əsaslanan “faza çevrilməsi”-nin mütləqliyi haqda formalaşan ənənəvi düşüncələr zaman məhfumunda artıq köhnəlmişdir. Su-neft emulsiyasının zahiri özlülüyünün interpretasiyası ilə təyin edilən “inversiya” nöqtəsinin heç də həmişə emulsiya tipinin dəyişməsi ilə izahı faktı düzgün deyil. Ehtimal ki, o neftdə dispers halda paylanmış su qlobullarının maksimal doyma həddini-yəni dispersliliyi xarakterizə edir. Sonrakı sulaşma dərəcələrində özlülüyün (zahiri) azalması mexanizmini isə baş verən “inversiya” hadisəsi ilə deyil, “doyma həddi”-nə çatdıqdan sonra “sərbəstləşən” su fazasının təbəqələşməsi, emulsiyadan qlobullar şəklində ayrılması və onların koalesensiyası prosesləri əsasında yaranan aralıq su qatları (“laycıqları”) nəticəsində mümkün olan “hidravliki yastıq”effektinin təzahürü hadisəsi ilə izah etmək daha düzgündür. Məhz bu effekt sayəsində reotestin daxili silindrinin divarətrafi zonasında şpindelın “sürüşmə” hadisəsi baş verir ki, bu da son nəticədə zahiri özlülüyün kəskin azalması təxəyyülünü canlandırır.

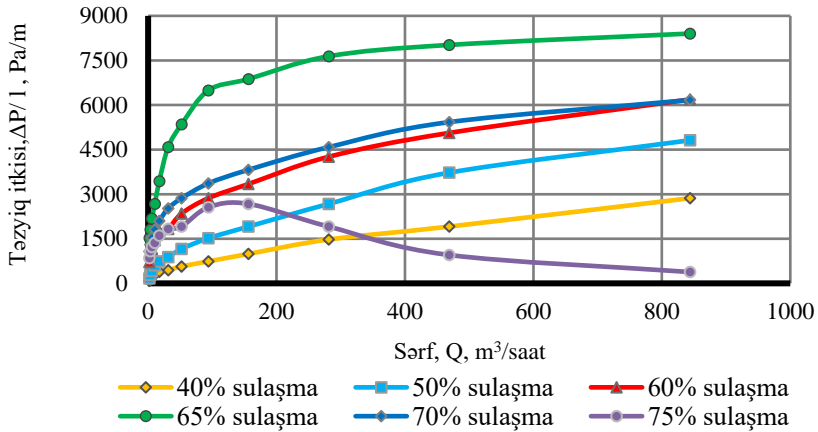
İkinci yarımfəsildə heterogen sistemlərin temperatur və sulaşma amillərini nəzərə almaqla, onların reoloji xüsusiyyətlərinin diaqnostikasının zəruriliyi diqqətə çatdırılmışdır. “Muradxanlı”neft yığım məntəqəsindən götürülmüş quyu məhsulu nümunələrinin reoloji xüsusiyyətlərinin onların temperatur və sulaşma dərəcəsi amillərindən asılılıqları viskozimetrin şpindelının fırlanma sürətlərinin geniş diapazonunda tədqiq edilmişdir. Müəyyən

edilmişdir ki, hər iki amildən asılı olaraq neftlərin özlülüyü kəskin dəyişir. Belə ki, əgər temperaturun yüksəlməsi nəticəsində su-neft qarışığının özlülüyü azalırsa, sulaşma faizinin çoxalması ilə onun artımı müşahidə olunur. Temperatur amilinin təsirindən heterogen qarışığın özlülüyü 3-5 dəfə azaldığı halda, sulaşma dərəcəsinin artımı hesabına o, hətta 10-100 dəfələrlə yüksəlmək iqtidarındadır. Reoloji mürəkkəb xüsusiyyətə malik neftlərin və onların emulsiyalarının yığılması və nəqli proseslərində temperatur amili ilə yanaşı, sulaşma amilinin təsirinin də nəzərə alınması çox vacibdir. Sulaşmış neftlərin və onların qarışıqlarının anomal yüksək özlülüyə malik olması faktı da emulsiyaların mövcud yığım sistemində hərəkəti prosesini xeyli çətinləşdirir. Məhz bu baxımdan, anomal xassəli su-neft sistemlərinin temperatur və sulaşma amillərindən asılı olaraq, reoloji xüsusiyyətlərinin (xüsusən də özlülüyünün) diaqnostikası məsələsi hal-hazırda böyük praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Aparılmış təhlillər göstərir ki, neftçixarmanın texnoloji proseslərinin səmərəliliyinin artırılması üçün, temperatur və sulaşma faizi amillərindən asılı olaraq adı çəkilən heterogen sistemlərin yaranması hallarına daima nəzarət edilməli, operativ qabaqlayıcı və diaqnostik tədbirlər hazırlanmalıdır.

Üçüncü yarımfəsildə mədəndaxili yığım xətlərinin texnoloji göstəricilərinin təhlili əsasında rasionalistismar parametrlərinin seçimi əsaslandırılmışdır. Tədqiqatlar göstərir ki, quyu məhsulunun mədəndaxili yığım sistemində yaranan heterogen qarışıqlarda dispers fazanın-suyun faizlə miqdarının çoxalması hesabına həmin emulsiyaların özlülükləri əhəmiyyətli dərəcədə artdığından, hərəkət prosesinin enerji xərcləri çoxalır, bəzi hallarda isə ümumiyyətlə mümkünsüz olur (şəkil 7).

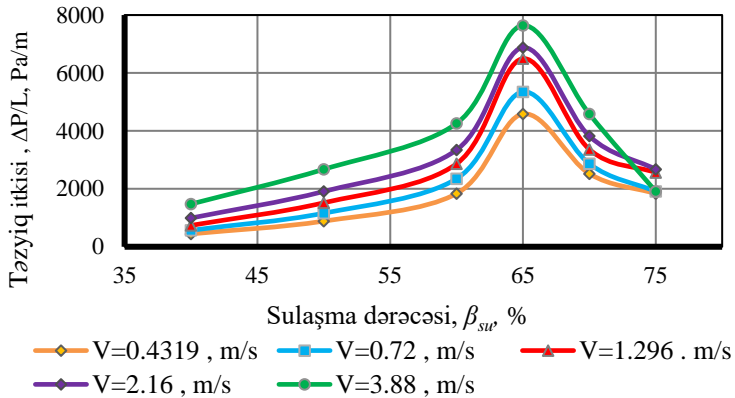
Hesablamalar zamanı texnoloji xəttlərin daxili diametrləri mədən praktikasında daha səciyyəvi olan real qiymətlərə uyğun –  $D=0.06$  m;  $0.1$  m və  $0.15$  m, temperaturlar isə  $t= 20; 40; 60^{\circ}$  C qəbul edilmişdir.

Növbəti mərhələdə yüksək özlülüklü, reoloji mürəkkəb neftlərin və onların qarışıqlarının yığım proseslərinin səmərəliliyinin artırılması üçün rasionel istismar parametrlərinin seçimi gerçəkləşdirilmişdir.



