

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

KARBOHİDROGEN YATAQLARININ SON İŞLƏNİLMƏ MƏRHƏLƏSİNİN NƏZƏRİ ƏSASLARI VƏ TƏTBİQİ ASPEKTLƏRİ, ONLARIN KOMPONENTVERİMİNİN ARTIRILMASI ÜSULLARININ TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ (AZƏRBAYCAN QAZKONDENSAT YATAQLARI TİMSALINDA)

İxtisas: 2525.01 – Neft və qaz yataqlarının işlənməsi və istismarı

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Natiq Neyman oğlu Həmidov**

Elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2024

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Geologiya və Geofizika və Neft və Qaz institutlarında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi:

AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru, professor,

Zöhhak Yaqub oğlu Abbasov

Rəsmi opponentlər:

RTEA-nın akademiki, texnika elmləri doktoru, professor

Əzizağa Xanbaba oğlu Şahverdiyev

Texnika elmləri doktoru

Mahir Əbdüləli oğlu Rəsulov

Texnika elmləri doktoru, dosent

Hacan Qulu oğlu Hacıyev

Texnika elmləri doktoru

Mübariz Sevdimalı oğlu Xəlilov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.03 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya şurasının sədri: texnika elmləri doktoru, dosent

Arif Ələkbər oğlu Süleymanov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

Yelena Yevgenyevna Şmonçeva

Elmi seminarın sədri:

texnika elmləri doktoru, professor

Arif Mikayıl oğlu Məmmədzadə

İmzaları təsdiq edirəm

ADNSU-nun Elmi katibi,

texnika elmləri namizədi, dosent

N.T.Əliyeva

İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Lay enerjisinin saxlanılmasının klassik üsullarından sayılan suvurmanın effektivliyinin aşağı olması, qazvurma üsulunun böyük həcmdə yerüstü avadanlıqlar tələb etməsi, xüsusilə, yüksək qaz faktoruna, lay temperaturuna və təzyiqinə malik qazkondensat yataqlarının təbii rejimdə işlənməsinin üstünlüyünü artırır. Lakin yatağın təbii enerji hesabına işlənməsi zamanı yaranan bir sıra fəsadlar çox böyük sənaye əhəmiyyətinə malik olan karbohidrogen kondensatın çıxarıla bilməyən hissəsini artırır və həm də son mərhələdə tətbiq edilən tədbirlərin maya dəyərini kəskin şəkildə yüksəltdiyi olur. Ona görə də, verilmiş yatağın ilkin vəziyyətinin, optimal işlənmə sisteminin, işlənmənin cari termodinamiki halının və laya üçüncü növ təsir üsullarının düzgün qiymətləndirilməsi çox vacib məsələlərdəndir. Belə ki, qəbul ediləcək layihənin elmi əsaslandırılması kompleks biliklərdən və ciddi tədqiqat məlumatlarından kəskin asılı olur. Burada işlənmə zamanı lay sisteminin faza çevrilmələrinin öyrənilməsi və faza diaqramının düzgün tərtib edilməsi mühüm məsələlərdən hesab edilir.

Qazkondensat yataqlarının işlənməsi zamanı lay şəraitində baş verən hadisələr, onların fiziki-kimyəvi və fiziki-termodinamiki mahiyyətinin dərk edilməsi mühüm əhəmiyyətə malikdir. Bu məlumatlar lay sisteminə düzgün nəzarət edilməsinə, layda baş verən hidrodinamiki və termodinamiki proseslərin rəşional idarə edilməsinə və yatağın işlənmə göstəricilərinin daha dəqiq proqnoz edilməsinə imkan yaradır. Lakin məlumdur ki, lay sistemləri çox mürəkkəb tərkibə malikdir və mürəkkəb termobarik şəraitdə belə sistemlərin faza münasibətlərinin öyrənilməsi daha da çətinləşir. Belə tədqiqatlarda mükəmməl riyazi və termodinamiki modellərin yaradılması üçün lay süxurlarının litoloji tərkibi, layda olan qalıq suyun miqdarı, lay sisteminin qrup tərkibi, qeyri-karbohidrogen komponentlərin miqdarı və s. kimi amillər nəzərə alınmalıdır. Bu kimi faktorların nəzərə alınması nəzəri baxımdan, təyin edilən modelin dəqiqliyinin artırılmasına kömək etməlidir, lakin təsir edən amillərin müxtəlifliyi tədqiqatları elə çətinləşdirir ki, determinik təhlilərin aparılması və modelin sınıanılması qeyri-mümkün olur. Belə hallarda eksperimental

tədqiqatlara daha böyük ehtiyac duyulur. Bu problemlər daha etibarlı laborator qurğuların inşa edilməsi, eksperimental sınaqların aparılması üçün düzgün metodologiyanın yaradılması və alınan nəticələrin təbii proseslərlə uyğunluğunun əsaslandırılması kimi məsələlərdən ibarətdir.

Yuxarıda göstərilənlər təsdiq edir ki, dissertasiya işində tədqiq edilən elmi istiqamətlər qazkondensat yataqlarının daha səmərəli işlənməsində aktual məsələlərdəndir. Bu elmi problemlərin həll edilməsi yataqların rəşional işlənmə üsullarının yaradılmasında və karbohidrogen veriminin artırılmasında böyük əhəmiyyətə malikdir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti

- Qazkondensat yataqlarının tükənmə və lay təzyiqinin tam və ya qismən saxlanılması rejimlərində işlənməsi zamanı layların son kondensat verimini artırmaq məqsədilə səmərəli üsulların işlənməsi.
- Qazkondensat sistemlərinin PVT bombasında və məsaməli mühit şəraitində fiziki modelləşdirilməsi üsullarının etibarlılığının artırılması.
- Modellərin real lay şəratinə maksimum yaxınlaşdırılması məqsədilə oxşarlıq (uyğunluq) şərtlərinin və meyarlarının müəyyənəşdirilməsi, bu meyarların avtomodel oblastlarının təyin olunması.
- Qazkondensat yataqlarının lay təzyiqinin tam və ya qismən saxlanılması üsulu ilə işlənməsinin termobarik şəraitə uyğun olaraq optimallaşdırılması və işçi agentə qoyulan tələblərin müəyyənəşdirilməsi.
- İşlənmənin müxtəlif mərhələlərində layda çökmüş maye kondensatın hasil edilməsinin daha səmərəli üsulun işlənməsi ilə yataqların işlənmə səmərəliliyinin artırılması.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin əsas məqsədi tükənmə rejimində işlənən qazkondensat yataqlarında fəsadların yaranmasına səbəb olan amillərin aşkar edilməsi və təsnifatlandırılması, onların fiziki-kimyəvi və termodinamiki mahiyyətini öyrənməklə yatağın mövcud işlənmə üsullarının təkmilləşdirilməsi və işlənmənin son mərhələsində yataqda qalan ehtiyatların hasil edilməsinə imkan yaradan daha səmərəli üsulların

yaradılmasından ibarətdir.

Tədqiqatın metodları.

Yataqların işlənməsi zamanı qazkondensat sistemlərində baş verən faza çevrilmələrinin tədqiqi klassik diferensial və kontak izotermələr üsulları ilə PVT bombasında və lay modelində həyata keçirilmişdir.

Lay sisteminin fiziki-termodinamiki xassələrini təyin etmək üçün qaz və maye xromatoqrafiyasından və standart cihazlardan istifadə edilmişdir. Qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimində işlənməsinin son mərhələsində retroqrad çökmüş kondensatın müxtəlif üsullarla hasil edilməsi proseslərinin modelləşdirilməsi üçün xüsusi statistik təhlillər aparılmış və oxşarlıq meyarları müəyyən edilmişdir.

Aparılacaq eksperimentlərin sayını optimallaşdırmaq və alınan qaununa uyğunluqların etibarlılığını artırmaq məqsədilə eksperimentlərin rəşional planlaşdırması və kombinasiyon kvadratlar kimi statistik üsullara müraciət edilmişdir. Eyni zamanda nəticələrin təhlilində və riyazi hesablamaların aparılmasında statistik təhlillərdən və xüsusi kompüter programlarından istifadə olunmuşdur.

Mudafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Qazkondensat sistemlərinin faza çevrilmələrinin eksperimental tədqiqat üsullarının çatışmazlıqlarının aradan qaldırılması və təkmilləşdirilmiş üsulları;

2. Təbii enerji hesabına işlənən qazkondensat yataqlarında təzyiqin azalması ilə müşahidə edilən proseslər, onların fiziki-termodinamiki mahiyyəti, təsnifatı və aradan qaldırılması yolları;

3. Qazkondensat yataqlarının qaz vurmaqla lay enerjisinin qismən saxlanılması rejimində işlənməsi üsullarını təkmilləşdirməklə səmərəliliyinin artırılması yolları;

4. Qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimində işlənməsi zamanı quyudibi zonada çökmüş retroqrad kondensatın hasil edilməsinin fiziki-termodinamiki əsasları və mövcüd üsulların inkişaf etdirilməsi;

5. Tükənmə rejimində işlənən qazkondensat yataqlarında retroqrad çökmüş kondensatın qaz fazasında dispersləşdirməklə hasil

edilməsinin təkmilləşdirilmiş üsulları;

6. Tükənməyə işlənən qazkondensat yataqlarında işlənmənin son mərhələsində layda qalan retroqrad çökmüş və çətinçıxarılabılən kondensatın hasil edilməsinin yeni üsulu.

Tədqiqatın elmi yeniliyi.

- Qazkondensat sistemlərinin faza çevrilmələrinin fiziki lay modelində öyrənilməsi zamanı layda baş verən prosesləri tam əks etdirilməsi üçün oxşarlıq meyarları müəyyənləşdirilmiş və müxtəlif tədqiqat üsulları üçün avtomodel oblastları təyin olunmuşdur;

- Qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimində işlənməsi zamanı yaranan fəsadların fiziki-termodinamiki mahiyyəti izah olunmuş, təsnifatlandırılmış və onların aradan qaldırılması yolları göstərilmişdir;

- Qazkondensat yataqlarının işlənməsi zamanı qaz vurmaqla lay enerjisinin tam və ya qismən saxlanması prosesinin səmərəliliyinin artırılması məqsədilə aparıcı parametrlərin idarə edilməsi yolları və işçi agentə qoyulan tələblər müəyyən edilmişdir;

- Qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimində işlənməsi zamanı quyudibi zonada çökmüş maye kondensatın çıxarılması üsullarının təkmilləşdirilməsi yolları və müxtəlif amillərin təsiri nəzərə alınmaqla laya təsir üsullarının meyarları müəyyənləşdirilmişdir;

- Laya çökmüş kondensatın dispersləşdirilməsi prosesinə müxtəlif tərkibli qazların təsiri mexanizmi araşdırılmış, qaz-maye faza münasibətlərinin idarə olunması ilə kondensatın hasil edilməsi üsulları təkmilləşdirilmişdir;

- İşlənmənin son mərhələsində layda çökmüş kondensatın hasilat quyularına sıxışdırılması və hasil edilməsi üçün yeni üsul işlənmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Tədqiqat işində qarşıya qoyulmuş məsələlər qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimində işlənməsi zamanı baş verən mürəkkəb faza çevrilmələrinin tədqiqinə, bu rejimin yaratdığı fəsadların aradan qaldırılması üçün mövcud üsulların təkmilləşdirilməsinə və daha səmərəli üsulların yaradılmasına həsr edilmişdir. Bu mənada dissertasiya işində təqdim

olunan nəticələr yüksək təcrübi əhəmiyyətə malikdir. Dissertasiya işində təklif olunmuş üsullardan və alınmış nəticələrdən AMEA Geologiya və Geofizika institutunda, Neft və Qaz institutunda və SOCAR “Neftqazəlmətdəqiqatlayihə” İnstitutunda yerinə yetirilmiş aşağıdakı işlərdə uğurla istifadə edilmiş və istehsalatda tətbiq olunmuşdur:

1. 2001-2002-ci illərdə ARDNŞ Dənizdə Neft-Qaz çıxarma İstehsalat Birliyinin sifarişi ilə yerinə yetirilmiş “Bulla-dəniz” yatağı üzrə “Qazkondensat yataqları quyularının məhsulu nümunələrinin termodinamiki və fiziki-kimyəvi tədqiqi”;

2. 2010-2011-ci illərdə Azneft İB-nin sifarişi ilə yerinə yetirilmiş “Azərbaycanın dərinə yerləşən qazkondensat yataqları flüidlərinin termodinamiki və fiziki-kimyəvi xassələri üzrə avtomatlaşdırılmış məlumat bazasının işlənilib hazırlanması”;

3. 2008-2009-cu illərdə Azneft İB-nin sifarişi ilə yerinə yetirilmiş “Günəşli” yatağı “Balaxanı” Lay Dəstəsinin qazkondensat quyularının məhsulunun fiziki-kimyəvi, termodinamiki xassələrinin eksperimental tədqiqi”;

4. 2013-2014-cü illərdə Azneft İB-nin sifarişi ilə yerinə yetirilmiş “Ümid” yatağının geoloji və hidrodinamiki modelləşdirilməsi əsasında V və VII horizontların işlənmə göstəricilərinin proqnozlaşdırılması”;

5. 2015-ci ildə SOCAR-ın sifarişi ilə yerinə yetirilmiş “Azəri-Çıraq-Dərin Sulu Günəşli yataqlarının dərinə yatan qazkondensatneft obyektlərinin işlənmə planının tərtib olunması”;

6. 2017-2019-cu illərdə Azneft İB-nin sifarişi ilə yerinə yetirilmiş “Bulla-dəniz” yatağının geoloji və hidrodinamiki modellərinin qurulması”;

7. 2018-2019-cu illərdə Azneft İB-nin sifarişi ilə yerinə yetirilmiş “Qərbi Abşeron yatağının geoloji və hidrodinamiki modelləşdirilməsi əsasında işlənmə tempini saxlamaqla laya təsir üsullarının seçilməsi və səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi”;

8. 2019-2020-ci illərdə “Partnyor Elmin İnkişafına Dəstək” İctimai Birliyinin Qrant Layihəsi çərçivəsində 15TR-19LR müqaviləsi ilə yerinə yetirilmiş “Qazkondensat yataqlarının işlənməsi zamanı baş

verən faza çevrilmələrində flüid tərkibinin rolu və yatağın komponent-veriminə təsiri” və 2021-2022-ci illərdə 14TR-21LR sayılı müqavilə ilə yerinə yetirilmiş “Tükənmə rejimində istismar edilən qazkondensat yataqlarının məhsuldarlığının lay sistemlərinin xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla artırılması yolları”.

Bundan əlavə Bulla dəniz yatağına məxsus qazkondensat quyularında retroqrad kondensatın hasil edilməsi məqsədilə aparılan sınaq işləri dissertasiya işinin təqdim etdiyi yeni nəticələrin perspektivliyini sübut etmişdir.

İşin aprobeasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin məzmunu üzrə əsas müddəaları aşağıdakı beynəlxalq elmi konfranslarda və forumlarda müzakirə edilmişdir:

- International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion (Bandung, Java, Indonesia. 2-6 July 2000);

- Международная научно-практическая конференция, “Краевые задачи аэрогидромеханики и их приложения” (Казань, 21-24 ноября 2000);

- “İnformasiyalaşdırma, kibernetika və informasiya texnologiyalarının müasir problemləri” Respublika elmi konfransı (Bakı, 28-30 aprel 2003);

- “Xəzərneftqazyataq-2004” Elmi-təcrübi Konfrans (Bakı, 24-26 oktyabr 2004);

- Международная конференция, «Фундаментальные проблемы разработки нефтегазовых месторождений, добыча и транспортировки углеводородного сырья» (Москва, 24-26 ноября 2004);

- IX Международный Энергетический Форум, «Газ и нефть СНГ», (Ялта, 14-16 сентября 2006);

- SPE, "Российская нефтегазовая техническая конференция и выставка" (Moskva, 3-6 октября 2006);

- SPE Romanian Conference “150 Years of the Romanian Petroleum Industry Tradition and Challenges” (Buxarest, 14-17 October 2007);

- Международная научно-практическая конференция, посвященной 30-летию Атырауского института нефти и газа

(Атырау, 30 сентябрь – 1 октябрь 2010);

- Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы нефтегазового комплекса Казахстана» (Актау, 23-25 февраля 2011);

- Международная научно-практическая конференция «Новые технологии в нефтегазодобыче» (Баку, 6-7 сентября 2012);

- XI Международная научно-практическая нефтегазовая конференция (Кисловодск, 27-31 октября 2014);

- «Современные методы разработки месторождений с трудно-извлекаемыми запасами и нетрадиционными коллекторами» (Атырау, 5-6 сентября 2019);

- IV Международная научно-практическая конференция “Булатовские чтения” (Краснодар, 31 марта 2020);

- Международная конференция «Инновационные подходы к развитию образовательно-производственного кластера в нефтегазовой отрасли» (Ташкент, 30 апреля 2022);

- AMEA-nın Geologiya və Geofizika İnstitutunun Elmi Şurasında və “Neft və qaz yataqlarının işlənməsi və istismarı” seksiyasında, SOCAR “Neftqazelmütədiqatlayihə” İnstitutunun səyyar seminar və konfranslarında, “Neft-qaz yataqlarının işlənməsi, istismarı, neftin, qazın nəqli və quyuların qazılması” Elmi Şura bölməsində.

Dissertasiya işində alınmış əsas nəticələrdən üçü “AMEA-nın 70 illiyi” hesabatına (2015-ci il), bir neçəsi AMEA-nın 2004, 2006, 2008, 2010, 2014, 2015 və 2016-cı illərdə ən mühüm nəticələr siyahısına daxil edilmişdir.

Dərc edilmiş əsərlər. Dissertasiya işinin əsas məzmunu 58 elmi işdə, o cümlədən 1 monoqrafiyada, 42 məqalədə və 15 konfrans materiallarında dərc edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının “Geologiya və Geofizika” və “Neft və Qaz” İnstitutlarında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.

Dissertasiya işi: giriş, 5 fəsil, nəticə, 344 adda istifadə edilmiş

ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən ibarətdir. İşin ümumi həcmi 76 şəkil, 20 cədvəl, ədəbiyyat siyahısı və əlavələr də daxil olmaqla ümumilikdə 313 səhifədir.

Dissertasiya işinin həcmi: giriş 15642 işarə, I fəsil 66178 işarə, II fəsil 98363 işarə, III fəsil 60797 işarə, IV fəsil 105228 işarə, V fəsil 37277 işarə, nəticə və təkliflər 8255 işarə olmaqla ümumilikdə 391740 işarədən ibarətdir.

İddiaçının şəxsi rolu. Müəllif, dissertasiya işində təqdim edilən elmi tədqiqat işlərinin planlaşdırılmasında, məsələlərin qoyuluşunda, tədqiqat metodlarının seçilməsində, eksperimental qurğunun yaradılmasında və laboratoriya tədqiqatlarının həyata keçirilməsində bilavasitə iştirak etmişdir. O dissertasiya işinin mövzusunun əhatə edən bütün dərc edilmiş elmi əsərlərin və hesabatların mövzularının seçilməsi, əsaslandırılması, tədqiqatın metodologiyasının yaradılması, elmi ədəbiyyat xülasələrinin aparılması və nəticələrin təhlillərinə rəhbərlik etmişdir.

Müəllif həm də disertasiya işinin məzmununu təşkil edən elmi tədqiqat işlərinin məsul icraçısı və ya rəhbəri olmuşdur.

Müəllif işin bütün mərhələlərində ona dayaq durmuş, onu istiqamətləndirmiş mərhum akademik M.T.Abasovu və elmi məsləhətçisi, işin yerinə yetirilməsində böyük zəhməti olan AMEA-nın müxbir üzvü mərhum professor Z.Y.Abbasovu dərin minnətdarlıqla yad edir.

Müəllif eyni zamanda işin yerinə yetirilməsində göstərdikləri kömək və məsləhətlərinə görə AMEA-nın müxbir üzvü Q.İ.Cəlalova və t.e.d. V.M.Fətəliyevə öz minnətdarlığını bildirir.

DISSERTASIYANIN ƏSAS MƏZMUNU

Dissertasiya işinin **giriş hissəsində** mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi, vəzifələri, qarşıya qoyulan məsələlərin həlli metodları, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, elmi yeniliklər, işin nəzəri və təcrübi əhəmiyyəti, approbasiyası və tətbiqi, işin strukturu və həcmi əks olunmuşdur.

Birinci fəsildə qazkondensat sistemlərinin faza çevrilmələrinin öyrənilməsi üsullarının müasir elmi vəziyyəti və inkişaf etdirilməsi

yollarına həsr olunmuş ədəbiyyat icmalı verilmiş, bu sistemlərin fiziki lay modelində öyrənilməsi zamanı oxşarlıq meyarlarının şərtləri təyin olunmuş, bu meyarlar əsasında təcrübələrin aparılması metodologiyası işlənmiş, bunun əsasında yeni təcrübə qurğusunun yaradılması ardıcılığı göstərilmişdir.

Lay sistemləri çox mürəkkəb tərkibə malik olduğundan, mürəkkəb termobarik şəraitdə belə sistemlərin faza münasibətlərinin öyrənilməsi çox çətin olur. Belə tədqiqatlarda mükəmməl riyazi və termodinamiki modellərin yaradılması üçün lay kollektorunun litoloji tərkibi, layda olan qalıq suyun miqdarı, lay sisteminin qrup tərkibi və komponent tərkibi, qeyri-karbohidrogen komponentlərin miqdarı, termobarik şərait və s. kimi amillər nəzərə alınmalıdır. Lakin belə müxtəliflik tədqiqatları elə çətinləşdirir ki, determinik təhlilərin aparılması və modelin sınınilması qeyri-mümkün olur. Belə hallarda eksperimental tədqiqatlara daha böyük ehtiyac duyulur.

Qazkondensat yatağında lay-quyu sistemlərinin birgə tədqiqi ayrı-ayrı elmi biliklər və elmi dünya görüşünün integrasiyasını tələb edir. Bu tədqiqatlar: 1) öyrənilən yatağın həndəsi ölçülərini, geoloji xassələrini və litoloji tərkibini; 2) layın kollektorluq xüsusiyyətlərini, fiziki-mexaniki və hidrodinamiki xassələrini; 3) lay sisteminin və ya maye və qazın fiziki-kimyəvi xassələrini, qarşılıqlı həll olma və faza münasibətlərinin; 4) yatağın termobarik şəraitini müəyyən etməyə imkan verir. Lay məhsulunun və ya qaz və maye qarışığının fiziki-kimyəvi, hidrodinamiki və termodinamiki xassələrini laborator tədqiqatlar əsasında təyin edilir. Həmin məlumatlar yatağın işlənmə üsullarının təyin edilməsində vacib olmasına baxmayaraq, onların laboratoriya şəraitində öyrənilməsi bir sıra çətinliklərlə əlaqəli olur:

1. Laydan götürülmüş nümunələrin əldə edilməsi texnologiyası, nümunələrin qablaşdırılması və daşınması ilə əlaqəli olan çətinliklər və xətlər.

2. Götürülmüş nümunə layın yalnız bir nöqtəsini xarakterizə etdiyindən onun etibarlılıq dərəcəsinin sınınilması və əlavə bir sıra tədqiqatların aparılmasının labüdlüyü.

3. Laborator cihazların dəqiqlik dərəcəsi və bu cihazlarda istifadə edilən elementlərin öyrənilən prosesə təsirinə mümkünlüyü.

4. Təbii proseslərin modelləşdirilməsindən irəli gələn çətinliklər və yaradılmış modellərin yaratdığı xətlər.

5. Laborator tədqiqatların aparılması üçün istifadə edilən prosedurlar və bu prosedurların yaratdığı çətinliklər və xətlər.

6. Laborator analizlər nəticəsində alınan məlumatların interpretasiyası və bunun üçün istifadə edilən nəzəri biliklərlə əlaqəli olan qüsurlar.

Dissertasiya işində təqdim edilən tədqiqat işləri: qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimi; laya müxtəlif tərkibli qazların vurulması; layda çökmüş karbohidrogen kondensatın hasil edilməsi kimi mürəkkəb məsələləri və bu zaman lay şəraitində sıxılma, genişlənmə, kondensasiya, dispersləşmə, diffuziya və buxarlanma kimi prosesləri əhatə etdir. Buna görə də bu amillərin düzgün modelləşdirilməsi və oxşarlıq meyarlarının dəqiq təyin edilməsi və təcrübələrin bu şərtlər daxilində aparılması çox mühüm bir prinsip kimi qəbul edilmişdir. Bu nöqteyi nəzərdən aparılmış tədqiqatlar zamanı həndəsi, termodinamiki, kimyəvi və hidrodinamiki oxşarlıq prinsiplərindən istifadə edilmişdir. Eyni zamanda parametrlərin seçilməsində və onların dəyişmə intervallarının təyində, həmçinin tədqiq olunan parametrlərə təsir edən amillərin təyində oxşarlıq prinsiplərinin ödənilməsi nəzərə alınmışdır.

Apardığımız təcrübələrdə istifadə olunan qaz nümunələri “Bulla-dəniz”, “Bahar”, “Günəşli” yataqlarına məxsus quyulardan və “Daşgil” qazın ilkin emalı stansiyasından xüsusi nümunəgötürən qurğularla qaz balonlarına götürülmüşdür. Buna görə də qaz komponentlərini rekombinə etməyə ehtiyac qalmamış, nümunələr qaz xromatoqrafında analiz edilərək komponent tərkibi aparılacaq eksperimentlərin tələblərindən asılı olaraq dəyişdirilmiş və ya sabit saxlanılmışdır.

Məlumdur ki, qazkondensat sistemində karbohidrogen kondensatın tərkibinin nəzərə cərpmayacaq dərəcədə dəyişməsi belə, faza keçid proseslərində ciddi dəyişiklik yaradır. Dissertasiya işində eksperimentlər zamanı təbii karbohidrogen kondensatdan istifadə edilmişdir. İlkin mayenin komponent tərkibi maye xromatoqrafi vasitəsilə öyrənilmiş və tədqiqatın məqsədindən asılı olaraq sabit

saxlanılmış və bununla da onun tərkibinin öyrənilən prosesə planlaşdırılmamış əlavə təsirləri aradan qaldırılmışdır.

Klassik qaydalara uyğun olaraq, qazkondensat sisteminin rekombinə edilməsi birbaşa PVT bombasında həyata keçirilir. Dissertasiya işində bu məqsədlə YTK-3 və YФP-2 tipli PVT bombalarından istifadə edilmişdir. Burada əsas məqsəd sistemin vahid qaz həcmində olan maye komponentlərinin kütləsinin düzgün təyin edilməsidir.

Adətən, yatağın tükənməsi qazkondensat sisteminin laboratoriya qurğusunda diferensial kondensasiya edilməsi ilə modelləşdirilir. Lakin burada termodinamiki qeyri-müvazinət halı yarana bilər ki, bu da layda gedən proseslərdən kəskin sapmalara səbəb ola bilər. Buna görə də təzyiqin (P) zamandan (t) asılı olaraq dəyişmə sürəti əsas aparıcı parametrlər kimi götürülmüşdür.

Burada qazkondensat sistemi dispers sistemlər kimi öyrənildiyindən və əsas tədqiqatlar lay modelində aparıldığından, bundan irəli gələn digər məsələlər: səth enerjisinin və səth qüvvələrin təsirinin dəyişməsi; sorbsiya hadisələri; dispersləşmə və digər kolloid xassələrdən irəli gələn hadisələr; normal buxarlanma və kondensasiya, süzülmə və s. proseslər də nəzərə alınmalıydı. Bu məqsədlə, təzyiqin verilmiş intervalda dəyişmə sürətinin termodinamiki müvazinət halına təsiri asılılığı (1) şəklində eksperimental yolla tədqiq edilmişdir.

$$K(P) = f\left(\frac{dP}{dt}\right) \quad (1)$$

Burada: $K(P)$ - diferensial kondensasiya zamanı verilmiş təzyiqdə sistemdən xaric edilən qazın kondensat amilidir (stabil hal üçün).

Məlumdur ki, diferensial kondensasiya zamanı hasil edilən qazın kondensat amili temperatur- T , kondensatın tərkibi - δ_k , qazın tərkibi - δ_q , ilkin kondensat amilindən - K_{ilk} və yerləşdiyi mühitin xassələrindən - $\delta_{müh}$ asılı ola bilər. Bunları (1) ifadəsində nəzərə alsaq və kondensat amilini hər hansı bir təzyiq intervalında - ΔP nəzərə alsaq ($K_{\Delta P}$) təzyiqin təsirini aradan qaldırmış olarıq və bunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$K_{\Delta P} = f\left(\frac{dp}{dt}, T, \delta_q, \delta_k, K_{ilk}, \delta_{müh}\right) \quad (2)$$

(2) asılılığını oxşarlıq meyarları əsasında yaradılmış vertikal lay modelində və YKГ-3 tipli PVT bombasında tədqiq edilmişdir. Alınan nəticələrdən məlum olmuşdur ki, temperaturun prosesə, yəni hasil edilən qazın kondensat amilinə təsiri 2,24 %-i aşmır. Bu eksperimentlərin xətası çərçivəsində olduğundan temperaturun təsiri nəzərə alınmamışdır. Sistem hər iki mühitdə (bombada və lay modelində) $30 \pm 0,5$ MPa-dan 0,5 MPa-ya qədər (retroqrad kondensasiya təzyiqi $25,3 \pm 0,3$ MPa təyin edilib) diferensial kondensasiya edilmişdir. Alınan nəticəni (3) ifadəsi kimi yazmaq olar.

$$K_{\Delta p} = \begin{cases} a \frac{dp}{dt} + b, & \frac{dp}{dt} > 1,667 \pm 0,04 \cdot 10^{-3} \text{ MPa/san} \\ K_{\Delta p}^s, & \frac{dp}{dt} \leq 1,667 \pm 0,04 \cdot 10^{-3} \text{ MPa/san} \end{cases} \quad (3)$$

Bundan: a və b xətti asılılığın əmsalları;

$K_{\Delta p}^s$ - verilmiş təzyiq intervalında hasil edilən qazın $\frac{dp}{dt}$ -dən asılı olaraq sabitləşmiş qiymətidir.

(3) ifadəsinə əsasən lay modeli ilə PVT bombası arasında fərq $\pm 0,04 \times 10^{-4}$ MPa/san, qurğunun imkanlarını nəzərə alaraq təcrübələr zamanı təzyiqin düşmə tempi $1,66 \times 10^{-3}$ MPa/san-dən kiçik qəbul edilmişdir.

D.A.Efros yanaşmasını nəzərə alaraq, aparılmış tədqiqatlar nəticəsində π_k -nın natura üçün termodinamiki tarazlıq şərtini ödəyən qiymətlər intervalı $0,2 \times 10^{-18}$ - $0,12 \times 10^{-13}$ müəyyən edilmişdir. Tükənmə prosesində qaz və mayenin sürətinin 1,5-27 m/saat və ya bir saatda 3,5-50 məsələli mühit həcmi qədər hasilatla həyata keçirilməsi müəyyən edilmişdir.

Beləliklə, qeyd edilən bütün amillər təhlil olunmaqla, istifadə olunan avadanlıqların texniki imkanları qiymətləndirilmiş, eksperimentlərin planlaşdırılması və aparılması zamanı bütün oxşarlıq meyarları nəzərə alınmışdır.

İkinci fəsil qazkondensat yataqlarının işlənmə prosesində yaranan problemlə məqamlara, lay sistemlərinin faza münasibətlərinin xüsusiyyətlərinin öyrənilməsinə, ona təsir edən amillərin aşkar edilməsinə, elmi mahiyyətinin öyrənilməsinə, həlli yollarının

araşdırılmasına və yataqların rasional işlənmə sistemlərinin inkişaf etdirilməsinə həsr edilmişdir.

Adətən, qazkondensat yataqlarının işlənməsi laya təsir üsulları tətbiq edilmədən layihələndirilir. Yatağın təbii enerjisi hesabına işlənməsi zamanı yaranan bir sıra fəsadlar çox böyük sənaye əhəmiyyətinə malik olan təbii xammalın çıxarıla bilməyən (layda çökən) hissəsini artırır və onu sonradan hasil edilməsi üçün görülməli əlavə tədbirlərin maya dəyərini kəskin yüksəltdiyi olur.