**Şəkil 7  $\Delta P/l=f(Q)$  ayrılırları ( $t=20^0\text{ C}$  və  $D=0,15\text{ m}$  olduqda)**

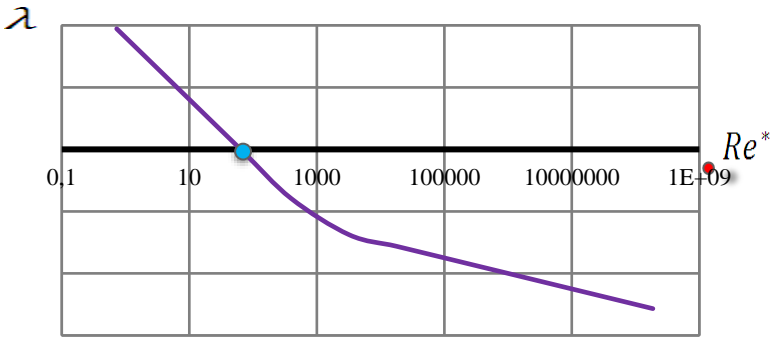
Tədqiqatların ilkin mərhələsində su-neft sistemlərinin sulaşma dərəcəsi və axının struktur dayanıqlılığı nəzərə alınmaqla, yığım sistemində təzyiqlikləri təyin edilmişdir (şəkil 8).



**Şəkil 8  $\Delta P/l = f(\beta_{su})$  ayrılırları ( $t=20^0\text{ C}$  və  $D=0,15\text{ m}$  olduqda)**

Su-neft emulsiyalarında baş verən struktur dəyişikliklərini ənənəvi Reynolds ədədi ( $Re$ ) ilə deyil, onları daha dəqiq izah etməyə imkan verən, əvvəllər mürəkkəb xassəli neftlər üçün tətbiq edilmiş ümumiləşdirilmiş Reynolds ədədinin ( $Re^*$ ) tətbiqi zərurəti yaranır.

$\lambda=f(Re^*)$  asılılıqlarının təhlili nəticəsində su-neft qarışığının hərəkətin laminar (yəni turbulent zonanın astana-  $Re=2320$  qiymətinə çatmamış) rejimində axının struktur dayanıqlılığının pozulması faktı məlum olmuşdur (şəkil 9).



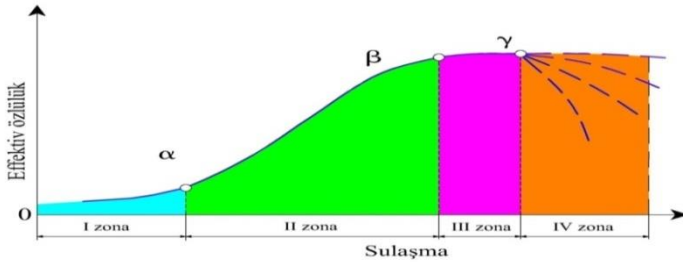
**Şəkil 9 Ümumiləşdirilmiş Reynolds ədədinin “böhran” qiymətinin təyini**

**Bəşinci fəsil**də yeni reotexnoloji üsulların yaradılması əsasında reoloji mürəkkəb su-neft sistemlərinin mədəndaxili yığıcı proseslərinin səmərəliliyinin artırılması məsələlərinə baxılmışdır. Birinci yarımfəsilə ifrat sulaşmış su-neft sistemləri üçün səmərəli hidronəql üsulunun Azərbaycanda tətbiqinin perspektivləri hərtərəfli araşdırılmışdır.

Tədqiqatlar göstərir ki, emulsiyalarda faza çevrilməsinin baş vermə ehtimalı, neft və suyun fiziki-kimyəvi, ilk növbədə isə su fazasının qatılığı və emulsiyaların tərkibində müxtəlif emulqatorların mövcud olmasından asılı olaraq, qarışığın sulaşma əmsalının  $\beta_{su}= 0,5-0,9$  intervalına uyğun gələn qiymətlərində daha realdır.

Həmçinin, su-neft qarışığında sulaşma faizinin artımı müəyyən böhran həddindən sonra hidronəql üsulunun səmərəliliyini azaldır.

Digər tərəfdən, yığım xəttlərində neftlə birlikdə, tələb olunan həcmdən artıq – “ballast” rolunu oynayan su həcminin daşınması nəql xərclərini xeyli artırdığından, bu üsul qeyri-qənaətbəxş sayıla bilər. Bu baxımdan, qarışıqda daşıyıcının - suyun optimal miqdarının müəyyən edilməsi iqtisadi və texnoloji cəhətdən böyük əhəmiyyət kəsb edir. Su-neft dispers qarışıqları ilə aparılmış tədqiqatlar əsasında, onların effektiv özlülüyünün sulaşma dərəcələrindən asılılığını əks etdirən, reotexnoloji rakursdan əsaslandırılmış yeni logistik əyri təklif etmişdir (şəkil 10).



- I – başlanğıc (və ya əlavə su ilə doyurula bilən) zona;
- II – reotexnoloji (və ya tənzimlənə bilən) zona
- III – su ilə artıq doymuş (və ya “sərbəstləşən” su fazası yaranan) zona ;
- IV – “hidravliki yastıq”-ın təzahürü zonası .

### Şəkil 10 Yeni logistik əyrinin şərti zonalar üzrə bölünməsi

Qurulmuş əyrinin həndəsi forması, prosesin “S”-şəkilli xüsusiyyətini bir daha təsdiqləyir ki, bu da əsasən qeyri-Nyuton mayelərinə xasdır. Əyrinin  $\alpha$  nöqtəsindən başlayaraq, su-neft qarışığının sulaşma dərəcəsinin artımı baxılan sistemin effektiv özlülüyünün yüksəlməsinə səbəb olur.  $\beta$  nöqtəsində bu artım tempi get-gedə azalır və  $\gamma$  nöqtəsində effektiv özlülük göstəricisinin qərarlaşması müşahidə edilir. Lakin, məntiqi əyrinin  $\gamma$  nöqtəsindən başlayaraq effektiv özlülüyün azalma tempi diqqəti cəlb etməyə bilməz ki, bu



paradoksallığın izahını “hidravliki yastıq” effektinin təzahüründə axtarmaq daha məqsədəuyğundur.

Lakin, məntiqi əyrinin  $\gamma$  nöqtəsindən başlayaraq effektiv özlülüyün azalma tempi diqqəti cəlb etməyə bilməz ki, bu paradoksallığın izahını “hidravliki yastıq” effektinin təzahüründə axtarmaq daha məqsədəuyğundur.

İkinci yarımfəsildə heterogen sistemlərin reotexnologiyası və onun neftçıxarmanın texnoloji proseslərində meydana çıxan fiziki (məsələn, “çətir”, “dinamiki qapanma”, “hidravliki yastıq” və s.) effektlərdə təzahürü əsasında yeni reotexnoloji üsulların işlənilməsi öz əksini tapmışdır.

Tədqiqatlar göstərir ki, bu cür sistemlərdə baş verən proseslərdə “maye-maye” tipli ( ikifazlı) və ya “maye-bərk cisim-maye” (eləcə də “maye-qaz-maye”) tipli (çoxfazlı) mühitlərin fazalarının ayrılması sərhədində mövcud olan bir sıra kapillyar və səthi-molekulyar təzahürlər əksər hallarda müxtəlif paradoksal effektlərin meydana çıxması ilə səciyyəlidir. Əsas tədqiqat obyektinin qismində su-neft emulsiyalarının məsaməli mühitdə süzülməsi və mədəndaxili yığılma xəttlərində hərəkəti zamanı meydana çıxan mürəkkəbləşmələrin yaranma səbəblərinin təhlili seçildiyindən, texnoloji proseslərdə ixtiyari olaraq təzahür edən bəzi fiziki və ya sinergetik effektlərin nəzəri-təcrübi aspektləri nəzərdən keçirilmiş və onların neftçıxarmanın texnoloji proseslərinin səmərəliliyinin artırılması yollarında tətbiqinin perspektivliyi məsələləri araşdırılmışdır.

Üçüncü yarımfəsildə su-neft sistemlərinin reotexnologiyası əsasında “Muradxanlı” İNM-nin neft yığılma sisteminin fəaliyyətinin səmərəliliyinin artırılması üçün təklif olunan yeni innovativ üsulun tətbiqinin nəticələri şərh edilmişdir.

Tədqiqat obyektini kimi yatağın “Cəfərli” sahəsində yerləşən bir neçə quyudan (məsələn, 34, 36, 37, 39 sayılı və s.) su-neft qarışığı nümunələri götürülmüş və onların fiziki-kimyəvi, həmçinin reoloji xassələri öyrənilmişdir. Fərqli ilkin sulaşma dərəcələrinə malik olan yüksək özlüklü müxtəlif neftlərin viskozimetrik sınaqları aparılmış

və müvafiq əyrilər qurulmuşdur. Tədqiqatlar zamanı müxtəlif temperaturalarda və sulaşma dərəcələrində, göstərilən amillərin neft emulsiyalarının reologiyasına təsiri də öyrənilmişdir.

Tədqiqatlar əsasında qurulmuş reoloji axın əyrilərindən “hidravliki yastıq” effektinin “işə düşməsi” üçün qənaətbəxş hesab edilən “astana həddi” müəyyənləşdirilmişdir. Sınaqdan əvvəl, başlanğıcda təzyiq  $P_{b1}=2,3\text{MPa}$  olduğu halda, yeni texnologiyanın tətbiqi nəticəsində qeyd olunan başlanğıc təzyiqin  $P_{b2}=1,9\text{MPa}$ -ya qədər azalması qeydə alınmışdır. Bu zaman yeni texnologiyanın tətbiqi hesabına təzyiq itkisi  $\Delta P=0,4\text{MPa}$  təşkil etmiş, yığımın səmərəliliyi 17,4% artmış, təzyiq itkiləri isə 22% azalmışdır. Tətbiq nəticəsində əldə olunan iqtisadi səmərə 260 (iki yüz altmış) min AZN təşkil etmişdir.

Dördüncü yarımfəsildə lokal qəza sızmalarından yaranan neft itkilərinin ekspress qiymətləndirilməsi üsulu təhlil edilmişdir. Mədəndaxili yığım xəttlərində nasosun yaratdığı və ya quyuağzı təzyiq altında mayelərin hərəkəti qərarlaşmış (və ya basqılı) axın şərtlərinə cavab verdiyindən və sızmaların mövcudluğu faktı uzun müddət gizli olduğundan, neftin uçotu zamanı “disbalans” halının yaranması qaçılmazdır. Sızan neftin kütlə sərfini hesablamaq üçün aşağıdakı riyazi ifadə təklif edilmişdir:

$$G_{sız} = F_d \cdot \mu_s \sqrt{2\rho \left[ (P_b - P_{at}) - (P_b - P_s) \frac{x_{sız}}{L} \right]} \quad (4)$$

İfadəyə daxil olan  $\frac{x_{sız}}{L}$  - ölçüsüz kəmiyyət olmaqla, (0÷1) intervalında dəyişir. Bu zaman 2 hal mümkündür :

1) Sızma halı yığım xəttinin başlanğıcında (və ya ona yaxın sahədə) baş verirsə, onda sızan neftin miqdarının təyini üçün riyazi ifadə aşağıdakı halı alır:

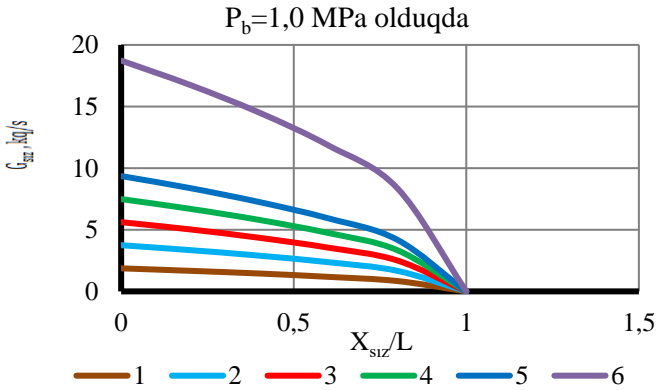
$$G_{sız(max)} = F_d \cdot \mu_s \sqrt{2\rho [(P_b - P_{at})]} \quad (5)$$

2) Sızma halı xəttin sonunda (və ya ona yaxın sahədə) olduqda, sızan neftin miqdarının təyini aşağıdakı düsturla aparıla bilər:

$$G_{sız(min)} = F_d \cdot \mu_s \sqrt{2\rho[(P_b - P_{at}) - (P_b - P_s)]} \quad (6)$$

Bu asılılıqlara uyğun olaraq ətraf mühitə dağılan neft itkilərinin sızma yerlərindən asılı olaraq dəyişməsinə təhlil etmək məqsədilə, başlanğıc təzyiğin  $P_b = 0.5$  ;  $1.0$  və  $1.5$  MPa və sızma yerinin (sahəsinin) müxtəlif qiymətlərində (yaranmış dəliyin  $F_d$  en kəskin sahəsinə borunun  $F_b$  canlı en kəskin sahəsinin  $1-5$  və  $10$  % -i qədər ixtiyari qiymətlər verməklə), hesablamalar yerinə yetirilmişdir (şəkil 11).

Müəyyən edilmişdir ki, fərqli səbəblərdən ətraf mühitə neft sızmaları mədəndə yığıl xəttlərinin texnoloji və hündəsi parametrləri (başlanğıc və son təzyiq, uzunluq, diametr və s.) ilə yanaşı, sızma yerinin hansı məsafədə olması (xətti amil) və hündəsi ölçüsündən (diametral amil) də bilavasitə asılıdır.



**Şəkil 11 Neft sızmalarının təyini üçün diaqnostik əyrilər**

**Dissertasiyanın altıncı fəslində** layın neft veriminin artırılması və neftçıxarmanın intensivləşməsi məqsədilə yeni innovasiya texnologiyalarının yaradılması aspektləri öz əksini tapmışdır. Birinci yarımfəsilə neftçıxarmada yeni innovativ texnologiyaların yaradılmasının vacibliyi diqqətə çatdırılmışdır.

İkinci yarımfəsilə yeni kompozisiyalı tərkib əsasında laya termokimyəvi təsir üsulunun işlənilməsi məsələsinə baxılmışdır. Hal-

hazırda karbohidrogen ehtiyatları hasil edən əksər dövlətlərin neft sənayesinin ehtiyatlar bazasının əsas həcmi çətin çıxarıla bilən-yüksək özlülüklü, anomal reoloji xassəli ağır neftlər təşkil edir.