Layda maye kondensatın çökməsinə səbəb olan əsas amillərdən bir də qazkondensat sisteminin komponent tərkibidir. Qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimində işlənməsi zamanı lay sistemini təşkil edən ağır komponentlər lay təzyiqinin düşməsi ilə əlaqədar kondensləşir. Çökmüş karbohidrogen kondensat süxur səthində nazik təbəqə şəklində və ya məsamələrdə damcı şəklində formalaşır. Bu şəkildə formalaşmış kondensat hissəcikləri adsorbsiya və kapillyar qüvvələrin təsiri altında olduğundan hərəkətsiz qalır və hidrodinamiki proseslərdə iştirak etmir, yatağın kiçik təzyiq və böyük məsaməliyə malik zonalarında daha çox yığılır. Zaman keçdikcə belə sahələrdə kondensatla doyma artır və məsaməli mühitin doyması böhran həddinə çatır. Belə maye zolağı birfazlı flüidın quyudibinə doğru süzülməsində müqaviməti artırır və onun nisbi faza keçiriciliyini azaltmış olur. Kondensatla doyma böhran halına yaxınlaşdıqca bu təsir güclənir və quyunun məhsuldarlığına nəzərə cərpacaq dərəcədə təsir edir. Bu amil kiçik lay təzyiqinə və keçiriciliyə malik olan yataqlarda daha kəskin xarakter alaraq, hətta, quyunun fəaliyyətinin dayanmasına səbəb ola bilər.

Hasil edilən flüidın miqdarı lay sisteminin tərkibinin və termodinamiki parametrlərin dəyişməsindən asılı olduğundan, yataqda gedən fiziki-termodinamiki, fiziki-kimyəvi və hidrodinamiki proseslər işlənmə göstəricilərinə əsaslı şəkildə təsir göstərir. Buna görə də qeyd edilən problemlər və onların mahiyyəti məsaməli lay modelində, qazkondensat sistemini 30 MPa-dan (götürülmüş sistemin tam birfazlı dispersləşmiş halı) 6 MPa-ya qədər təzyiq intervalında diferensial kondensasiya etməklə öyrənilmişdir. Müxtəlif təzyiq qiymətlərində məsaməliyin (m), temperaturun (t), kondensatın

sıxlığının (ρ) və qalıq suyun miqdarının (φ) çıxarılan kondensatın faizlə miqdarına (γ) təsiri rəşional planlaşdırma yolu ilə tədqiq olunmuşdur. Hər bir parametrin təsirinə öyrənmək üçün onların beş qiyməti seçilmiş və $\gamma = f(t, m, \rho, \varphi)$ şəklində öyrənilmişdir. Ardıcıl yanaşma vasitəsilə bütün parametrlərin təsirinə ayrı-ayrılıqda aydınlaşdırmaq mümkün olmuşdur və aşağıdakı asılılıq alınmışdır:

$$\gamma = -\frac{7,9}{19,124m-2,627} - 0,28(0,1\varphi + 1)^2 - 0,181\rho + 0,3t + 143,84 \quad (4)$$

Aparılmış çoxsaylı eksperimental tədqiqatlar və onların nəticələrinin təhlili ümumiləşdirilərək qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimində işlənməsi zamanı yaranan fəşadlar təsnifatlandırılmışdır.

1. *Lay təzyiqinin azlaması ilə yaranan fəşadlar.* Yatağın tükənmə rejimində işlənməsi zamanı lay təzyiqinin azalması hesabına molekullar arası məsafə artır, sistemin kütlə miqdarı azalır və bu da lay sisteminin daxili enerjisinin azalmasına səbəb olur. Lay sisteminin həcmi nisbətən sabit qalsa da ümumilikdə lay onun genişlənməsi hesabına istismar edilir. Burada lay temperaturu dəyişsə də fəsiləsiz olaraq bərpa edildiyindən prosesi izotermik olaraq qəbul etmək olar. Bu şərt daxilində lay sisteminin kondensat amilinin təzyiqdən asılılığı $K=f(P)$ nəzəri və eksperimental yolla araşdırılmışdır. Fərz edək ki, götürülmüş qazkondensat yatağının kondensat ehtiyatı - V_k və qaz ehtiyatı - V_q həcmdədir. Lay şəraitində (lay təzyiqi (P) və temperaturunda (T)) qazın vahid həcmində dispersləşmiş kondensatın həcmi - K aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$K = \frac{V_k(P)}{V_q(P)}, \quad T = const \quad (5)$$

Buradan layda olan kondensatın və qazın həcmi lay temperaturunun sabit qiymətində təzyiqdən asılı olaraq təyin etməklə K -nı qiymətləndirmək (vahidi m^3/m^3 ilə) olar. Lakin məlumdur ki, retroqrad kondensasiya təzyiqindən sonra kondensatın bir hissəsi qazdan ayrılmağa başladığından (5) ifadəsinin xarakteri dəyişir. Bu asılılığa əsasən verilmiş lay temperaturunda $K \geq 1$ olarsa onda bütün qaz kondensatda həll olmuş şəkildədir və lay sistemini kiçik sıxlığa

malik olan bir fazalı maye halı kimi qəbul etmək olar. Deməli, $K=1$ olduqda, yəni verilmiş təzyiq və temperaturda qaz komponentlərinin cəm həcmi maye komponentlərinin həcminə bərabər olması şərtində qarışıq iki fazalı hala keçid ərəfəsində olur. Lakin qazkondensat sistemlərinin termodinamiki tədqiqatlarına əsasən lay sistemi bu halda belə, birləşən halını saxlaya bilər. Bu zaman lay sistemi “qaz mayedə” kolloid halından “maye qazda” kolloid halına keçir. Tədqiqatlar göstərir ki, sistemin həcmi izotermik olaraq artdıqda onun sıxılma qabiliyyəti zəifləyir və təzyiq elə qiymətə çatır ki, burada qarışıq özünü maye kimi aparır. Bu təzyiqi sistemin dispers halının dəyişməsi təzyiqi (P_{dhd}) və ya keçid təzyiqi adlandırmaq olar. Həmin təzyiqə yaxınlaşdıqca qaz komponentlərinin vahid həcmə düşən maye fraksiyalarının həcmi vahidə doğru yaxınlaşır.

Digər tərəfdən, $V_q > V_k$ olması mayenin dispers mühitdən ayrılması demək deyildir və sadəcə, maye komponentlərin dispers mühit rolundan dispers fazaya keçməsinə göstərir. (5) ifadəsinə əsasən bu keçid halını aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\left. \begin{aligned} K &= \frac{V_k(P)}{V_q(P)} \geq 1, \text{əgər } P \geq P_{dhd}, T = \text{const} \\ K &= \frac{V_k(P)}{V_q(P)} \leq 1, \text{əgər } P_{rk} \leq P \leq P_{dhd}, T = \text{const} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

(6) ifadəsindən göründüyü kimi sistemin dispers halının dəyişməsinə baxmayaraq, o hələ də bir fazalı halda qalır, lakin bunun üçün $P \geq P_{dhd}$ və ya $P_{rk} \leq P \leq P_{dhd}$ şərtlərindən biri ödənilməlidir. Təzyiqin P_{dhd} nöqtəsindən azalması zamanı sistemin iki fazalı hala keçməsi üçün təzyiq retroqrad kondensasiya təzyiqindən (P_{rk}) aşağı düşməlidir. Bunu riyazi olaraq (7) kimi ifadə etmək olar:

$$K = \frac{V_k(P)}{V_q(P)} < 1, \text{əgər } P \leq P_{rk}, T = \text{const} \quad (7)$$

Aparılmış tədqiqatları ümumiləşdirsək, $K > 1$, $K = 1$ və $K < 1$ halları üçün lay sisteminin təzyiqdən asılı olaraq keçid nöqtələri aşkar olunmuş, qaz mayedə ($P \geq P_{dhd}$), maye qazda ($P_{rk} \leq P \leq P_{dhd}$) və ikifazlı – kondensat və qaz halına keçid ($P \leq P_{rk} \leq P_{dhd}$) şərtləri müəyyən edilmişdir. Eksperimental sınaqlar vasitəsilə lay təzyiqinin

azalması zamanı faza halının dəyişməsi diaqramı “Bulla-dəniz” yatağı üzrə bir neçə quyu məlumatları əsasında qurulmuş və onun işlənməsi zamanı nəzərə alınmasının əhəmiyyəti göstərilmişdir.

Lay təzyiqinin yaratdığı əsas fəsadlar təzyiqin $P \leq P_{rk}$ qiymətindən sonra baş verir, yəni qaz fazasının kondensat amili təzyiqdən asılı olaraq sürətlə azalmağa başlayır. Bu zaman temperatur sabit qaldığından və digər parametrlər də yalnız təzyiqdən asılı olduğundan $K=f(P)$ sadə diferensial tənlik şəklində həll edilmiş və α_p -kondensat amili ilə təzyiq arasında mütənasiblik əmsalı daxil edilmiş və fiziki mahiyyətinə görə əhəmiyyəti qiymətləndirilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, bu parametr təzyiqdən, tərkibdən və termobarik şəraitdən asılı olub, hər bir yataq üçün özünəməxsus qiymətə malikdir. Bunu tədqiq etmək üçün müxtəlif mühitlərdə xüsusi eksperimentlər aparılmışdı. $\alpha_p = f(P)$ asılılığına əsasən qazkondensat qarışığının retrograd və maksimal kondensasiya nöqtələri (təzyiqləri) təyin edilmişdir:

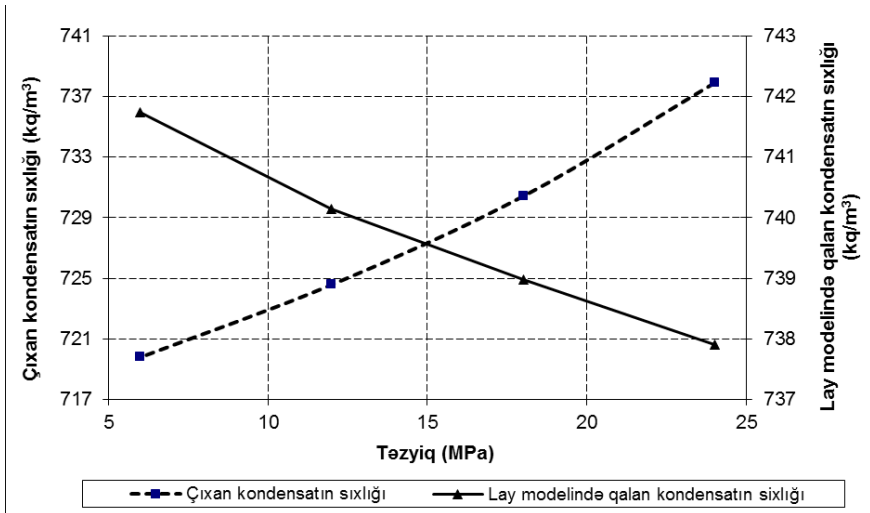
$$K = K_{ilk}(P_{ilk}, T_{lay})e^{\alpha_p(P-P_{rk})} \quad (8)$$

Bundan əlavə α_p əmsalı lay sisteminin dispers halının dayanıqlığını da xarakterizə edir. Belə ki, bu əmsalın idarə etməklə kondensatın dispers mühitdə dayanıqlığını tənzimləmək və daha çox kondensat hasilatına nail olmaq olar.

2. *Dispers mühitin və fazanın sıxlığının azalması və çökən kondensat sıxlığının artması ilə yaranan fəsadlar.* Qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimində işlənməsi bilavasitə lay təzyiqinin azalması hesabına baş verdiyindən təzyiqin azalması ilə dispers fazanı təşkil edən karbohidrogen kondensatın dispers mühitdə qalmasını şərtləndirən bir sıra parametrlər: sistemin daxili enerjisi, kondensatın sıxlığı, qaz mühitinin sıxlığı, sistemin kondensat amili, qazın kondensatda həllolma prosesi kimi parametrlər də dəyişir. Ona görə də, bu amillərin araşdırılması yatağın məhsuldarlığının artırılması yollarının müəyyən edilməsində mühüm rol oynaya bilər.

Təzyiqin maksimal kondensasiya təzyiqindən sonra azalması isə, çıxan kondensatın sıxlığının stabilləşməsinə və hətta, nisbətən artmasına səbəb olur. Bunun tam əksinə olaraq lay modelində qalan

kondensatın sıxlığı diferensial kondensasiya prosesi zamanı demək olar ki, xətti qanunauyğunluqla artır (qrafik 1).



Qrafik 1. Lay modelində diferensial kondensləşmə zamanı çıxarılan və lay modelində qalan kondensatın sıxlığının dəyişməsi

Lakin bu artma intensivliyi təzyiqin maksimal kondensasiya təzyiqindən kiçik qiymətlərində belə davam edir. Bu isə, aydındır ki, nisbətən yüngül komponentlərin buxarlanması və hasil edilməsi hesabına baş verir.

Bunu nəzərə alaraq, ilkin lay sisteminin tərkibində stabil kondensatın sıxlığının tükənmə rejimində işlənən qazkondensat yataqlarında son kondensatveriminə təsiri də araşdırılmışdır. Alınan nəticələrə görə, tükənmə zamanı ilkin stabil kondensatın sıxlığı son kondensatveriminə kəskin şəkildə təsir edir. Beləki, layda ilkin kondensatın sıxlığının 700 kq/m^3 -dan 800 kq/m^3 -a qədər artması son kondensatverimini 18,1 %-ə qədər azaldır və bu asılılıq xətti qanunauyğunluğa tabedir.

3. Qaz – maye nisbətləri və fazalararası qarşılıqlı həllolmanın pisləşməsi hesabına yaranan fəsadlar. Diferensial kondensasiya zamanı PVT bombasında çökmüş retroqrad kondensatda həll olan qazın həcmnin dəyişmə qanunauyğunluğu və onun təzyiqdən

asılılığının qaz fazasının kondensat miqdarına, təzyiq düzgüsündən asılı olaraq çıxarılan kondensatın həcminə, yatağın cari və son kondensatveriminə təsiri araşdırılmış, məlum olmuşdur ki, lay sisteminin təzyiqinin azalması zamanı retroqrad kondensatın miqdarının artması ilə yanaşı, onun vahid həcmində həll olan qazın miqdarı azalır. Bu o deməkdir ki, kondensatın dispers mühitdən ayrılması sürətlənir və qaz-kondensat sərhədində səthi gərilmə artır. Buna əsasən, qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimində işlənməsi zamanı kondensatveriminin artırılması üçün qazın retroqrad kondensatda həllolma əmsalının artırılması və ya idarə edilməsi əsas prinsiplərdən biri olduğu təyin edilmişdir.

Digər tərəfdən aşkar edilmişdir ki, diferensial kondensasiya zamanı “layda” qalan kondensatın sıxlığı onun tərkibində nisbətən ağır komponentlərin konsentrasiyasının artması hesabına artır. Belə olduqda isə, sistemin kondensasiya təzyiqi də artmış olur. Eyni zamanda çökmüş kondensatın sıxlığının artması lay sistemini təşkil edən qaz və maye komponentləri arasında qarşılıqlı həllolmanı da pisləşdirir. Məhz bu iki amilin rolu təsir üsullarının metodologiyasının hazırlanmasında bu amillərin nəzərə alınmasının vacibliyini artırır.

Konkret olaraq, “Bulla-dəniz” yatağının VII horizontunun tükənməsi ərzində, çıxarılan lay sisteminin kondensasiya təzyiqinin 71MPa-dan 11 MPa-ya düşmə müddətində, qaz fazasının kondensat amilinin 361 q/m^3 -dan 79 q/m^3 -na qədər azalması müşahidə edilmişdir. Kütlə balansı prinsipi əsasında aparılmış hesablamalara görə, bu müddətdə qeyd edilən horizont üzrə layda çökən kondensatın miqdarının artması hesabına lay şəraitində qalan ümumi sistemin kondensat amili 3 dəfəyə qədər artmışdır.

Bu o deməkdir ki, əgər vurulan işçi agent layda çökmüş kondensatın retroqrad buxarlandırılmasına və ya yenidən qaz mühitində dispersləşdirilməsinə hesablanmışdırsa, onda klassik üsulların tətbiqi ilə yüksək səmərənin əldə olunmasını gözləmək olmaz.