Qeyd edilənləri nəzərə alaraq, yüksək özlülüklü anomal xassəli neftlər hasil edən quyuların məhsulunun tərkibində asfalten-qətran-parafin (AGP) birləşmələri olan Azərbaycanın neft yataqlarının istismarı prosesində layların məhsuldarlığının artırılması məqsədilə laya kombinativ-termokimyəvi təsir üsulunun işlənilməsi üzrə aparılmış tədqiqat işlərinin nəticələri diqqətə çatdırılmışdır.

Yeni innovativ üsulun məğzu ondadır ki, laya ardıcıl olaraq turşu ilə reaksiyaya daxil olan reagent, ayırıcı araqatı və turşunun suda məhlulunu vurmaqla gerçəkləşdirilən kollektor süxurlarının termokimyəvi işlənilməsi üsulunda turşu ilə reaksiyaya daxil olan reagent qismində dietilamin - $C_4H_{11}N$ (və ya  $(C_2H_5)_2NH$ ) tətbiq edilir. Bu zaman :

√ Kollektor süxurlarının termokimyəvi işlənilməsi üsulunda turşu ilə reaksiyaya daxil olan reagent qismində dietilaminin suda məhlulunun tətbiqi əməliyyat zamanı yarana biləcək mürəkkəbləşmələri (məsələn, laydaxili partlayış təhlükəsi və s.) aradan qaldırır və o, inhibitor xassəli olduğundan, quyudaxili avadanlığın korroziyasının qarşısını alır;

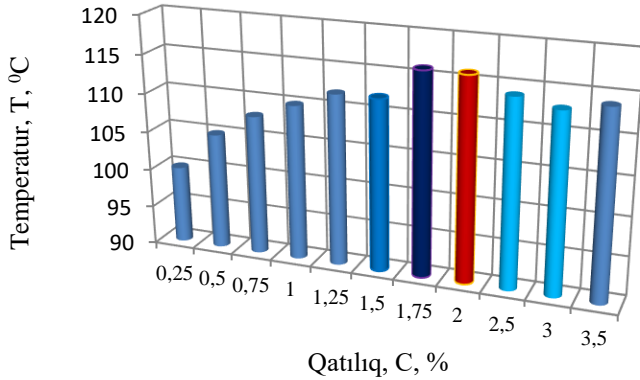
√ Termokimyəvi reaksiyanın başlanılma vaxtını ləngitmək üçün relaksasiya xüsusiyyətinə malik yüksək özlülüklü neftdə həll olan polimerin-poliizobutilenin istifadəsi sayəsində kollektor süxurlarının bütün istiqamətlərdə qızdırılma “cəbhəsi”-nin sabitliyini və neftli horizontun tam əhatəsini təmin edir.

Qeyd edilməlidir ki, dietilamin də neftdə tam həll olur. Təklif edilən üsulun mədən şəraitində tətbiqi üçün quyudibi sahənin həcmindən asılı olaraq, xüsusi çəndə müəyyən hesabı həcmli dietilaminin suda məhlulu, başqa bir çəndə isə 1,5-2,0%-li poliizobutilen və 20 %-li duz turşusunun suda məhlulları hazırlanır. Nasos vasitəsilə quyuya əvvəlcə dietilamin məhlulu vurulur və o, digər çəndə hazırlanmış poliizobutilen (PIB) məhlulu vasitəsilə laya doğru sıxışdırılır, ardınca isə ora 20%-li  $HCl$  turşusu vurulur və

24 saat müddətində (layda olan suyun hidroliz reaksiyasına uğraması və turşu məhlulu ilə birləşməsinə tam əminlik məqsədilə) təzyiq altında, statiki vəziyyətdə saxlanılır. Bir faktı da nəzərə almaq lazımdır ki, PİB-in relaksasiya müddəti keçdikdən sonra, o layda neft ilə “görüşüb”, onda tam həll olur. Ayırıcı qat - PİB neftdə həll olaraq maneə kimi “aradan qaldırıldığından”, hidrogen-xlorid turşusu dietilaminlə maneəsiz reaksiyaya daxil olur. Araqatı bir müddət bu təmasa mane olduğundan, ekzotermik reaksiya quyudibi zonasından xeyli kənarında-layın dərinliklərində reallaşır. PİB-in özlü-elastik xassəsindən qaynaqlanan relaksasiya xüsusiyyəti də prosesin bir qədər gec başlanmasına səbəb olur.

Tədqiqatların növbəti mərhələsində ekzotermik reaksiyanın reallaşması məqsədilə laya vurulan komponentlərin optimal miqdarı, araqatı kimi istifadə edilən PİB-in qatılığı və reaksiyanın daha gec başlanılmasını təmin edən poliizobutilenin *HCl* ilə optimal nisbət göstəricilərinin təyini üçün təcrübələr aparılmışdır. Əvvəlcə dietilaminin duz turşusu ilə reaksiyasını təcrübi olaraq-vizual müşahidə etmək üçün, odadadavamlı şüşə kolbaya əvvəlcə “Muradxanlı” yatağının “Cəfərli” sahəsində yerləşən quyuların yüksək özlülüklü neft məhsulu nümunəsi süzülmüş və üzərinə dietilamin məhlulu əlavə edilmişdir. Sonra həmin kolbaya 1,5-2,0 %-li PİB və 20 %-li *HCl* turşusu əlavə edilmişdir. Ekzotermik reaksiya, polimer araqatı neftdə tam həll olduqdan sonra baş verir və bu zaman yaranan temperatur  $T=95-120^0$  C həddədək yüksəlir. İterasiya yolu ilə ekzotermik reaksiyanın reallaşması üçün lazım olan komponentlərin optimal miqdarı təyin edilmişdir. Tədqiqatların sonrakı mərhələsində, PİB-in qatılığının ekzotermik reaksiyanın başlama müddətinə təsirini öyrənmək məqsədilə laboratoriya şəraitində PİB məhlulu müxtəlif qatılıqlarda— $C=0,25-4,0\%$  diapazonunda götürülmüşdür. Selektiv seçmə yolu ilə ekzotermik reaksiyanın başlanma müddətinin maksimal gecikmə qiymətini təmin edə biləcək polimerin optimal qatılıq göstəricisi də təyin edilmişdir (şəkil 12).

Müəyyən olunmuşdur ki, PİB-in qatılığı 1,75-2,0 % olduqda, ekzotermiki reaksiyadan yaranan temperatur daha çox yüksəlir və labüd olan reaksiyanın başlanma vaxtı maksimum gecikir.



**Şəkil 12 Poliizobutilenin optimal qatılığının təyini**

PİB-in qatılığının sonrakı artımı bu reaksiya nəticəsində yaranan temperaturun artımına ciddi təsir göstərmir və iqtisadi cəhətdən səmərəsizdir.

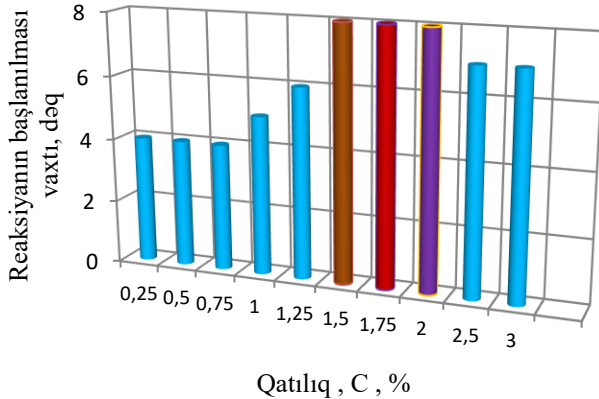
Tədqiqatların sonuncu mərhələsində ekzotermik reaksiyada araqatı qismində istifadə edilən PİB-in tələb olan miqdarını dəqiqləşdirmək məqsədilə tədqiqat işləri aparılmışdır.