4. *Maye və qaz fraksiyalarının qeyri-müntəzəm dəyişməsindən yaranan fəsadlar.* Adətən, qazın kondensat amili dedikdə qazda dispersləşmiş kondensatın həcmi nəzərdə tutulur, lakin məlumdur ki,

yataqda mövcud olan karbohidrogen kondensatı fiziki-termodinamiki vəziyyətinə görə iki növə ayırmaq olar. Qaz fazasında dispersləşərək dispers fazanı yaradan ($V_{k.d}$) və süxur səthi ilə sıx əlaqədə olan və ya tərkibindəki ağır komponentlər səbəbindən dispersləşə bilməyib süxur səthinə çökmüş kondensat kütləsi ($V_{k.q}$). Onda, yataqda olan qazın vahid həcmində düşən kondensatı (K^*) aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

$$K^* = \frac{V_{k.d} + V_{k.q}}{V_q} \quad (9)$$

Məlumdur ki, ənənəvi qəbul edilmiş şərtlərə əsasən layın ilkin vəziyyətində lay təzyiqinin (P_{lay}) retroqrad kondensasiya təzyiqindən (P_{rk}) böyük qiymətlərində qalıq kondensatın miqdarı çox olmadıqda bu maye kütləsi hidrodinamiki və termodinamiki proseslərdə iştirak etmir. Ona görə də, yataqların işlənməsi zamanı onun dəyişməsi nəzərə alınmır. Buna baxmayaraq “Bulla dəniz” yatağı üzərində aparılan tədqiqatlar sübut etmişdir ki, bu növ kondensat yatağın ilkin anından süzülmə proseslərində iştirak edir və müəyyən miqdarı quyular vasitəsilə hasil edilir. Əgər, verilmiş layın təzyiqi hər hansı bir $P_{lay.i}$ qiymətinə azalsa onda layın kondensat amilini yazmaq olar:

$$K_i^* = \begin{cases} \frac{(V_{k.d} - \sum V_{k.d.\zeta}) + (V_{k.q} - \sum V_{k.q.\zeta})}{V_q - \sum V_{q.\zeta}}, & P_{lay.i} \geq P_{rk}, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ \frac{(V_{k.d} - \sum V_{k.d.\zeta}) + (V_{k.q} - \sum V_{k.q.\zeta}) + (\sum V_{k.r} - \sum V_{k.r.\zeta})}{V_q - \sum V_{q.\zeta}}, & P_{lay.i} < P_{rk}, \quad i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (10)$$

Burada: $\sum V_{k.d.\zeta}$, $\sum V_{k.q.\zeta}$ və $\sum V_{q.\zeta}$ - uyğun olaraq hər hansı i pilləsinə qədər hasil edilən dispersləşmiş kondensatın, qalıq kondensatın və qazın cəm həcmidir (standart şəraitə gətirilmiş);

$\sum V_{k.r}$, $\sum V_{k.r.\zeta}$ - i pilləsində retroqrad çökmüş kondensatın və həmin kondensatdan çıxarılan hissənin cəm həcməlidir (standart şəraitə gətirilmiş).

Qazkondensat yataqlarının işlənməsi zamanı laydan hasil edilən qarışıqın tərkibindən asılı olaraq, lay sistemi mürəkkəb şəkildə dəyişir. Deməli, lay sisteminin faza diaqramı da müntəzəm dəyişməyə məruz qalır və bu, layın kondensat amilindən, qalıq kondensatın miqdarından, sistemin fraksiya tərkibindən asılı olur. Lay sisteminin fraksiya tərkibinin qeyri-müntəzəm dəyişməsi dispers fazanın

dayanıqlığına və dispers mühitin dispersləşdirmək qabiliyyətinə mənfi təsir göstərərək retroqrad itkiləri artırır.

5. *Məsaməli mühitin təsirindən yaranan fəsadlar.* Qeyd edildiyi kimi lay şəraitində retroqrad kondensləşmə daha yüksək təzyiqlərdə baş verir. Belə ki, lay sistemi retroqrad kondensləşmədən yüksək təzyiqdə (PVT bombasında təyin edilmiş) olduqda süxur səthinin və lay təzyiqi retroqrad kondensləşmə təzyiqindən kiçik olduqda isə ağırlaşmış dispers hissəciyə qravitasiya qüvvələrinin təsiri nəticəsində yaranan kondensləşmələr bir-birindən fərqlənirlər.

Məlumdur ki, tükənmə zamanı təzyiqin düşməsi ilə əlaqədar olaraq aerosolun səthini doyduran molekulara təsir edən qüvvələrin əvəzləyicisi (F_m) dispers mühitin sıxlığının azalması ilə əlaqədar olaraq artır və səthdə olan molekulalar aerosolun mərkəzinə doğru istiqamətlənir. Bu o deməkdir ki, lay təzyiqinin azalması ilə aerosolun sıxlığı və səthi gərilməsi - $\sigma_{q.k}$ (qaz-kondensat sərhəddində) artır. Belə olduqda tükənmə zamanı dispers hissəciyin çökmə və digər eyni tərkibli hissəciklərlə birləşmək şəraiti yaxşılaşır. Belə bir aerosolun süxur səthi ilə toxunması zamanı səth münasibətləri daha mürəkkəb şəkildə dəyişir. Əgər, süxur səthinə toxunmamış səth enerjisini - $E_{q,k}$, süxur səthi ilə toxunduqdan sonra toxunma sahəsində yaranan səth enerji fərqi - $\Delta E_{s,k}$, süxurla toxunan səthdə səthi gərilməni - $\sigma_{s,k}$ və süxurla toxunma səthinin sahəsini kürənin seqmentinin sahəsi ilə əvəz etsək, onda yekun səth enerjisini (E) aşağıdakı kimi yazı bilərik:

$$E = E_{q,k} - \Delta E_{s,k} = 4\pi r^2 \sigma_{q,k} - 2\pi r h (\sigma_{q,k} - \sigma_{s,k})$$

buradan,

$$E = 2\pi r (2r\sigma_{q,k} - h(\sigma_{q,k} - \sigma_{s,k})) \quad (11)$$

Bu münasibətlər üçün alınan nəzəri ifadədən məlum olur ki, kondensat hissəciyinin süxur səthi ilə toxunma sahəsində onun səth enerjisi artır və səthi gərilmə azalır. Burada yekun səth enerjisi aerosolun süxur və qaz mühiti ilə səthi gərilmələri arasında fərqdən və aerosolun süxur səthi ilə təmas seqmentinin hündürlüyündən (h) asılı olur. Aerosol formasından asılı olaraq h parametri süxurun kondensatla islanma qabiliyyətini xarakterizə edir. Onun sıfıra yaxınlaşması toxunan sahənin sıfıra yaxınlaşması deməkdir və bu da

süxurun hidrofilye olmasını, əksinə h -in artması süxurun hidrofilyləşməsi deməkdir.

Aparılmış çoxsaylı eksperimentlərin təhlilindən məlum olmuşdur ki, mühitin məsaməliyi yalnız müəyyən qiymətə qədər (burada 25-30 % intervalında) diferensial kondensləşmə prosesinə təsir edir. Bu qiymətdən sonra məsaməliyin artması hasil edilən kondensatın miqdarına nəzərəcarpacaq dərəcədə təsir etmir və proses boş qabda olduğu halə yaxınlaşır. Aşkar edilmişdir ki, süxurun xüsusi səthinin təsiri müxtəlif temperaturlarda oxşar xarakterə malik olur və məsaməliyin müxtəlif intervalında müxtəlif olur. Məsələn: məsaməlik ≥ 30 % olduqda hasil edilən kondensatın miqdarı cəmi 6,5 % azalırsa, < 30 % olduqda, diferensial kondensləşmə nəticəsində çıxan kondensat 20 %-ə qədər azalmış olur. Buradan digər bir nəticə əldə edilir ki, əgər süxurun xüsusi səthi $150000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ -dən kiçik olarsa diferensial kondensləşmə prosesinə nəzərəcarpacaq təsir etmir. Beləliklə, yekun olaraq qeyd etmək olar ki, süxurun xüsusi səthinin böyük olması təmas sahələrinin böyük olmasına səbəb olur və digər tərəfdən, süxurun hidrofilye (kvars, gips, və s.) olması adsorbsiya prosesini sürətləndirir və tükənmə prosesinə mənfi təsiri artırır. Aparılmış tədqiqatlardan məlum olmuşdur ki, layın qeyri-bircinslilik dərəcəsi artdıqca quyudibi zonada yaranan kondensat halqasının radiusu, süxurun kondensatla doyma dərəcəsi və mayenin çökmə sürəti artır. Bu amil həm də laya təsir üsulunun təsir müddətini azaldır.

Real yataq şəraiti ilə müqayisə etmək üçün “Bulla-dəniz” yatağı timsalında hesablamalar aparılmışdır. Hesablamaya görə lay təzyiqinin 6 MPa qiymətində layın kondensatverimi 32,96 % olacaqdır. PVT bombasında bu qiymət 40,76 % təşkil edir. Bu nəticələr məsaməli mühitin kollektorluq xüsusiyyətlərinin qazkondensat yatağının tükənmə prosesinə təsirinin əhəmiyyətli olduğunu və bu amilin layihələrdə nəzərə alınmasının vacibliyini göstərir.

6. *Lay temperaturunun tükənmə prosesinə təsiri və nəticələr.* Qazkondensat sistemləri dispers sistemlər olduğundan yüksək lay temperaturuna malik olan yataqlarda istismar göztəriciləri daha yüksək olur. Bu nəticə tükənmə zamanı lay sistemin entalpiyasının

dəyişməsi ifadələrindən də (izoxorik və izobarik proseslər üzrə) aydın görünür. Hər iki halda temperaturun artması daxili enerjini artırır. Lay modelində apardığımız eksperimentlərdə modelinin temperaturdan genişlənməsini nəzərə almasaq, prosesin izoxorik olduğunu qəbul edə bilərik. Bu zaman sistemə verilən əlavə istilik xarici qüvvələrə qarşı görülən işə deyil, sistemin daxili enerjisinə və texniki işə sərf edilir. Bu isə lay sisteminin dispers halının dayanıqlığını artırır. Əgər temperatur artımını izobarik proses kimi qəbul etsək, onda, təzyiqin potensial enerjisi həcmə genişlənməsi hesabına yarandığından dispers halda olan lay sisteminin sıxlığı azalır, yəni hissəciklər arasında məsafə artdıqda aerosolun dayanıqlı olması üçün çox vacib olan daxili potensial enerji azalmış olur. Aydın ki, dispersləşmiş sistemlərin temperaturunun artması dispers fazanın bölünməsi və xırdalanmasına səbəb olur və bu halda temperaturun izoxorik proses üzrə artması sistemin dayanıqlığını daha çox artırır.

Temperaturun artması kondensat-qaz-süxur fazalarının görüşmə səthində səthi gərilməni azaldır. Bu da, məsaməli mühit şəraitində dispers fazanın ayrılmasını və ya retroqrad kondensləşməni ləngidir. Eksperimental tədqiqatlara görə, temperaturun 1,5 dəfə artması lay modeli ilə PVT bombasında alınan yekun kondensatveriminin fərqlərini 2 dəfədən çox azaltmış olur. Ağır fraksiyalardan ibarət olan sistemlərdə isə bu nəticə daha yüksək olur. Belə ki, temperaturun 80°C-dən 110 °C-yə artması ilə, kondensatın sıxlığının 700 kq/m³-dən 800 kq/m³-a qədər artması hesabına itirilən kondensatın 9 %-ni hasil etmək mümkün olur. Bu, temperaturun təsirindən sistemin daxili kinetik enerjisinin artması, ayrı-ayrı komponentlərin buxarlanmaq qabiliyyətinin yaxşılaşması, sistemin retroqrad kondensasiya təzyiqinin azalması ilə yanaşı maye komponentlərin dispersləşməsi üçün şəraitin yaxşılaşması və süxur səthi ilə əlaqəli olan sorbsiya proseslərinin pisləşməsi hesabına yaranır.

7. Lay suyun tükənmə prosesinə təsiri və yaratdığı fəsadlar. Lay suyunun tükənmə prosesinə təsirini öyrənmək məqsədilə müxtəlif eksperimentlər aparılmışdır. Alınan nəticələrə əsasən lay modelində su ilə doymanın 40 %-ə qədər artması kondensatın sıxlığının, məsaməliyin və temperaturun qiymətlərindən asılı olaraq hasil edilən

cəm kondensatın miqdarını 32 %-ə qədər azaltması təyin edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, lay suyunun artması əsasən lay sisteminin maye-qaz nisbətinin artmasına səbəb olur. Apardığımız təcrübələrdə lay modelinin su ilə doymasının 0-dan 40%-ə qədər artması qaz fazasının vahid həcminə düşən mayenin ümumi həcmi 150 q/m³-dən 2937q/m³-ə qədər artırmışdır. Əlbəttə, dispers sistemlərin dayanıqlığına mənfi təsir üçün bu kifayət qədər böyük rəqəmdir və yataqlara su vurulması zamanı bu fəsadın aradan qaldırılması nəzərə alınmalıdır. Həmin tədqiqatlara əsasən, qalıq suyun qazkondensat sisteminin faza çevrilməsinə təsiri zamanı məsaməli mühitin rolu nəzərəcarpacaq deyildir. Belə ki, susuz mühitdə məsaməliyin 0,1912-dən 0,4012-yə artması zamanı kondensat hasilatı 17 % artırsa, məsaməliyin 40 % su ilə doyması zamanı bu rəqəm 22 % təşkil edir. Məlum olur ki, diferensial kondensasiya zamanı suyun buxarlanaraq hasil edilməsi kondensat itkilərini müəyyən qədər kompensasiya edir.

Nəzəri mülahizələrə və müəyyən təcrübi məlumatlara istinadən, təzyiqin izotermik azalması ilə retroqrad çökmüş kondensatdan və sərbəst qalıq sudan qazın ayrılması baş verir. Bu zaman kondensatdan ayrılan qazın miqdarı çox olduğundan kondensat-qaz sərhədindəki səthi gərilmə su-qaz arasında səthi gərilməyə nisbətən daha çox artır. Bu o deməkdir ki, təzyiq azaldıqca kondensat-su təmas müstəvisində səthi gərilmə də azalır. Müəyyən termobarik şəraitdə (yüksək lay temperaturu və s.) “kondensat suda” emulsiyaların yaranmasına da səbəb ola bilər. Bu sonrakı mərhələlərdə çökmüş kondensatın çıxarılmasını bir qədər də çətinləşdirə bilər və bu yüksək qalıq suya malik olan yataqların tükənmə və suvurma rejimlərində işlənməsi zamanı nəzərə alınmalıdır.

Üçüncü fəsildə qazkondensat yataqlarında təzyiqin lay sisteminin retroqrad kondensasiya təzyiqindən yüksək və ya ona bərabər təzyiqdə saxlanılmaqla işlənməsinin ümumi prinsipləri, çətinlikləri və bu çətinliklərin aradan qaldırılması yolları araşdırılmışdır. Ədəbiyyatlardan məlum olan bir sıra praktiki, təcrübi və riyazi simulasiya məlumatları təhlil edilərək mövcud problemlərin müasir səciyyəsi araşdırılmış, əldə edilən məlumatlar əsasında tədqiqatların istiqaməti müəyyənləşdirilmişdir.

Qazkondensat yatağının kondensat və qaz ehtiyatlarının nəzəri olaraq bütünlüklə hasil edilməsinə imkan yaradan ən ideal üsul qaz saykling üsuludur. Bu üsul ilə işlənən yataqların məlumatlarını digər tədqiqat işlərinin nəticələri ilə birgə təhlil etsək, qazın laya bu şəkildə vurulmasının bir sıra əlamətlərini xüsusi olaraq qeyd etmək olar: 1) qazkondensat sisteminin birfazlı və ya ilkin termodinamiki halının saxlanması; 2) layın ilkin vəziyyətində layda olan karbohidrogen mayenin hərəkətə gətirilməsi və ya buxarlandırılması; 3) lay sisteminin kondensat amilinin daimi olaraq azalması və uyğun olaraq qaza görə faza keçiriciliyinin yaxşılaşması; 4) işlənmənin ilkin anında iqtisadi xərclərin yüksək olması; 5) yatağın geoloji vəziyyətindən və kollektorluq xüsusiyyətindən asılı olaraq qaz vuran quyuların sayının artması; 6) yerüstü avadanlıqların mürəkkəbliyi və bahalılığı. Bu amillər laya qaz vurulmasının əsas əlamətlərini təşkil edir və qazvurmanın termodinamiki modelini yaradanda da bu amillər ciddi şəkildə nəzərə alınır.

Bu sahədə aparılmış təcrübələr göstərir ki, vurulan qazı layda dövr etdirməklə çökmüş kondensatı tamamilə buxarlandırmaq olar. Lakin sonrakı tədqiqatlara əsasən, müəyyən olunmuşdur ki, lay təzyiqinin elə qiyməti vardır ki, bu həddə qədər çökən kondensatı quru qazla sirkulyasiya dövrlərindən asılı olmayaraq tam həll etmək mümkün olmur və kondensat yataqda qalır. Burada, lay sistemində ağır komponentlərin miqdarının və tərkibinin, yeni işçi agentlərin, onların laya vurulması zamanı yaranan yeni qarışıqlar və bu qarışıqların fiziki-kimyəvi və termodinamiki xassələrinin öyrənilməsi vacibliyi meydana çıxır. Bunu nəzərə alaraq, çıxan qazın yenidən laya vurulması zamanı layda baş verən faza nisbətlərinin dəyişməsinə baxılmışdır.

Nəzəri olaraq göstərilmişdir ki, qaz saykling üsulu ilə işlənməsi zamanı qazkondensat yatağı tədricən qaz yatağına çevrilir. Lakin alınan nəticələrə əsasən söyləmək olar ki, lay təzyiqinin qismən saxlanması yolu ilə aşağıdakı üstünlüklərə nail olmaq olar:

1) Hasil edilən qazın bir hissəsi istifadəcilərə verilməklə xərclərin bir hissəsini azaltmaq və mənfəəti artırmaq olar.

2) Laya vurulan qazın azaldılması qazvurma sistemlərinin

etibarlılığını artırır və fasiləsiz iş rejimini təmin edir.

3) Lay təzyiqinin azalması texnoloji qurğuların işçi təzyiqini və qazvurma təzyiqinin azalmasına səbəb olduğundan yerüstü avadanlıqların təhlükəsiz istismarına, cari və kapital təmir xərclərinin azaldılmasına nail olmaq olar.

4) Yatağın işlənmə prosesinin müəyyən anında qazvurma prosesini tamamilə dayandırmaq və qaz rejimində işlənməni davam etdirmək olar.

Digər tədqiqatçılardan fərqli olaraq, lay təzyiqinin qismən saxlanması şərtilə laya qaz vurulması tərəfimizdən daha ətraflı şəkildə eksperimental tədqiqatlar vasitəsilə tədqiq olunmuş və işçi agentin seçilməsi prinsipləri müəyyənləşdirilmişdir.

Eksperimentlər standart qaydada PVT bombasında aparılmışdır. Təbii quru qaz balonundan, karbohidrogen kondensat konteynerindən və xüsusi hidravlik preslərdən istifadə etməklə PVT bombasında kondensat amili 200 q/m^3 olan qazkondensat sistemi yaradılır. Bütün eksperimentlər zamanı ilkin karbohidrogen sistemi otaq temperaturunda və 0,6 MPa təzyiq altında yaradılmışdır, lakin tədqiqatlar bir qayda olaraq 95°C temperaturda aparılmışdır. Eksperimentlər zamanı eyni sistemdən istifadə edildiyindən kondensasiya təzyiqi də eyni 28 MPa təyin olunmuş, sistemin ilk təzyiqi isə 30 MPa götürülmüşdür. Beləliklə, təzyiq diferensial kondensasiyanın birinci mərhələsinə uyğun olaraq 30 MPa-dan 25MPa-ya salınır, separasiya, deqazasiya qazlarından nümunələr götürülür və onların fiziki-kimyəvi xassələri təyin edilir, çıxarılan kondensatın miqdarı və onun fiziki xassələri öyrənilir. Bundan sonra PVT bombasında kondensat və qaz fazalarının tarazlığı gözlənilmə şərti ilə sistemin təzyiqi, xüsusi press vasitəsilə sıxılmış təbii quru qaz vurmaqla 30 MPa-ya qaldırılır. Bu zaman sistemin həcmi və temperaturu sabit saxlanılır. Yenidən termodinamik tarazlıq əldə edilir və əvvəlki qaydada 25 MPa-ya qədər diferensial kondensasiya aparılır. Bu dəfə də uyğun məlumatlar əldə edilir və bununla birinci eksperiment başa çatmış hesab edilir.

Növbəti eksperimentlər də yuxarıda şərh olunmuş qaydada, lakin təzyiqin digər pillələri üçün aparılmışdır. Məsələn, ikinci

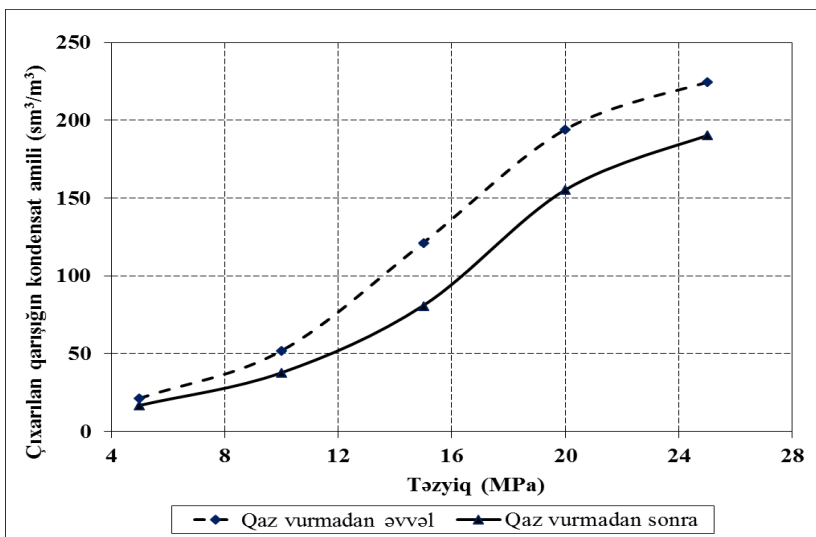
experimentdə (təzyiqin 25-20 MPa pilləsi üçün) təzyiq əvvəlcə 30MPa-dan 25 MPa-ya sonra isə 20 MPa-ya qeyd olunan metodika əsasında salınır, qaz vurmaqla 25 MPa-ya qaldırılır və yenidən 20MPa-ya diferensial kondensasiya edilir.

Beləliklə təzyiqin müxtəlif pillələrinə uyğun olaraq, təzyiqin 5MPa-ya qədər endirilməsi ilə beş eksperiment həyata keçirilmişdir. Təzyiqin müxtəlif pillələri üçün alınan bu məlumatlar iki müxtəlif diferensial kondensasiya prosesini – “qaz vurmada əvvəl” və “qaz vurmada sonra”-nı əhatə etdiyindən, sistemin adi tükənmə rejimini, qaz vurmaqla tükənmə rejimini və tükənmənin müxtəlif mərhələlərində qaz vurmanın effektivliyini tədqiq etməyə imkan vermişdir.

Eksperimentlərin nəticələrinin təhlili göstərmişdir ki, hər iki halda alınan nəticələr diferensial kondensasiya prosesini müəyyən edən klassik qanunauyğunluqlara uyğundur, yəni təzyiqin azalmasına uyğun olaraq çıxarılan qazın miqdarının artması, çıxarılan kondensatın və onun sıxlığının isə azalması müşahidə edilir. Eyni zamanda bombada çökən kondensatın miqdarı artdığından təzyiq pillələri üzrə çıxarılan kondensatın ilkin-ümumi kondensat ehtiyatına görə faizlə miqdarı azalmış olur.

Təzyiqin istənilən qiymətində qaz vurmada əvvəl çıxarılan qarışıqın kondensat amili qaz vurmada sonra alınan qiymətdən böyük olur. Bu fərq təzyiqin yuxarı qiymətlərində böyük olsa da, təzyiqin azalması ilə azalır və təzyiqin son pilləsində demək olar ki, bərabərləşir. Burada da qaz vurmada əvvəl PVT bombasında qalan sistemin vahid qaz həcmində düşən kondensatın qaz vurmada sonrakından böyük olduğu və təzyiq azaldıqca bu fərqin azalması görünür (qrafik 2).

İlk baxışdan ziddiyyətli görünən bu nəticənin səbəbləri də araşdırılmışdır. Məlumdur ki, ilkin kondensat amili $267,83 \text{ sm}^3/\text{m}^3$ -dir. Birinci pillədə təzyiq 30 MPa-dan 25 MPa-ya salınır. Bu zaman alınan qarışıqın kondensat amili $224,36 \text{ sm}^3/\text{m}^3$ -a qədər azalır. Aydınır ki, bu artıq kondensasiyanın başlanma səbəbindəndir, yəni sistemin retroqrad kondensasiya təzyiqi 28 MPa olduğundan artıq PVT-də çökmüş kondensat vardır və bunun hesabına çıxan qarışıqın kondensat amili azalır və əksinə, PVT-də qalan sistemin vahid qaz həcmində düşən kon-



Qrafik 2. Qazvurmadan əvvəl və sonra çıxarılan qarışıqın kondensat amilinin təzyiqdən asılı olaraq dəyişməsi

kondensatın miqdarı (ümumilikdə-qaz və maye fazasında olan kondensatın cəm miqdarı nəzərə alınmaqla) artmış olur.

Deməli, 25 MPa-da sistemdə artıq maye və qaz fazaları mövcuddur və ilkin olaraq daha ağır komponentlər kondensasiya etdiyindən çökmüş kondensatın sıxlığı da nisbətən böyükdür. Bundan sonra PVT bombasına qaz vurulur və təzyiq 30 MPa-ya qaldırılır. Sistemə əlavə qaz vurulduğundan bombadakı sistemin vahid qaz həcminə düşən kondensat miqdarı $274,34 \text{ sm}^3/\text{m}^3$ -dan $238,68 \text{ sm}^3/\text{m}^3$ -a qədər azalmış olur. Belə sistemin retroqrad kondensasiya təzyiqi isə 26,8 MPa təyin olunmuşdur ki, bu da ilkin sistemə nisbətən 1,2 MPa azdır.

Sistem yenidən diferensial kondensasiya edildikdən sonra 25MPa-da çıxarılan qarışıqın kondensat amilinin azalmasına baxmayaraq, PVT-də qalan sistemin vahid qaz həcminə düşən kondensatın miqdarı da kiçilmiş olur. Beləliklə, bu hadisələr bütün təzyiq pillələrində təkrarlanır. Lakin təzyiqin kiçik qiymətlərində qaz vurmaqla buxarlandırma nisbətən zəif olduğundan təzyiqin aşağı pillələrində qaz vurmadan əvvəl və sonrakı nəticələr bir-birinə daha çox yaxın olur.

Göründüyü kimi, qaz vurmadan sonra çıxarılan kondensatın

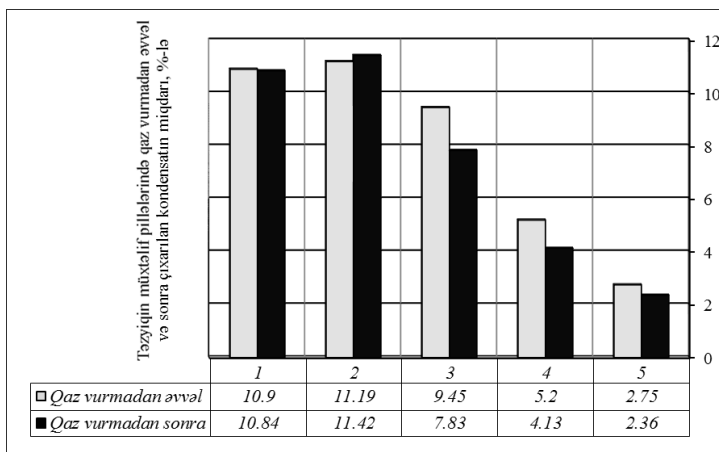
sıxlığı həmişə böyük olur, lakin sıxlıqlar arasında bu fərq təzyiq azaldıqca azalır. Bu böyük təzyiqlərdə vurulan qazın karbohidrogen kondensatı daha yaxşı buxarlandırmaq qabiliyyətindən irəli gəlir. Beləliklə, alınan təhlillərə əsasən aşağıdakı nəticələri qeyd etmək olar:

1. Laya quru təbii qazın vurulması zamanı lay sistemini təşkil edən yüngül qaz komponentlərinin miqdarı artır, yatağın kondensat amili və ya qazın vahid həcminə düşən kondensatın həcmi azalır və nəticədə karbohidrogen mayenin dispersləşməsi yaxşılaşır. Beləliklə, lay sisteminin retroqrad kondensasiya təzyiqi azalmış olur. Buna görə də lay sistemini birfazlı halda saxlamaqla yatağı qismən tükənmə rejimində istismar etmək mümkün olur;

2. Qazkondensat yataqlarının lay təzyiqinin qismən saxlanması rejimində işlənməsinin lahiyələndirilməsi zamanı lay sisteminin tərkibinin, maye və qaz fazalarının nisbəti, işçi agentin çökmüş kondensatın dispersləşdirmək qabiliyyəti və retroqrad kondensasiya təzyiqinin dəyişməsi diqqətdə saxlanılmalıdır. Eyni zamanda bu amillərin idarə edilmə üsulları müəyyən edilməlidir.

Laya qazvurma lay sisteminin retroqrad kondensasiya təzyiqindən aşağı təzyiqlərdə başlayarsa, vurulan işçi agent lay sistemlə qarışdıqda çökmüş ağır komponentləri dispersləşdirmək qabiliyyətinə malik olmalıdır. Bundan əlavə, çökmüş kondensatın qaz vurma ilə buxarlandırılması lay təzyiqinin yüksək qiymətlərində daha səmərəlidir. Bunu bir daha təsdiq etmək məqsədi ilə ayrı-ayrı təzyiq pillələrində çıxarılan kondensatın, hər pillədə diferensial kondensasiyaya başlamazdan əvvəl PVT bombasında olan stabil kondensatın həcminə nisbəti tədqiq olunmuşdur. İstər qaz vurmada əvvəl və istərsə də sonra diferensial kondensasiya zamanı təzyiqin yuxarı pillələrində kondensat verimi – təzyiq intervalında çıxarılan kondensatın ilkin kondensat ehtiyatına olan nisbəti daha böyük olur və təzyiqin azalması ilə onun da azalması izlənilir (qrafik 3).

Bu hadisə tükənmə rejiminə xas olan bir xüsusiyyətdir. Lakin nəticələrdə bir qədər fərqli tendensiya müşahidə edilir, yəni verilmiş təzyiq intervalında çıxarılan kondensatın, həmin intervalda diferensial kondensasiya başlamazdan əvvəl PVT-də olan stabil kondensatın həcminə nisbətən faizlə miqdarının təzyiqin ikinci pilləsində, yəni (25-

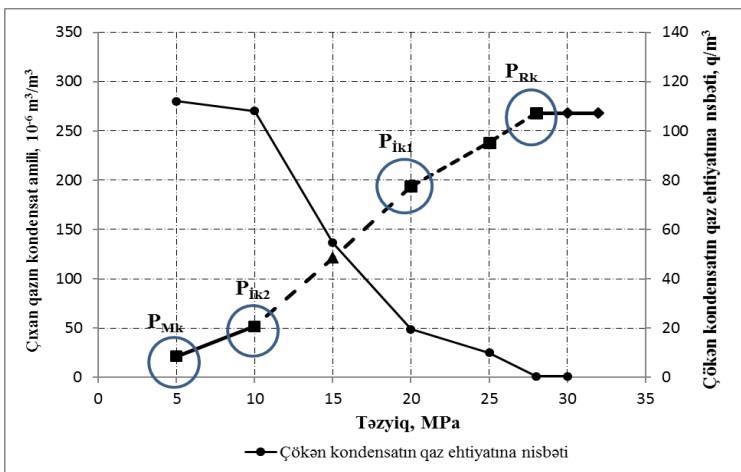


Qrafik 3. Təzyiqin müxtəlif pillələrində qaz vurmada sonra və əvvəl çıxarılan kondensatın faizlə miqdarı. Burada: 1 (30-25 MPa); 2 (25-20 MPa); 3 (20-15 MPa); 4 (15-10 MPa) və 5 (10-5 MPa) təzyiq intervallarıdır

20 MPa) həcminə nisbətən faizlə miqdarının təzyiqin ikinci pilləsində, yəni (25-20 MPa) intervalında artması müşahidə edilir. Bu artım istər qaz vurmada əvvəl və həm də sonra müşahidə olunur. Tədqiq olunan ilkin sistemin kondensasiya təzyiqi 28 MPa olmasına baxmayaraq, diferensial kondensasiya zamanı kondensatın çökməsi əsasən 20 MPa-dan aşağı təzyiqlərdə intensivləşir. Alınan nəticələrdən görünür ki, çıxarılan kondensatın əsas kütləsi təzyiqin 30-20 MPa intervalına təsadüf edir. Elə bu səbəblərdən də təzyiqin qeyd olunan intervalında qaz vurmanın effektivliyi daha yüksək olur.

Ümumiyyətlə, diferensial kondensasiya zamanı ayrı-ayrı təzyiq pilləsində hasil edilən qazın kondensat amilinin təzyiqdən asılılığını yatağın işlənmə prosesinin müxtəlif mərhələsində qrafiki şəkildə ifadə etmək olar. Aparılmış eksperimental tədqiqatlar əsasında bunu qrafiki şəkildə qrafik 4-dəki kimi göstərmək olar.