Odadavamlı kolbada PİB-nin 20%-li məhlulu və dietilamin maddəsi götürülmüşdür. Təcrübələr zamanı neftdə həll olan polimerin miqdarı, dietilamin və *HCl* turşusunun birlikdə hesablanan  $V_{üm}$  ümumi həcmnin 0,25-3,0 %-i qədər götürülmüşdür.

Histoqramın təhlili bir daha sübut edir ki, reaksiyanın başlanma anının maksimal gecikməsi, poliizobutilenin C=1,5-2,0% qatılığında baş verir (şəkil 13).

PİB-in qatılığının sonrakı artımı reaksiyanın gedişini dəyişmədiyindən, bu göstəricilər sonda əsas kimi qəbul edilmişdir. Alınan nəticələr laya yeni termokimyəvi təsir üsulunun tətbiqi perspektivliyini və çətin hasil olunan yüksək özlülüklü, ağır neftlərin və

bitumların hasilatı prosesinin səmərəliliyinin artırılması üçün bu innovativ üsulun perspektivdə reoloji mürəkkəb neftlər hasil edən Azərbaycanın neft yataqlarında həyata keçirilməsinin məqsədə-uyğunluğunu göstərir.



**Şəkil 13 Ekzotermiki reaksiyanın başlanılması vaxtının poliizobutilenin qatılığından asılılığı**

Üçüncü yarımfəsildə layın quyudubi sahəsinin yeni kompozit tərkib əsasında bərkidilməsi üsulunun işlənilməsi şərh edilmişdir. Quyuətrafi sahənin lay skeletinin dağılmasının qarşısının alınması məqsədilə bərkidici-başqa sözlə desək “sədd yaradıcı” kompozisiya sisteminin laya vurulmasını nəzərdə tutan yeni innovativ texnologiya işlənilib hazırlanmışdır.

Yeni üsulun əsas məqsədi - məhsuldar layın quyuyətrafi zonasının bərkidilməsi prosesinin keyfiyyətinin artırılması, zəif sementlənmiş süxurlardan ibarət olan laydan quyu dibinə daşınan quma qarşı yaradılan “səddin” sonradan perforasiya edilməklə dağıdılmasının qarşısının alınması və neft məhsulları ilə çirkləndirilmiş, “ölü” torpaq sayılan bitumlaşmış qumun layın bərkidilməsi prosesində doldurucu ünsür qismində istifadə edilməsidir ki, bu da ətraf mühitin əlavə çirklənməsinin qarşısını alır və neft məhsulları ilə çirklənmiş torpaqların utilizasiyası məqsədi daşımaqla bərabər, ekoloji problemi də qismən həll etmiş olur.

Bu üsulda perforasiya əməliyyatının təkrar aparılmasına ehtiyac qalmır, çünki quma qarşı yaradılmış “sədd” özü-özlülüyündə məsaməlidir və lay məhsulu ilə yuyulmaya qarşı daha dözümlüdür.

Təklif edilən üsulda qudrunun və kalsium-xloridin suda məhlulu qarışığının bərkidici ünsür kimi istifadəsi-mayenin layın dərinliklərinə maksimal dərəcədə nüfuzuna və onu tam əhatə etməsinə, eləcə də yeni tərkibin bərkimə prosesinin relaksasiya vaxtının artırılmasına səbəb olur.

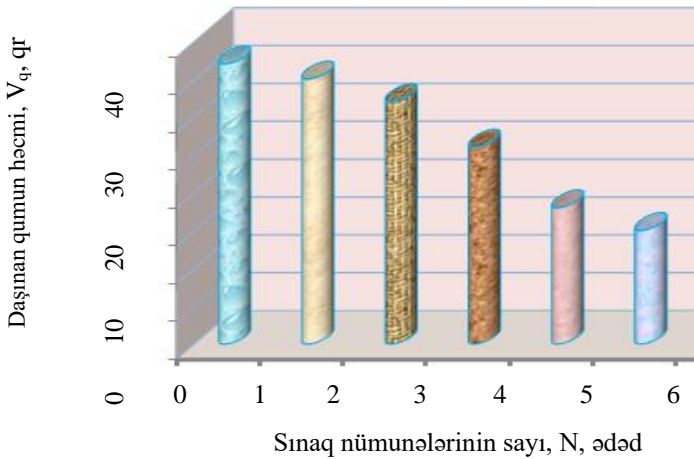
Bərkidici ünsür qismində, keçiriciliyi  $\zeta = 9,5-48,3 \text{ mD}$  və neftlə doyma əmsalı  $k_n=6,75-29,2\%$  olan, “Binaqadioyl” Əməliyyat Şirkətinin 2 saylı mədənindən götürülmüş, Qırməki altı lay dəstinə (QALD) aid bitumlaşmış qumdan istifadə edilmişdir. Tətbiq edilən qum əvvəlcədən xüsusi işlənməyə məruz qalmış- mexaniki yolla doğranaraq qarışdırıcıya yönəldilmiş, ora eyni vaxtda-onunla birlikdə, tərkibində orqanik birləşmə-6,3 %, yağ-1,8 %, naften turşusu-4,5 % və turşuluq(Yod) ədədi  $J=228-230$  olan qudrunun suda məhlulu əlavə edilmişdir. Qarışıq 10-15 dəqiqə ərzində mexaniki üsulla qarışdırılmış və ayrılan qudrun məhlulu süzülmüşdür. Bu zaman bitumlaşmış qum hidrofily xassələrə malik olmaqla, keçiriciliyi  $k = 3400 - 4000 \text{ mD}$  olmuşdur. Tədqiqatın növbəti mərhələsində, yəni qudrun məhlulu qumdan süzülərək ayrıldıqdan sonra, qabda qalan bitumlu süxurlara 0,5-1,0 %-li kalsium-xloridin suda məhlulu əlavə edilir və 3-5 dəqiqə ərzində müntəzəm qarışdırılır. Bu zaman bitumlu süxurların dənəcukləri qudrunun tərkibində olan bitumlaşmış neft və qələvi məhlulu qarışığının kalsium-xloridin ionları ilə reaksiyaya girərək, öz səthində reaksiyanın bərk dənəcikli məhsullarını yaradır ki, kiçik (əsasən də gil) hissəciklərin aqreqatlaşaraq, daha iri ölçülü hissəciklərə-klatratlara çevrilməsinə və bitumlaşmış süxurların keçiriciliyinin artmasına səbəb olan yüksək adgeziv xüsusiyyətlərə malik olur. Süzülmə müddəti  $t=5$  saat qəbul edilmişdir.

Yuxarıda qeyd olunan qaydada işlənmiş bitumlaşmış qumun həcmi, laya vurulacaq qumun həcmi qədər lay modelindən boşaldılaraq, qudrunun suda məhlulu ilə qarışdırılmış və təkrarən lay modelinə daxil edilmişdir. Bu zaman lay modelinə daxil edilən



bitumlaşmış qumun və qarışıqın (qudrunun və kalsium-xloridin suda məhlulunun qarışığının) təşkiledicilər nisbəti müvafiq olaraq 1:3 həddində götürülmüşdür. Kalsium-xloridin tərkibində olan qələvi xassəli tullantıların təsirinin reaksiyaya daxil olma həssaslığını nəzərə alaraq, qum və qarışıqın ardınca əlavə çəndən lay modelinə araqatı (ayırıcı maye qismində 0,1% poliakrilamidlə (PAA) qatılaşdırılmış texniki su seçilmişdir), sonra isə ardınca qudrunun suda məhlulunun həcminə bərabər həcmdə,10%-li kalsium-xloridin suda məhlulu vurulmuşdur.