Burada, çıxan qazın kondensat amili ilə yanaşı “layda” qalan kondensatın ümumi qaz ehtiyatına olan nisbətinin dəyişməsi də verilmişdir. Hər iki asılılıqdan göründüyü kimi təzyiqdən asılı olaraq dəyişməni müxtəlif xarakterə malik düz xətlər şəklində göstərmək olar. Deməli, başlanğıc və ya ilkin təzyiq - P_{ilk} (bu halda 30 MPa) retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük olduğu üçün təzyiq parça-



Qrafik 4. Qazkondensat sisteminin diferensial kondensasiyası zamanı maye və qaz fazalarının dəyişmə qanunauyğunluğu (P_{Rk} -retroqrad kondensasiya, P_{Ik1} -kondensasiyanın intensivləşməsi, P_{Ik2} -intensiv kondensasiyanın son və P_{Mk} -maksimal kondensasiya təzyiqlərinin qiymətləridir)

larını $|P_{ilk} P_{Rk}|$, $|P_{Rk} P_{Ik1}|$, $|P_{Ik1} P_{Ik2}|$, və $|P_{Ik2} P_{Mk}|$ kimi yazmaq olar.

$|P_{ilk} P_{Rk}|$ - parçasında çıxarılan qazın kondensat amili sabit qalır. Diferensial kondensasiya zamanı mayenin qazdan ayrılması baş vermədiyindən sistemin vahid həcmə düşən maye və qazın həcmnin azalmasına baxmayaraq, qazın kondensat amili sabit qalır. Bu səbəbdən təzyiqin bu intervalında layə təsir etmək və “lay” təzyiqini bu intervalda saxlamaqla maksimal qaz və kondensat hasilatına nail olmaq olur.

$|P_{Rk} P_{Ik1}|$ - parçasında retroqrad kondensasiya başlayır və nisbətən ağır komponentlərin çökməsi baş verir. Bu intervalda hasil edilən kondensatın ümumi kondensat ehtiyatına görə cəm miqdarı 20,87 %, qazvurmada sonra isə, 22,26 % olmuşdur. Çıxarılan qazın kondensat amili $208,681 \text{ m}^3/\text{m}^3$, qalan sistemin kondensat amili isə $281,9 \text{ m}^3/\text{m}^3$ -na qədər qalxır və qaz vurmada sonra bu parametrlər uyğun olaraq $170,62 \text{ m}^3/\text{m}^3$ və $250,51 \text{ m}^3/\text{m}^3$ qədər azalır. Bu rəqəmlər göstərir ki, “lay sistemin” bu təzyiq intervalında malik olduğu təzyiq, temperatur və tərkib qaz fazasının dispersləşdirmək qabiliyyətini daha da yaxşılaşdırır. Bu isə qaz fazasının, yəni dispers mühitin ağır komponentlərlə daha zəngin olmasından irəli gəlir.

Nəticələrdən göründüyü kimi “lay” təzyiqini bu intervalda saxlamaqla da maksimal qaz və kondensat veriminə nail olmaq olar.

$|P_{Ik1} P_{Ik2}|$ - parçasında hasil edilən kondensatın ümumi ehtiyata nisbətən cəm miqdarı 11,22 %, qazvurmada sonra isə 11,96 % təşkil edir. Çıxan qazın kondensat amili $86,46 \text{ sm}^3/\text{m}^3$, qalan sistemin kondensat amili $402,95 \text{ sm}^3/\text{m}^3$ olur. Bu isə əvvəlki təzyiq intervalına nisbətən iki dəfə pisləşmə deməkdir. Qazvurmada sonra bu parametrlərin qiyməti uyğun olaraq $59,1 \text{ sm}^3/\text{m}^3$ və $379,52 \text{ sm}^3/\text{m}^3$ olur. Bu isə, “layda” qalan sistemin tam dispersləşməsi üçün lazım olan təzyiqin 45 MPa-dan yüksək olması deməkdir. Qazın yenidən vurulması qaz fazasının nəmliyini azaltdığından çökmüş mayenin həll edilməsi bir o qədər də səmərəli olmur. Bu səbəbdən, bu intervalda təzyiqin saxlanılması belə, müəyyən kondensat itkiləri ilə nəticələnir.

$|P_{Ik2} P_{Mk}|$ - parçasında hasil edilən kondensatın miqdarı qaz vurmada əvvəl 1,87 %, qazvurmada sonra isə 2,32 % olur. Bu zaman bombada qalan sistemin kondensat amili $1146,05 \text{ sm}^3/\text{m}^3$ olur ki, bu da çökən kondensatın buxarlandırılması üçün əlverişli termobarik şərait deyildir. Qazın vurulması ancaq yüngül komponentləri buxarlandırıldığından çıxan kondensatın sıxlığı kəskin azalır ($686,2 \text{ kq/m}^3$), qalan kondensatın sıxlığı isə artır (736 kq/m^3). Bu da prosesin səmərəli olmadığını göstərir.

Ekspəriməntlər əsasında belə nəticə alınır ki, laya qaz qarışığı ilə təsirin lay sisteminin retroqrad kondensasiya ilə “intensiv kondensasiyanın başlaması” təzyiq intervalında - $|P_{Rk} P_{Ik1}|$ başlanması daha səmərəlidir. Eyni zamanda, bu məlumatlar sübut edir ki, laya qaz vurmanın qeyd edilən intervalda başlanması ilə lay təzyiqinin tam saxlanması və ya tam qaz saykinq prosesinin nəticələrinə bərabər səmərənin əldə edilməsinə nail olmaq olar.

Bütün bunlarla yanaşı lay təzyiqinin qismən saxlanması zamanı işçi agentin digər vacib əlamətləri də nəzərə alınmalıdır. Tərəfimizdən aparılan tədqiqatlara əsasən burada iki amilin mühüm əhəmiyyətə malik olması müəyyən edilmişdir:

1) laya vurulan işçi agent lay təzyiqinin düşmə tempinin idarə edilməsi ilə yanaşı, çökən kondensatın buxarlandırması və ya istismar quyusuna doğru süzülməsini təmin etmək üçün karbohidrogen

kondensatda yaxşı həllolma qabiliyyətinə malik olmalıdır;

2) işçi agentin vurulması zamanı lay enerjisinin tükənməsi də nəzərdə tutulduğundan, işçi agent yüksək daxili enerjiyə malik olmalıdır. Bu, çökmüş kondensatın yenidən dispersləşməsi ilə yanaşı dispers fazasını təşkil edən maye komponentlərin qaz mühitində qalma dayanıqlığını təmin etməlidir.

Aparılmış tədqiqatlara əsasən müəyyən olunmuşdur ki, əgər qazkondensat sisteminin tərkibində kondensatda daha yaxşı həll olan və onu daha yaxşı dispersləşdirə bilən qaz komponentləri (göstərilən halda CH_4 və CO_2) olarsa, onda dispers faza öz dayanıqlığını daha kiçik təzyiqlərə qədər saxlayır və diferensial kondensasiya zamanı daha çox kondensatın hasil edilməsinə şərait yaranır. Deməli, lay təzyiqinin qismən saxlanılması zamanı işçi agentin tərkibinə nəzarət etməklə lay sisteminin dispers halını idarə etmək olar.

Dördüncü fəsildə qazkondensat yataqlarında quyudibi zonanın müxtəlif tərkibli qazlarla işlənməsi nəzəri və eksperimental tədqiqatlar vasitəsilə araşdırılmış və onun səmərəliliyinin artırılması yolları təklif edilmişdir.

Aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, layda çökmüş kondensatın müxtəlif tərkibli qazlarla buxarlandırılması mümkündür. Araşdırılan məsələlər fiziki-termodinamiki fundamental xarakterə malik olduğundan, tədqiqatlar kənar amillərdən təcrid edilmiş PVT bombasında həyata keçirilmişdir.

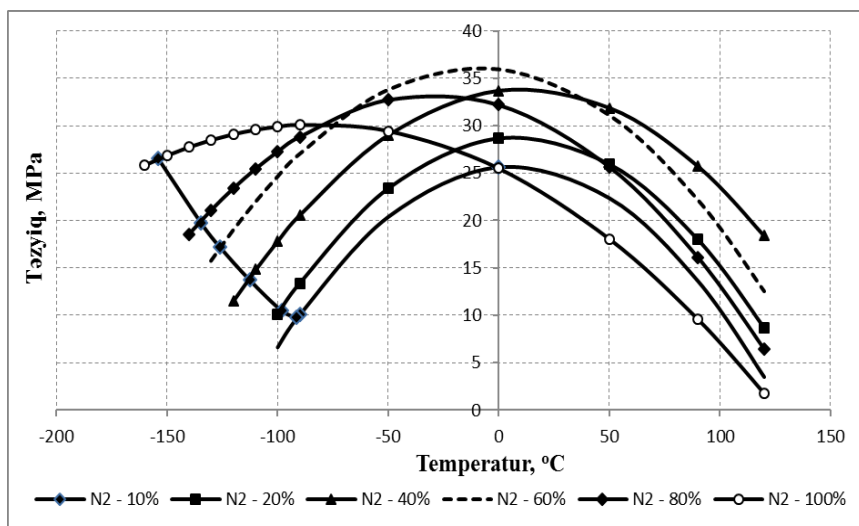
İlk növbədə, layda çökmüş kondensatın çıxarılması məqsədilə işçi agent kimi azot qazının təsiri tədqiq olunmuşdur. Sistemin yaradılması üçün “Bulla-dəniz” qazkondensat yatağının 46 saylı quyusunun nümunələrindən istifadə edilmişdir. Yaradılmış qazkondensat sistemi 100 °C temperaturda kontakt kondensasiya proseduru üzrə tədqiq edilmişdir. Təbii sistem üçün retroqrad kondensasiya təzyiqi 22,8 MPa və maksimal kondensasiya təzyiqi isə 12-14 MPa intervalında təyin edilmişdir. Çökmüş kondensatın buxarlandırılması təzyiqin 12 MPa qiymətində, təxminən maksimal kondensasiyanın aşağı sərhədində aparılmışdır. Termodinamiki tarazlıq halında həmin təzyiq və temperaturda qaz fazası tədricən xaric edilmişdir. Qaz fazası xaric edilməklə bərabər tərkibində azotun

miqdarı 10, 20, 40, 60, 80 % olan təbii qaz qarışığı və sonda 100 % azot qazı ilə əvəz edilmiş, yaradılmış yeni sistemə uyğun kontakt kondensasiya prosesi təkrar edilərək kontakt izotermi və retroqrad kondensasiya təzyiqi təyin edilmişdir. Bundan sonra kondensat fazasının vahid həcmində həll olan qazın və qaz fazasının vahid həcmində dispersləşən kondensatın miqdarı təyin edilmişdir. 100 °C temperaturda 12 MPa təzyiqdə sistemin qaz fazası xaric edildikdən sonra həmin qaz qarışığı (dispersləşmiş kondensatdan azad edilmiş) təkrar sistemə qaytarılmışdır. Bu qayda ilə verilmiş işçi agentin çökmüş kondensatla 4 kontakt tsikli həyata keçirilmişdir. Alınan nəticələrdən belə məlum olur ki, qaz qarışığının tərkibində azotun miqdarı artdıqca dispersləşən kondensatın miqdarı və çökmüş kondensatda həll olan qazın miqdarı azalır. Azotun sistemin qaz fazasının tərkibindəki miqdarı 100 %-ə qədər artanda qazın kondensatda həll olması $118,3\text{m}^3/\text{m}^3$ -dan $74,8\text{m}^3/\text{m}^3$ -na qədər, qazda dispersləşən kondensatın miqdarı isə $35,8\text{ q/m}^3$ -dan $6,4\text{ q/m}^3$ -a qədər azalır. Alınan bu nəticə bizim əvvəlki fəsillərdə aldığımız nəticələrə uyğundur, yəni işçi agentin hər hansı mayeni dispersləşdirmək və bu dispers fazanı dispers mühitdə daha dayanıqlı saxlamaq üçün onun həmin mayədə həll olması yüksək olmalıdır.

Çökmüş kondensata təbii qazla təsir etdikdə 4 tsikl nəticəsində 23% kondensat əldə edilirsə, 100 % azotla bu cəmi 8 % təşkil edir. Lakin buna baxmayaraq azotun işçi agent kimi istifadə edilməsi üçün onun iki müsbət xüsusiyyəti meydana çıxmışdır: 1) onun qaz qarışığı tərkibində 20-30 % təşkil etməsi kondensatın dispersləşməsinə nisbətən az mənfi təsir edir; 2) təkrar təsir zamanı tsikllərdən asılı olaraq azotla buxarlandırılan kondensatın miqdarı demək olar ki, eyni olur.

Bu nəticələrdən qaynaqlanaraq, azot qazının karbohidrogen qarışıqların retroqrad kondensasiya təzyiqinə təsirinə baxılmış, qazkondensat sisteminin retroqrad kondensasiya təzyiqi temperaturun 15-115 °C intervalında azotun miqdarı 40-50 %-ə qədər artdıqda artdığı, lakin azotun miqdarı 40-50 %-dən artıq olduqda bu təzyiqin qiymətinin azalması müşahidə edilmişdir. Bu tədqiqatlarda alınan nəticələr fiziki-termodinamiki mahiyyətinə görə maraqlı olduğundan, tədqiqatlar davam etdirilmiş, xüsusi hesablama

proqramı vasitəsilə verilmiş azot tərkibli qazkondensat sisteminin böhran parametrləri hesablanmışdır. Məlum olmuşdur ki, sistemin böhran temperaturu və böhran həcmi azotun miqdarı artdıqca azalır. Hesablanmış böhran parametrləri eksperimental məlumatlarla birlikdə həll edilmiş və bu sistemlərin temperaturun daha geniş intervalında faza diaqramlarını hesablamağa imkan verən empirik tənlik əldə edilmişdir. Təyin edilmişdir ki, azot qarışıqlı təbii sistemin retroqrad kondensasiya təzyiqi temperatur intervalından asılı olaraq müxtəlif xarakterə malik olur. Bu effektin fiziki mahiyyəti ondan ibarətdir ki, verilmiş qarışığın tərkibində azotun miqdarının artması ilə həmin qarışığın P-T faza diaqramı sola – azotun fərdi P-T faza diaqramına doğru yığılır (qrafik 5).



Qrafik 5. Azot tərkibli təbii qaz qarışığının faza diaqramları

Lakin götürülmüş sistemin tərkibində ağır komponentlərin miqdarı sabit qaldığından və azotun artması qaz komponentlərinin əvəz edilməsi hesabına əldə edildiyindən, azotun artması ilə sistemin faza diaqramları müxtəlif xarakterə malik olur. Başqa sözlə desək, azot qazı yalnız dispers mühitin xassələrinə təsir edərək sistemin dayanıqlığını temperatur intervalından asılı olaraq fərqli şəkildə dəyişir.

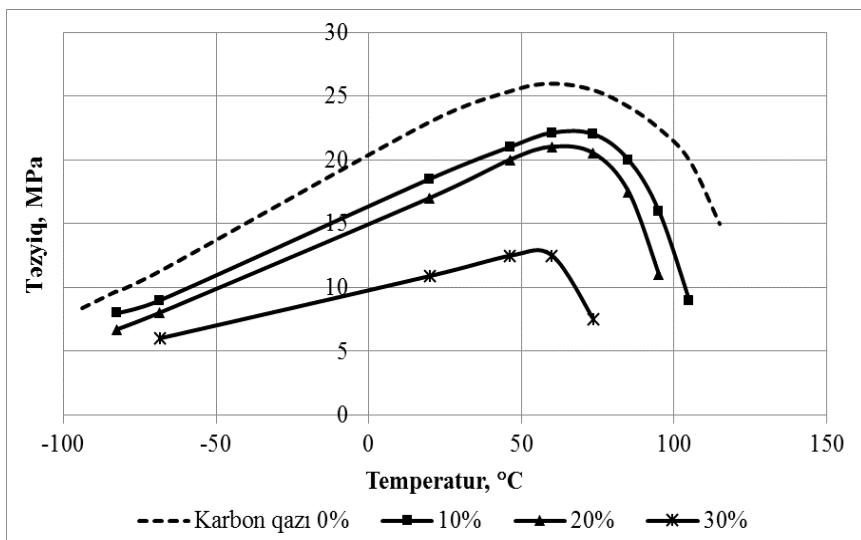
Növbəti tədqiqatlarda karbon qazının layda və quyudibi zonada çökmüş kondensatın buxarlandırmaqla çıxarılması məsələsi tədqiq olunmuşdur. Tədqiqatlara əsasən, karbon qazının digər qazlara nisbətən kondensatda daha yaxşı həll olması hesabına kondensatı buxarlandırmaq qabiliyyətinin daha yüksək olması müəyyən olmuşdur. Qeyd edək ki, burada bu komponentin qazkondensat sisteminin faza çevrilmələrinə təsiri ən mühüm amillərdən olması təyin edilmişdir. Bunu nəzərə alaraq azotla aparılan eksperimental tədqiqatlar CO₂ ilə də təkrar edilmişdir.