Beləliklə,6 ədəd (1-ci nümunə -yeni tərkib tətbiq edilmədiyi və 2, 3, 4, 5 və 6-cı nümunələr-yeni tərkibin təşkiledici üsürlərinin müxtəlif həcmində olan hallarda) fərqli sınaq modellərində aparılmış tədqiqatlar əsasında yeni tərkibin tətbiqinin məqsədəuyğunluğu bir daha təsdiq edilmişdir (şəkil 14).



**Şəkil 14 Lay modellərindən daşınan qum həcmində dəyişməsi histqramı**

## ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Su-neft emulsiyalarında sulaşma dərəcəsinin artımı ilə effektiv özlülüyün zahirən azalması tendensiyasının, heç də həmişə səciyyəvi qəbul edilən “inversiya” hadisəsi ilə deyil, əksər hallarda daxili strukturda su qlobullarının flokulyasiyası və koalesensiyası nəticəsində “sərbəstləşən” su fazasının yaranması ilə reallaşan “hidravliki yastıq” effektinin təzahürü kimi fərqli interpretasiyası verilmişdir.
2. Reotexnoloji üsullarla çətin hasil oluna bilən neft ehtiyatlarına malik yataqların işlənilməsi prosesinin səmərəliliyinin artırılmasının mümkünlüyü göstərilmiş və son neftvermə əmsalının yüksəldilməsi məqsədilə laya su-neft emulsiyası ilə yeni kompleksləşdirilmiş təsir üsulu işlənmişdir.
3. Çoxkomponentli özlü-dənəvər sistemlərin reotexnologiyası əsasında udulma ilə səciyyələnən layın özlü-səpələnən mühitlə qapadılması prosesinin səmərəliliyinə təsir edən amillər təhlil edilmiş, laya nüfuzetmə konturunun optimal radiusu təyin edilmiş və qapayıcı mühitin tərkibində olan doldurucu ünsürün qarışıqda faizlə göstəricisinin enerji və vaxta qənaət baxımından rəşional tətbiq intervalının 20-42% civarında olduđu müəyyən-ləşdirilmişdir.
4. Su-neft sistemlərinin effektiv özlülüyünün sulaşma dərəcəsiindən asılılığını reotexnoloji rakursdan əks etdirən yeni logistik əyri təklif edilmişdir.
5. Heterogen “su-neft-qum”tərkibli qarışıqların əsas keyfiyyət göstəricisindən sayılan sıxlığın təcürbi ölçmələr aparılmadan-riyazi üsulla təyini məqsədilə yeni empirik asılılıqlar təklif edilmişdir.
6. Fraktal yanaşma əsasında emulsiyaların son sulaşma həddinin təyini üçün “ekspress qiymətləndirmə” üsulu işlənilmiş, dispers su-neft sistemlərində sulaşma nəticəsində baş verən mikro- və makrostruktur dəyişikliklərinin “Feygenbaum ssenarisi” əsasında izahının məqsəduyğunluğu göstərilmişdir.
7. Özlü-dənəvər xassəli dispers sistemlərin reotexnologiyası

əsasında “su-neft-qum” tərkibli qarışıqlarda təşkilədiçi komponentlərin qarışma ardıcılığının onların reologiyasına təsiri mexanizmi tədqiq edilmişdir.

8. Yüksək özlülüklü neftlərin və onların emulsiyalarının, eləcə də anbar və “tələ” neftlərinin, neft bitumları və şlamların “hidravliki yastıq” effekti əsasında enerjiyə və resurslara qənaət baxımından səmərəli hidronəql üsulu işlənilmiş və patentləşdirilmişdir.
9. Lokal qəza sızmalarından yaranan neft itkilərinin “ekspress qiymətləndirmə” üsulu təklif edilmişdir.
10. Yeni kompozisiyalı tərkib əsasında yüksək özlülüklü, anomal xassəli, tərkibində asfalten-qətran-parafin birləşmələri mövcud olan neftli laylara termokimyəvi təsir üsulu işlənmiş və ixtira sənədi alınmışdır.
11. Zəif sementlənmiş kollektorlardan təşkil olunmuş layların quyudubi sahəsinin yeni kompozisiyalı tərkiblə bərkidilməsi üsulu işlənilmiş və ixtira sənədi alınmışdır.

### **Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı elmi işlərdə öz əksi-ni tapmışdır:**

1. Poladov, Ə.R., Səfərov, N.M., Vəliyev, M.M. [və b.]. Layın quyudubi zonasının bərkidilməsi üsulu //Azərbaycan Respublikası Dövlət Elm və Texnika Komitəsi. 99/001430 sayılı İxtiranın iddia sənədinin dərci haqqında Rəsmi Bülleten, Bakı, 2001, № 3, s.12.
2. Poladov, Ə.R., Səfərov, N.M., Səriyev, S.A. [və b.]. Kollektor süxurlarının termokimyəvi işlənməsi üsulu // Azərbaycan Respublikası Dövlət Elm və Texnika Komitəsi. 99/001213 sayılı İxtiranın iddia sənədinin dərci haqqında Rəsmi Bülleten, Bakı, 2001, № 3, s.13.
3. Исмайлывлов, Ф.С.,Исмайлывлов, Г.Г.,Сафаров, Н.М. Сыпучие трубочисты (О перспективах применения вязко-сыпучих систем в нефтедобыче) // Нефть России.- М., 2010, №10, с.84-86.

4. Сафаров, Н.М. К вопросу эффективности процесса закупоривания поглощающего пласта вязко-сыпучими средами // Научные труды НИПИ “Нефтегазпроект”, 2010, №3, с.52-55.
5. Сафаров, Н.М. Разработка и анализ математической модели, описывающей реопектические свойства вязко-сыпучих сред при нестационарных течениях // “Нефтяное хозяйство”, М., 2010, № 9, с.90-92.
6. Səfərov, N.M. Reopetik xassələr əsasında texnoloji proseslərin tənzimlənməsi barədə // Azərbaycan Neft Akademiyası nəzdində “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” EТİ-nin Elmi əsərlər toplusu, XI cild, 2010, s.227-236.
7. Исмайлыв, Г.Г., Сафаров, Н.М. Реотехнология вязко-сыпучих систем (монография), Баку, изд-во “МСМ”, 2010, 152 с.
8. Исмайлыв, Г.Г., Сафаров, Н.М., Гулиев, В.К. [и др.]. О возможности и причинах образования аномальных водонефтяных эмульсий в пласте // Материалы международной научно-практической конференция “Современные проблемы нефтегазового комплекса Казахстана”, Актау, 23-25 февраля, 2011, с. 153-158.
9. Исмайлыв, Г.Г., Сафаров, Н.М., Гасанов, Х.И. О перспективах и целесообразности применения технологий гидротранспорта в Азербайджане // Материалы IV Международного технического симпозиума “Трубопроводный транспорт-2011”, Москва, 21-22 апреля, 2011, с.21-26.
10. Исмайлыв, Г.Г., Сафаров, Н.М. К вопросу изучения влияния сыпучих наполнителей на реологические свойства водонефтяных эмульсий. // Известия Высших Технических Учебных Заведений Азербайджана, Баку, 2011, № 3(73), с. 26-32.
11. Исмайлыв, Г.Г., Сафаров, Н.М., Келова, И.Н. О новом подходе к структурно-реологическим свойствам водонефтяных эмульсий // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии, Баку, 2011, т.3, № 2, с. 81-94.

12. Исмайылов, Г.Г., Сафаров, Н.М., Гулиев, М.М. [и др.]. О влиянии степени обводненности на гидравлические характеристики потока водонефтяных эмульсий // Научные труды НИПИ “Нефтегазпроект”, 2011, №4, с.62-66.
13. Исмайылов, Г.Г., Сафаров, Н.М. Реотехнология гетерогенных систем и ее отражение в эффектах, проявляемых при нефтегазодобыче // *Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Elmi Xəbərləri (Yer elmləri seriyası)*, 2011, № 4, s.49-55.
14. Сафаров, Н.М. О возможности регулирования реологических свойств водонефтяных эмульсий // Материалы международной научно-практической конференции “Нефтегазовый комплекс в условиях индустриально-инновационного развития Казахстана”, посвященной 20-летию независимости Республики Казахстан, Атырау, 30 ноября - 1 декабря, 2011, с.169-173.
15. Исмайылов, Г.Г., Сафаров, Н.М., Гулиев, М.М. О возможности образования водонефтяных эмульсий при транспортировке высоковязких, реологически сложных нефтей и перспективах применения метода гидротранспорта // *Azərbaycan Neft Akademiyası nəzdində “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ-nin Elmi əsərlər toplusu*, XII cild, 2011, s.160-169.
16. Səfərov, N.M. Su-neft zonalarının işlənməsinin bəzi problemləri haqqında // *Azərbaycan Neft Akademiyası nəzdində “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ-nin Elmi əsərlər toplusu*, XII cild, 2011, s.153-160.
17. Исмайылов, Г.Г., Сафаров, Н.М. Реотехнология водонефтяных систем // Материалы международной научно-практической конференции “Нефтегазовый комплекс в условиях индустриально-инновационного развития Казахстана”, посвященной 20-летию независимости Республики Казахстан. Атырау, 30 ноября-1 декабря, 2011, с. 114-121.
18. İsmayılov, Q.Q., Səfərov, N.M., Quliyev, V.K. [və b.]. Su-neft emulsiyalarının uyğumu və nəqli zamanı onların anomal

- xüsusiyyətlərinə fərqli yanaşma barədə // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2012, №3, s.25-28.
19. Исмайлыв, Г.Г., Гасымлы, А.М., Сафаров, Н.М. О возможности внутрипластового образования аномальных водонефтяных эмульсий и их применение для повышения эффективности процесса разработки // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Elmi Xəbərləri (Yer elmləri seriyası), 2012, № 2, s. 62-65.
  20. Əliyev, D.S., Quliyev, M.C., Səfərov, N.M. [və b.]. “Muradxanlı” İNM-in neft uğım sisteminin işinin səmərəliliyinin artırılmasına dair // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2012, № 6, s.30-35.
  21. Сафаров,Н.М.Метод комплексирования с водоземulsionным воздействием для повышения нефтеотдачи пласта // Международная премия “OFS Awards-2012” за лучшее инженерное решение/технология года в номинации “Повышение нефтеотдачи пластов”. Москва, 2012.
  22. Исмайлыв, Г.Г., Сафаров, Н.М. Об одном инновационном способе трубопроводной транспортировки высоковязких обводненных нефтей //Материалы международной научно-практической конференции “Индустриально-инновационное развитие Казахстана - экология и безопасность жизнедеятельности”, посвященная 10-летию образования Казахской Академии, Атырау, 2012, с.228-234.
  23. Исмайлыв, Г.Г., Сафаров, Н.М., Нурмамедова, Р.Г.[и др.].Фрактальный подход к структурному анализу водонефтяных систем // Материалы X международной научно-практической конференции “Хазарнефтьгазтаг-2012”, Баку, 2012, с.62-64.
  24. Сафаров, Н.М. К вопросу изучения процесса образования эмульсий в пласте и о возможности их применения для увеличения коэффициента нефтеотдачи на основе реотехнологии // Нефтяное хозяйство, М., 2013, № 1, с. 86-89.
  25. Исмайлыв, Г.Г., Сафаров, Н.М., Нурмамедова, Р.Г.[и др.].О возможности применения фрактального анализа для

- исследования структурных изменений и свойств водонефтяных эмульсий // *Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Elmi Xəbərləri (Yer elmləri seriyası)*, 2013, № 1, s.76-83.
26. Сафаров, Н.М., Асланов, З.И.О перспективах применения реологических особенностей “эмульсий Пикеринга” в технологических процессах нефтегазодобычи // *Материалы V Международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии»*, Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, 21-22 февраля, 2013, с.330-335.
  27. Сафаров, Н.М. О целесообразности применения технологии комплексирования с водоэмульсионным воздействием для повышения нефтеотдачи пласта // *Материалы международной научно-практической конференции “Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана”*, Актау, т.2, 25-26 апреля, 2013, с.251-254.
  28. Исмайылов, Г.Г., Гулиев, М.М., Сафаров, Н.М. [и др.].О влиянии степени обводненности на гидравлические характеристики потока водонефтяных эмульсий // *Материалы международной научно-практической конференции “Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана”*, Актау, т.1, 25-26 апреля, 2013, с.298-303.
  29. Safarov, N.M. About aspects of efficiency enhancement of technological processes of oil and gas production // *Сб. науч. трудов VII ежегодной научно-технической конференции “Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли”- “West Siberian Petroleum Conference-2013”*, в рамках SPE (Society of Petroleum Engineering), Тюмень, ТГУ, 2013, с.99-100.
  30. Исмайылов, Г.Г., Сафаров, Н.М. О перспективах применения реотехнологий в процессах нефтегазодобычи на базе «эмульсий Мирзаджанзаде» // *Материалы международной научной конференции, посвященной 85-летию юбилею академика А.Х.Мирзаджанзаде*, Баку, 21-22 ноября, 2013, с.131-132.