Alınan nəticələrdən belə məlum olur ki, qaz qarışığının tərkibində karbon qazının miqdarının 0-dan 30 %-ə qədər artması qaz fazasında dispersləşən kondensatın miqdarını 35,8-dən 42 q/m³-na qədər artırır. Bu, qazın karbohidrogen kondensatı yaxşı dispersləşdirmək qabiliyyəti, onun miqdarının artması ilə kondensat fazasında həll olan qazın artması ilə də təsdiq edilir. CO₂-nin qaz fazasında miqdarının 30 %-ə qədər artması kondensatın vahid həcmində həll olan qazın miqdarının 118,3-dən 145 q/m³-a qədər artmasına səbəb olur. Təbii qazla 4 tsikl nəticəsində 23 % çökmüş kondensat hasil edilirsə, 30 % CO₂ tərkibli qaz qarışığı ilə bu nəticə 33% təşkil edir. Lakin tsikllərin sayının artması buxarlanan kondensatın miqdarını azaldır. Bunu çökmüş kondensatın tərkibində yüngül fraksiyaların azalması ilə izah etmək olar.

Eyni zamanda karbon qazının faza keçid proseslərinə, xüsusən də retroqrad kondensasiya təzyiqinə təsiri qiymətləndirilmişdir. Bunun üçün eksperimental məlumatlardan istifadə edərək azotla olduğu kimi karbon qazı tərkibli sistemin böhran parametrləri hesablanmış və bunun əsasında uyğun faza diaqramları qurulmuşdur (qrafik 6).

Məlum olmuşdur ki, CO₂ daxil olduğu sistemin böhran təzyiqinin qiymətindən asılı olmayaraq, həmin təzyiqin qiymətini azaltmağa çalışır. Deməli, CO₂-nin qarışıqda miqdarının artmasının elə bir həddi vardır ki, həmin qiymətdən sonra qarışığın böhran təzyiqi artmağa başlayır, yəni sistemin böhran təzyiqi CO₂-nin böhran təzyiqinə yaxınlaşır.

Buradan belə nəticə çıxarmaq olar ki, istər azot və istərsə də karbon qazının qazkondensat sistemlərinin retroqrad kondensasiya



Qrafik 6. CO₂ tərkibli təbii qaz qarışığının faza diaqramları

təzyiqinə təsirini birmənalı qiymətləndirmək olmaz. Belə qarışıqların retroqrad kondensasiya təzyiqləri sistemin xüsusiyyətlərinin, böhran parametrlərinin dəyişməsi hesabına ayrı-ayrı temperatur intervalında müxtəlif şəkildə ola bilər. Ona görə də layda çökmüş kondensatın belə qazlarla buxarlandırılması zamanı, lay sisteminin tərkibinin müntəzəm dəyişməsi müşahidə olunduğundan yuxarıda göstərilən amilin nəzərə alınması əhəmiyyət kəsb edir.

Kondensatın müxtəlif tərkibli qazlarla buxarlandırılması üsulunun səmərəliliyinə işçi agentin fiziki xüsusiyyətlərinin təsiri də tədqiq olunmuşdur. Tədqiqatlar standart qaydada PVT bombasında, tərkibində müxtəlif miqdarda qeyri karbohidrogen qazlar (CO₂ və N₂) olan yeddi müxtəlif tərkibli qaz qarışıqları ilə aparılmışdır. Verilmiş bu qaz qarışıqlarını xarakterizə edən termodinamiki və fiziki parametrlərdən - böhran temperaturu, böhran təzyiqi, asentirik faktor, mütləq və nisbi sıxlıqları, sıxılma əmsalından istifadə etməklə müxtəlif tərkibə malik işçi agentlərin çökmüş kondensatın buxarlanmasında daha böyük əhəmiyyət kəsb edən parametrləri qiymətləndirilmişdir ki, bu da səmərəli işçi agentin seçilməsinə və onun lazım olan parametrlərinin idarə edilməsinə imkan yaratmışdır.

Məlum olmuşdur ki, işçi agentin böhran temperaturunun artması, böhran təzyiqinin və böhran sıxılma əmsalinin azalması onun çökmüş kondensatı buxarlandırmaq qabiliyyətini yaxşılaşdırır, lakin buxarlanan kondensatın miqdarının işçi agentin böhran həcmindən asılılığını birmənalı qiymətləndirmək olmur. Götürülmüş komponentin böhran temperaturunun yüksək olması onun maye xüsusiyyətlərinə yaxınlaşması deməkdir. Deməli, daha çox maye xassələrinə malik olan komponentlər dispersləşmiş fazanı daha dayanıqlı saxlayır. Bu isə əlbəttə, molekulyar və daxili sürtünmə qüvvələrinin yüksək olması ilə əlaqələndirilə bilər.

Qazın nisbi sıxlığının artması onun mayeni dispersləşdirmək və ya dispers fazanı özündə saxlamaq qabiliyyətini artırır. Çünki sıxlığın artması vahid həcmdə olan molekulların sayını artırır. İşçi agentin asentrik faktoru isə, buxarlanan kondensatın miqdarının artmasına səbəb olur.

Çökmüş kondensatın buxarlandırılmasında istifadə olunan işçi agentin böhran parametrləri onun səmərəli olması haqqında əsas informasiya daşıyan mühüm amillərdir. Verilmiş qazların böhran temperaturunu, təzyiqini və böhran nöqtəsindəki sıxılma əmsalını hesablamaq və alınan qiymətləri müqayisə etməklə retroqrad çökmüş karbohidrogen kondensatı buxarlandırmaq və dispers fazanı asılı vəziyyətdə saxlamaq qabiliyyətini əvvəlcədən qiymətləndirmək olar.

Çökmüş kondensata təbii qazla təsir etməklə hasil edilməsinin lay modelində də tədqiq olunmuşdur. Məsələn mühitin və qalıq suyun çökmüş kondensatın “quru” təbii qazla dispersləşdirilməsi məsələlərinə ayrı-ayrılıqda baxılmışdır.

Məsələn mühitin təsiri öyrənilərkən alınan nəticələrin PVT bombasında alınmış nəticələrlə müqayisəsi, məsələliyin - m (vahidin hissəsi), temperaturun - t (°C), kondensatın sıxlığının - ρ (kq/m³) və qalıq suyun miqdarının - φ (%) prosesə təsirinin öyrənilməsinə nəzərə alaraq, eksperimentlərin sayının optimallaşdırılması məqsədilə kombinasiyon kvadratlar üsulundan istifadə edilmişdir. Bu parametrlər arasında asılılıqlar müəyyən edilmiş və aşağıdakı ifadə alınmışdır:

$$\gamma = \frac{0.36}{19.124m - 2.63} - 0.01(0.1\varphi + 1)^2 - 0.015\rho + 0.025t + 10.09 \quad (12)$$

Bu ifadənin nisbi xətası hesablanmış və verilmiş parametrlərin dəyişmə intervalında nisbi xətanın 3 %-i aşmadığı müəyyən edilmişdir. Buna əsaslanaraq verilmiş ifadəni qənaətbəxş hesab etmək olar.

Lay modelində diferensial kondensasiya 6 MPa-da başa çatdıqdan sonra “laya” qaz vurulur və təzyiq 8 MPa-ya qədər artırılır. Termodinamiki tarazlıq halının bərpasından sonra yenidən 6 MPa-ya qədər diferensial kondensasiya edilir.

Məsaməli mühitin diferensial kondensasiya prosesinə təsirini öyrənərkən təzyiq düşgüsünün hər pilləsində çıxarılan qazkondensat fazasının fiziki və kimyəvi xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Çıxarılan kondensatın miqdarı və sıxlığı, separasiya və deqazasiya qazlarının miqdarı, onların komponent tərkibi və sıxlıqları təyin edilmişdir.

Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, layın məsaməliyinin azalması və ya xüsusi səthinin artması hasil edilən kondensatın miqdarını azaldır. Belə ki, məsaməlik əmsalının 0,4-dən 0,19-a qədər azalması hasil edilən kondensatın miqdarını 25 %-ə qədər azaldır. Digər tərəfdən məlum olmuşdur ki, məsaməliyin 30 %-dən sonra artması prosesə təsiri nəzərə cərpacaq olmur.

Temperatur retroqrad çökmüş kondensatın dispersləşməsinə müsbət təsir edir. Belə ki, temperaturun 70 °C-dən 110 °C-yə artması zamanı dispersləşərək hasil edilən kondensatın miqdarı xətti qanuna uyğunluqla PVT bombasında 50 %-dən, lay modelində 30 %-dən çox artırır. Eyni zamanda, temperaturun verilən intervalda artması lay modeli ilə PVT bombasında baş verən dispersləşmə arasında fərqi azaldır.

İlkin anda yatağın kondensat hissəsinin sıxlığının 720 kq/m³-dən 780 kq/m³-a qədər artması lay modelindən təbii qazla təsir hesabına dispersləşib hasil edilən kondensatın miqdarını 25 % azaldır və PVT bombasına nisbətən lay modelində səthi adsorbsiya münasibətləri nəticəsində bu göstərici 2 dəfədən çox azalmış olur.

Beşinci fəsildə qazkondensat və qazkondensatneft yataqlarının komponentveriminin artırılması üçün ən geniş tətbiq olunan və ən səmərəli hesab olunan suvurma üsulunun, işlənmənin son

mərhələsində olan yataqlarda tətbiq edilməsi üçün təkmilləşdirilməsinə həsr edilmişdir.

Məlumdur ki, yüksək lay təzyiqi və temperaturuna malik qazkondensat yataqlarının işlənməsi əlavə təsir üsulları nəzərə alınmadan layihələndirilir. Bunun əsas səbəbi, belə termobarik şəraitdə laya təsir üsullarının böyük vəsait və mürəkkəb yerüstü avadanlıq tələb etməsidir. Lakin qazkondensat yataqlarının təbii rejimdə işlənməsi retroqrad proseslər hesabına bir sıra mürəkkəbləşmələrə və böyük sənaye əhəmiyyətinə malik karbohidrogen kondensatın layda itirilməsinə səbəb olur. İşlənmənin son mərhələsində lay təzyiqinin kifayət qədər azalması və yatağın 60%-dən artıq çökmüş maye kondensatla doyması süni təsir üsullarının tətbiqini ləğv edir. Eyni zamanda bu termobarik şərait yatağın yüngül neft yatağı kimi süni təsir üsulları ilə istismar edərək son kondensatveriminə ciddi təsir edilməsinə imkan yaradır.

Lay təzyiqinin azalması, maye kondensata görə doymanın kəskin artması, qaza görə nisbi faza keçiriciliyinin kəskin azalması fonunda, qazkondensat yataqlarının son işlənmə mərhələsində, onların yüngül neft yataqları kimi, laya süni təsir üsulları ilə işlənməsi daha məqsədəuyğun hesab olunur. Təcrübə göstərir ki, lay təzyiqi azalmış yüngül neft yataqlarında, sıxışdırılan və sıxışdırılan mayələrin özlülüklərinin nisbətindən vahidə çox yaxın olması səbəbindən, neftvermə əmsalının artırılması üçün ən səmərəli təsir üsulu suurma üsuludur. Lakin qazkondensat yataqlarında keçiriciliyin 5 mD-dən 100 mD-yə qədər böyük bir intervalda dəyişməsi səbəbindən su konturunun porşenvari hərəkətini təmin etmək mümkün olmur. Layların zona xarakterli qeyri-bircinsliyi, yüksək keçiricilikli sahələrdə kiçik depresiyalarda belə, suyun hasilat quyularına daha sürətlə yol tapmasına zəmin yaradır. Belə zonalarda zəif keçiriciliyə malik sahələr isə təsirə məruz qalmır və hətta, yüksək depresiyalarda belə neftin və ya kondensatın hasilat quyularına doğru hərəkətini təmin etmək çətin olur. Yataq müxtəlif keçiricilikli, qeyri-bircins laylardan ibarət olduqda isə suurmağının əhatə əmsalı azalır və proses yalnız qısa müddətli müsbət nəticə verir.

İşlənmənin son mərhələsində olan, lay təzyiqi kəskin azalmış

qazkondensat yataqlarının yüngül neft yataqları kimi, laya süni təsir üsulu ilə işlənməsi və layların vurulan su ilə tam – qeyri-bircins linzavari sahələr də daxil olmaqla əhatə olunmasına nail olmaq üçün, layın yüksək keçiricilikli sahələrində vurulan suyun hərəkətini məhdudlaşdıran və zəif keçiricilikli sahələrə yönəldən yeni texnologiya işlənmişdir. Bu məqsədlə poliakrilamiddən və Azərbaycanın Daş Salahlı bentonit yatağından götürülmüş gil nümunələrindən istifadə edilməklə xüsusi polimer-dispers sistem hazırlanmışdır.

Polimer-dispers sistemlərin hazırlanması üçün gillərin keyfiyyətinə qoyulan: bentonit əmələ gətirən mineral olan montmorillonitin miqdarının 70 %-dən çox olması, suspenziyasının effektiv özlülüyünün 30 mPa·s-dan çox olması, 200 °C-ə qədər termostabilliyini qoruyub saxlaması, şişmə qabiliyyətinin 20-30 vahiddən çox olması kimi tələbləri ödəməsi səbəbindən, laboratoriya təcrübələrinin aparılmasında nano hissəciklərə malik Daş Salahlı gilindən istifadə etmək məqsədəuyğun hesab olunmuşdur.

Yeni tərkibə malik işçi agentin səmərəliliyinin laboratoriya şəraitində sınaılması üçün uzunluğu 1500 mm və diametri 30 mm olan silindrik borudan lay modeli kimi istifadə edilmişdir. Silindrik lay modeli kvarts qumu və kvarts tozu (külü) qarışığı ilə doldurulmuşdur. İlk təcrübədə lay modelinin keçiriciliyi $267 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$, məsaməliyi isə 26 % olmuşdur. Bütün təcrübələr qalıq və ya lay suyu nəzərə alınmadan, özlülüyü 6 mPa·s, sıxlığı 805 kq/m^3 olan yüngül neftdən və vurulan su kimi içməli sudan istifadə edilmişdir.

Qoyulmuş məsələ layda qalıq kondensatın su ilə sıxışdırılması olduğundan tədqiqat su-neft sistemləri kimi həll edilmişdir. Lay modelinin göstərilən istiqamətlər üzrə oxşarlıq meyarlarını təyin etmək üçün L-lay modelinin uzunluğu, k , m – məsaməli mühitin keçiriciliyi və məsaməliyi, ΔP - modeldə yaradılan təzyiqlər fərqi, μ -neftin özlülüyü, σ - səthi gərilmə və v - süzülmə sürəti kimi parametrlər π_1 və π_2 amillərinin avtomodel qiymətləri ($0,5$ və $0,5 \cdot 10^6$ uyğun olaraq) əsasında təyin edilmişdir.

$$\pi_1 = \frac{\sigma}{\Delta P_{\min} \sqrt{\frac{k}{m}}} \quad \text{və} \quad \pi_2 = \frac{\sigma L_{\min}}{k \Delta P_{\min}} \quad (13)$$

Göstərilən şərtlər daxilində parametrlərin minimal və maksimal qiymətləri (13) ifadələri əsasında hesablanmışdır.