31. Сафаров, Н.М. Реологические свойства водонефтяных эмульсий и возможности их применения в нефтегазодобыче // Oil&Gas Journal, Russia, Moscow, 2013, № 9 (75), p.48-51.
32. Məmmədov, N.T., İsmayılov, Q.Q., Səfərov, N.M. Texnoloji boru kəmərlərində qəza sızmalarından yaranan neft itkilərinin qiymətləndirilməsi üçün diaqnostiki üsul // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, Bakı, 2013, №6(88), s. 21-26.
33. Səfərov N.M. Laya yeni termokimyəvi təsir üsulunun işlənməsinə dair // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2013, № 12, s.25-28.
34. İsmayılov, Q.Q., Səfərov, N.M., Əliyev, S.T. [və b.]. Su-neft sistemlərinin fraktal təhlili haqqında //Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, Bakı, cild 6, № 2, 2014, s.54-62.
35. Сафаров, Н.М., Исмаилов, Г.Г. Трубопроводная транспортировка высоковязкой обводненной нефти // Oil&Gas Journal, Russia, Moscow, 2014, №4 (81), p.66-69.
36. İsmayılov, F.S., İsmayılov, Q.Q., Səfərov, N.M. [və b.]. Yüksək özlülüklü neftlərin boru kəməri ilə nəqli üsulu // İ-20140032 sayılı Patent, Azərbaycan Respublikası, 2014.
37. Səfərov, N.M., Qurbanov, Ə.N. Kollektor süxurlarının keçiriciliyinin artırılması üçün yeni innovativ üsulun işlənilməsinə dair // Azərbaycan Neft Akademiyası nəzdində “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ-nin Elmi əsərlər toplusu, cild XV, 2014, s.91-105.
38. İsmayılov, Q.Q., Səfərov, N.M. Neft emulsiyalarının boru kəməri ilə nəqli üçün innovativ üsul //”Xəzərneftqazıyataq-2014” XI beynəlxalq elmi-təcrübi konfransının məruzələri, Bakı, 2014, s.224-228.
39. Səfərov, N.M. Neftçıxarmada yeni innovasiya texnologiyalarının yaradılmasının vacibliyi haqqında //”Xəzərneftqazıyataq-2014” XI beynəlxalq elmi-təcrübi konfransının məruzələri, Bakı, 2014, s.134-138.
40. Сафаров, Н.М. О необходимости учета реофизических



- особенностей нефте-водо-песчаных смесей при их сборе и транспорте //Трубопроводный транспорт: теория и практика», Москва, 2014, № 3-4 (43-44), с.44-49.
41. İsmayilov, Q.Q., Səfərov, N.M., Calalov, Q.İ. Neftçixarmada su-neft sistemləri əsasında reotexnoloji üsulların yaradılması və tətbiqinin perspektivliliyi //Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, Bakı, 2016, cild.8, № 1, s.73-84.
  42. Əliyev, S.T., Səfərov, N.M., Nurməmmədova, R.Q. Quliyev, V.K. [ və b.]. Dəniz yataqlarından hasil olunan neftlərin nəql parametrlərinin tənzimlənməsi //Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, Bakı, 2019, № 12, s.45-48.
  43. Сафаров, Н.М., Гулиев, М.М., Гулиев, В.К. [и др.]. О внедрении способа “холодной демульсации” для улучшения реологических характеристик высоковязких нефтяных смесей //Материалы Международной научно-технической конференции “Современные методы разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами и нетрадиционными коллекторами”, том 2, Атырау, Казахстан, 2019, с.131-135.
  44. Səfərov, N.M., Nəsənov, H.İ., Quliyev, V.K. [və b.]. 2020-2025-ci illərdə “Azneft” İB-nin NQÇİ-lərində neftin texnoloji itkilərinin təyini // Rəhbər Sənəd, ARDNŞ, “Azneft” İB, Bakı, 2020, 22 s.
  45. Исмайылов, Г.Г., Джалалов, Г.И., Сафаров, Н.М. Об одной интерпретации явления “инверсии фаз” в реологически сложных водонефтяных эмульсиях //Socar Proseedings, 2021, №.4, с.84-89 .
  46. Исмайылов,Ф.С.,Исмайылов, Г.Г.,Сафаров, Н.М. О возможности регулирования реофизических свойств многокомпонентных смесей на основе реотехнологии //Socar Proseedings, 2022, №1,с.77-83.
  47. Сафаров,Н.М. Разработка инновационного метода повышения нефтеотдачи глинизированных пластов//Инженерно-физический журнал , 2022, том 95, №4, с.1074-1081.
  48. Safarov, N.M.,İsmayilova, F.B., Hajizade,S.G. Development

of the diagnostic method for determination of density of “water-oil-sand” type mixtures // Socar Proseedings, 2022, №2, p.73-77 .

49. Safarov, N.M. Development an innovative method for increasing oil recovery of clay layers // Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 2022, p.1056-1062.
50. Гусейнова, Н.И., Сафаров, Н.М., Сафарова Г.Н. Гидродинамическое моделирование текущего состояния фильтрации жидкости при водоземлюсионном воздействии на нефтяной пласт // Socar Proseedings, 2023, Spesial Issue, No.1, p.87-95 .
51. Сафаров, Н.М., Исмайллова, Х.Г. О фрактальности структурных свойств водонефтяных эмульсий // Материалы XIV международной конференции по теме “Рассохинские чтения”, Ухта, УГТУ, 2023, с.334-338.

### **İddiəçının dərc olunmuş əsərlərdə və dissertasiya işində şəxsi töhfəsi:**

[4 - 6, 14, 16, 21, 24, 27, 29, 31, 33, 39,40, 40, 47, 49 ] sayılı işlər-sərbəst (həmmüəllifsiz) yerinə yetirilmişdir;

[1, 2, 36] sayılı işlər üzrə - patent və ixtiraların həmsahibi;

[8,11,12, 18, 19, 25, 26, 28, 35, 41, 43, 44] sayılı işlər üzrə - məsələnin qoyuluşu, eksperimental və nəzəri tədqiqatların planlaşdırılması, reofiziki xüsusiyyətlərin təyini, alınan nəticələrin sistemləşdirilməsi və təhlili;

[9, 10, 13, 15, 20, 32, 37, 50] sayılı işlər üzrə - tədqiqatların aparılması metodikasının işlənilməsi, riyazi modelin alqoritminin təklif edilməsi, elmi nəticələrin sistemləşdirilməsi və təcrübi tətbiqi məsələlərinin icrası;

[17, 23, 34, 38, 42, 51] sayılı işlər üzrə - baxılan məsələlər üzrə ümumi icmal, monitoringlər əsasında mədən məlumatlarının toplanması, riyazi-statistik üsulların tətbiqilə hesablamaların aparıl-

ması, elmi nəticələrin təhlili və şərhı, diaqnostik üsulların seçimi və əsaslandırılması ;

[3, 7, 22, 30, 45, 46, 48] sayılı işlər üzrə - müəlliflərin iştirakmə payı bərabərdir.

İddiaçının dissertasiya işində şəxsi töhfəsi isə tədqiqatın məqsədini, vəzifələrini göstərməkdən, aktuallığını əsaslandırmaqdan, tədqiqat istiqamətlərini və üsullarını seçməkdən, strukturunu müəyyənləşdirməkdən, baxılan məsələləri həll etməkdən ibarət olmuşdur.

Dissertasiya işinin təklif olunan strukturu, işdə alınan nəticələr, aparılan təhlillər, təklif olunan meyarlar, modellər, üsul və metodlar, mexanizmlər, tövsiyələr iddiaçıya məxsusdur. Həmçinin, dissertasiya işində yer alan sxemlər, şəkillər, qrafiklər və cədvəllər şəxsən iddiaçı tərəfindən tərtib olunmuşdur.



Dissertasiyanın müdafiəsi 17 may 2024-cü il tarixində saat 11<sup>00</sup>-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.03 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1010, Bakı şəhəri, D. Əliyeva küçəsi, 227.

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

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir. ([www.asoiu.edu.az](http://www.asoiu.edu.az))

Avtoreferet 08 aprel 2024-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanmışdır: “02” aprel 2024-cü il  
Vərəq formatı: 60x84 (1/16)  
İşarə həcmi: 76593 ədəd  
Nüsxələr sayı: 100