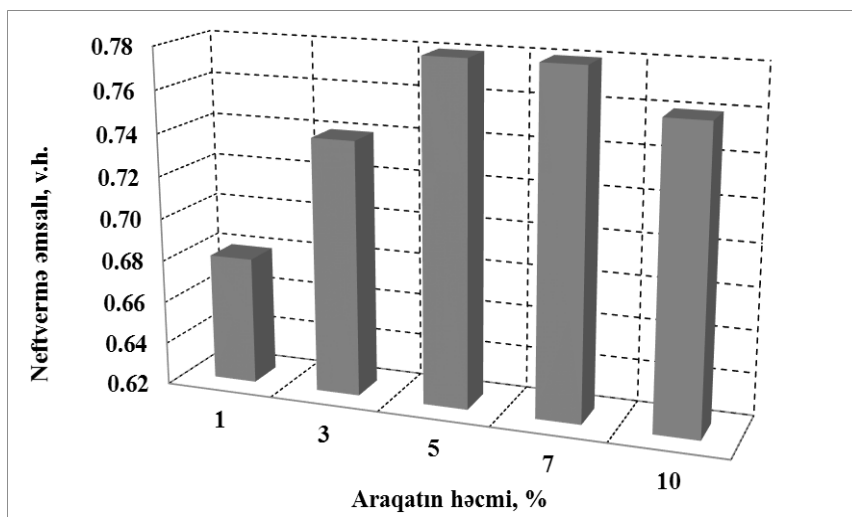
Lay modeli yüngül neftlə doldurulur. Modelin neft ilə tam doyması təsdiq edildikdən sonra temperaturun (otaq temperaturu) sabitliyi təmin edilir. Bundan sonra sabit termodinamiki parametrlər şəraitində və təyin edilmiş sabit təzyiqlər fərqiində neftin içməli su ilə sıxışdırılmasına başlanılır. Proses, alınan məhsulun 100% sulaşmasına qədər davam etdirilir. Beləliklə, lazım olan ölçmə işləri dəqiqləşdirilir və eksperimentin birinci mərhələsi başa çatmış hesab edilir.

İkinci mərhələdə, alınan məhsulu 100 % sulaşmış lay modelində sıxışdırma prosesi eyni temperatur, təzyiqlər fərqi, giriş və çıxış təzyiqləri sabit saxlanılmaqla yenidən davam etdirilir. Lakin bu dəfə ilkin olaraq, Daş Salahlı gili ilə içməli suda təyin olunmuş miqdarda (10 %-li məhlul) hazırlanmış gil məhlulu araqatı şəklində vurulur. Bundan sonra içməli sudan və poliakrilamiddən ibarət (0,5 %-li məhlul) təyin olunmuş həcmdə polimer sistem araqatının davamı kimi vurulur və daha sonra sıxışdırma prosesi eyni içməli su ilə alınan məhsul 100 % sulaşana qədər davam etdirilir. Birinci mərhələnin sonunda alınan məhsulun 100 % sulaşmasına baxmayaraq (neftvermə - 32 %), lay modelinə polimer dispers sistemi araqatı şəklində vurulduqdan sonra onun neftverimi kəskin şəkildə artır. Belə ki, ikinci mərhələdə alınan məhsul 100 % sulaşdıqdan sonra “layın” son neftvermə əmsalı 78 %-ə bərabər olur.

Tədqiqat zamanı əsas məsələlərdən biri də vurulacaq araqatının optimal həcmnin təyin olunmasıdır. Məlumdur ki, laya təsir zamanı araqatının həcmi laydan alınan əlavə məhsulun maya dəyərinin artmasına səbəb olarsa, təbii ki, ümumi üsulun səmərəliliyinə mənfi təsir göstərəcəkdir. Ona görə də bu amil təklif edilən üsula qoyulmuş əsas tələblərdən biri kimi tədqiq edilməlidir. Buna görə də sıxışdırılma prosesi, eyni xassələrə malik 5 lay modelində müqayisəli şəkildə aparılmışdır. Əvvəlcə, hər bir lay modelində sıxışdırmanın birinci mərhələsi (alınan məhsulun içməli su ilə 100 % sulaşması) eyni şəkildə başa çatdırılır. Sonra isə, hər bir lay modelinə Daş Salahlı gilinin 10 %-li məhlulunun 0,01, 0,03, 0,05, 0,07 və 0,1 məsaməli mühit həcmi qədər müxtəlif miqdarda araqatı vurulur, lakin polimer

(poliakrilamid) məhlulunun həcmi (0,1 məsaməli mühit həcmində) və qatılığı (içməli suda 0,5 %) sabit saxlanılmışdır. Beləliklə, sıxışdırmanın ikinci mərhələsi yuxarıda şərh edilən qaydada başa çatdırılır. Prosesin sonunda hər beş modelin son neftvermə əmsalları təyin edilmişdir. Nəticələrə əsasən məlum olmuşdur ki, araqatı həcmnin 5 %-ə qədər artması ilə son neftvermə əmsalı artır. Lakin araqatı həcmnin 5 %-dən 7 %-ə qədər artması neftvermə əmsalının qiymətinə heç bir təsir göstərmir. Araqatı həcmnin sonrakı artımı isə prosesə mənfi təsir göstərir (qrafik 7).

Təcrübələr nəticəsində, işlənmənin son mərhələsində olan qazkondensat və ya qazkondensatneft yataqlarında layların keçiriciliyə görə qeyri-bircinsliliyini aradan qaldırmaq və vurulan suyun əhatə dairəsini genişləndirmək üçün tərkibi aşağıda göstərilən komponentlərdən ibarət polimer dispers sistemin tətbiqinin səmərəliliyi müəyyən olunmuşdur:



Qrafik 7. Araqatı həcmnin prosesin səmərəliliyinə təsiri

Poliakrilamid (polimer)	0,5-1,0 həcm % ilə
Daş Salahlı bentonit gili	4,0-8,0 həcm % ilə
İçməli su	qalanı

Sadə lay modelində aparılan tədqiqatlara əsasən müəyyən edilmişdir ki, xüsusi tərkibə malik - Daş Salahlı gili və poliakrilamid qarışığından hazırlanmış polimer dispers araqatı tətbiq edilməklə aparılan suvurma “layın” neftverimini adi suvurma üsuluna nisbətən 32 %-dən 78 %-ə qədər artırır.

Yatağın qeyri-bircinsliliyi nəzərə alınmaqla aparılan təcrübələrə əsasən, təklif edilən araqatının tətbiqi suvurma zamanı neft-su kontaktının hərəkətini tənzimləyərək suyun əhatə dairəsini artırır və layın qeyri-bircinsliyinin mənfi təsirini göstərilən halda 4,7 dəfə azaltmış olur.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində qazkondensat qarışıqları dispers sistemlər kimi qəbul edilərək onların faza münasibətlərinin lay modelində öyrənilməsinin vacibliyi sübut edilmiş və diferensial kondensasiya üsulu əsaslı şəkildə təkmilləşdirilmiş, təzyiqin düşmə tempinin termodinamiki müvazinət halına təsir etməməsi və avtomodel oblastına keçid qiyməti ($<1,66 \times 10^{-3}$ MPa/san) təyin edilmişdir.

2. Tükənmə rejimində işlənən bir sıra qazkondensat yataqlarının məlumatları əsasında diferensial kondensasiya zamanı dispersləşmiş lay sisteminin faza halına təsir edən parametrlər, onların dəyişmə intervalı təyin edilmiş və oxşarlıq meyarları əsasında qazkondensat yataqlarının tükənmə və çökmüş retroqrad kondensatın hasil edilməsi proseslərinin tədqiqi üçün xüsusi eksperimental qurğu və metodologiya yaradılmışdır.

3. Həyata keçirilmiş nəzəri və eksperimental tədqiqatlardan alınan nəticələr ümumiləşdirilərək qazkondensat yataqlarının tükənmə rejimində işlənməsi zamanı yaranan fəsadların: 1) lay təzyiqi və temperaturu; 2) dispers fazanın və mühitin fiziki xassələri; 3) qaz və maye fazalarının qarşılıqlı münasibətləri; 4) lay sisteminin tərkibi; 5) məsaməli mühitin xassələri; 6) lay suyunun miqdarı və xassələri kimi amillər nəzərə alınmaqla təsnifatı verilmişdir.

4. Yatağın tükənməsi zamanı lay sisteminin kondensat amilinin təzyiqdən asılılığı $K=f(P)$ nəzəri və eksperimental yolla araşdırılmışdır. $K>1$, $K=1$ və $K<1$ halları üçün lay sisteminin təzyiqdən asılı olaraq keçid nöqtələri aşkar olunmuşdur. Belə ki, qaz mayədə ($P \geq P_{dhd}$), maye qazda ($P_{rk} \leq P \leq P_{dhd}$) və ikifazlı (kondensat və qaz) halına keçid ($P \leq P_{rk} \leq P_{dhd}$) şərtləri müəyyən edilmişdir.

5. Lay sisteminin kondensat amili ilə lay təzyiqi arasında mütənasiblik əmsalı (α_p) və onun fiziki mahiyyəti qiymətləndirilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, bu parametrlər lay sisteminin dispers halının dayanıqlığını xarakterizə edir. Xüsusi tədqiqatlarla $\alpha_p = f(P)$ asılılığına əsasən qazkondensat qarışığının retroqrad və

maksimal kondensasiya təzyiqləri təyin edilmişdir.

6. Lay modelində aparılan tədqiqatlara əsasən müəyyən edilmişdir ki, layda temperaturunun artması isobarik və isoxorik proseslər üzrə baş verə bilər. Birinci halda təzyiqin potensial enerjisi (PV) həcmi genişlənməsi, ikinci halda isə daxili enerji və texniki iş (VdP) təzyiqin artması hesabına artır. Hər iki halda sistemdə dispers fazanın dayanıqlığı artır. Digər tərəfdən temperaturun artması kondensat-qaz-süxur fazalarının təmas səthində səth enerjisini artırır və səthi gərilməni azaldır. Bu da, retroqrad kondensasiyanı ləngidir. Bu səbəbdən eksperimental tədqiqatlara görə, temperaturun 1,5 dəfə artması lay modeli ilə PVT bombasında alınan yekun kondensatveriminin fərqini 2 dəfədən çox azaltmış olur.

7. Lay suyunun yatağın tükənmə rejiminə təsirini öyrənmək məqsədilə aparılmış tədqiqatlara əsasən lay modelində su ilə doymanın 40 %-ə qədər artması kondensatın sıxlığının, məsələliyin və temperaturun qiymətlərindən asılı olaraq, sistemin retroqrad kondensasiya təzyiqinin yüksəlməsi və maye-qaz nisbətinin artması hesabına hasil edilən cəm kondensatın miqdarı 32 %-ə qədər azala bilər. Lakin tükənmə zamanı suyun bir hissəsi buxarlanaraq hasil edildiyindən təzyiqin düşmə tempi azalır və kondensat itkisinin azalmasına səbəb olur.

8. Qazkondensat yataqlarının “qaz saykling” üsulu ilə işlənməsinin tədqiqat materialları təhlil edilmiş, çatışmazlıqları araşdırılaraq üsulun təkmilləşdirilməsi yolları göstərilmiş və lay təzyiqinin qismən saxlanması üsulu təklif edilmişdir. Nəzəri və xüsusi prosedur üzrə aparılan tədqiqatlar bu üsulun üstünlüklərini: 1) hasil edilən qazın bir hissəsini istifadəçilərə verməklə mənfəətin artırılmasının; 2) laya vurulan qazı azaltmaqla qazvurma sisteminin fasiləsiz iş rejiminin təmin edilməsinin; 3) lay təzyiqinin azalması texnoloji qurğuların işçi təzyiqi, cari və kapital təmir xərclərin azalmasına səbəb olmasının; 4) qazın vahid həcmində düşən kondensatın həcmi azalmasının və nəticədə karbohidrogen mayenin dispersləşməsinin yaxşılaşmasının; 5) lay sisteminin retroqrad kondensasiya təzyiqinin azalması və onun birfazlı halının idarə edilməsinin; 6) yatağın işlənməsinin müəyyən anında qazvurma

prosesini tamamilə dayandırılaraq qaz rejimində davam etdirilməsinin mümkün olmasını sübut etmişdir.

9. Eksperiment məlumatları əsasında belə nəticə alınmışdır ki, laya qaz qarışığı ilə təsirin lay sisteminin retroqrad kondensasiya ilə “intensiv kondensasiyanın başlaması” təzyiq intervalında - $|P_{Rk} P_{lk}|$ başlanması daha səmərəlidir və laya qazvurmanı qeyd edilən intervalda başlamaqla lay təzyiqinin düşmə tempinin və vurulan işçi agentin həcmnin düzgün idarə edilməsi ilə maksimal kondensat və qaz hasilatına nail olmaq olar.

10. Lay təzyiqinin qismən saxlanması üsulunun effektivliyini artırmaq məqsədilə xüsusi eksperimental tədqiqatlar aparılmış, işçi agentə qoyulan tələblər və səmərəli işçi agentin seçilməsinin prinsipləri müəyyənləşdirilmiş, daha səmərəli qeyri-karbohidrogen tərkibli təbii qaz qarışığı təklif edilmişdir.

11. Quydibi zonasına təsir zamanı işçi agentin səmərəliliyinin artırılması yolları tədqiq edilmiş və aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1) Müəyyən edilmişdir ki, azot qazı qarışıqlı qazkondensat sisteminin retroqrad kondensasiya təzyiqi temperatur intervalından asılı olaraq müxtəlif xarakterə malik olur. Əvvəlki nəticələrə zidd olan bu effektin fiziki mahiyyəti araşdırılmışdır. Aşkar edilmişdir ki, azot qazı qazkondensat quyusunun quydibi zonasının işlənməsi üçün istifadə edilərsə, onun səmərəliliyi quydibinin retroqrad kondensatla doyma dərəcəsindən, işçi agentin tərkibində azotun miqdarından, lay temperaturundan və quydibinə təsir tsikllərin sayından asılı olaraq təyin edilməlidir.

2) Müəyyən edilmişdir ki, CO₂-nin qaz fazasında miqdarının 30%-ə qədər artması kondensatın vahid həcmində həll olan qazın miqdarının 118,3-dən 145 q/m³-na qədər artmasına səbəb olur. Bu səbəbdən karbon qazı çökmüş kondensatı dispersləşdirmək qabiliyyətinə görə təbii qazı üstələyir, belə ki, təbii qazla 4 tsikl nəticəsində 23 %, çökmüş kondensat hasil edilərsə 30 % CO₂ tərkibli qaz qarışığı ilə bu nəticə 33 % təşkil edir. Lakin bu təsir tsikllərin sayından asılı olur. Digər tərəfdən karbon qazının təbii karbohidrogen sistemi tərkibində müəyyən qiymətdən (baxılan halda 70-80 %

intervalında) sonra artması sistemin böhran təzyiqinin qiymətini artırması məlum olmuşdur.

3) Təyin edilmişdir ki, işçi agentin böhran temperaturunun artması, böhran təzyiqinin və böhran sıxılma əmsalinin azalması onun çökmüş kondensatı dispersləşdirmək qabiliyyətini yaxşılaşdırır, lakin buxarlanan kondensatın miqdarı işçi agentin böhran həcmindən asılılığını bir mənalı qiymətləndirmək olmur.

4) Aşkar edilmişdir ki, işçi agentin seçilməsi zamanı fazaların qarşılıqlı həll olma dərəcəsi nəzərə alınmalıdır. Məsələn, məlumdur ki, karbohidrogen mayədə parafinli komponentlərin miqdarı artdıqca verilmiş termobarik şəraitdə həll olan qazın miqdarı da artır. Kondensatın tərkibində aromatik karbohidrogenlərin artması isə əksinə, həll olan qazın azalmasına səbəb olur. Kondensatın dispersləşdirilməsi prosesində bu kimi amillər mühüm faktorlardır.

12. Aparılan araşdırmalar aşkar etmişdir ki, çökmüş kondensatın işçi agentlə buxarlandırılmasına lay mühiti də təsir edir. Aparılmış eksperimental tədqiqatlardan aşağıdakı əsas nəticələr alınmışdır:

1) Layın məsaməliyinin azalması (0,4-dən 0,19-a qədər) və xüsusi səthin artması ($87 \cdot 10^3 \text{ m}^2/\text{m}^3$ -dan $660 \cdot 10^3 \text{ m}^2/\text{m}^3$ -a qədər) hasil edilən kondensatın miqdarını azaldır (25 %-ə qədər). Digər tərəfdən məlum olmuşdur ki, məsaməliyin 30 %-dən sonra artmasının prosesə təsiri nəzərə cərpacaq olmur.

2) Temperaturun artması retroqrad çökmüş kondensatın dispersləşməsinə müsbət təsir edir. Belə ki, temperaturun 70°C -dən 110°C -yə artması zamanı dispersləşərək hasil edilən kondensatın miqdarı xətti qanuna uyğunluqla PVT bombasında 50 %-dən, lay modelində 30 %-dən çox artırır. Eyni zamanda aşkar edilmişdir ki, temperaturun verilən intervalda artması lay modeli ilə PVT bombasında baş verən dispersləşmə arasında fərqi azaldır və nəticədə təbii qazla təsir nəticəsində bu mühitlərdən hasil edilən kondensat hasilatlarının nisbəti 2 dəfədən çox kiçilir;

3) Məlum olmuşdur ki, ilkin anda yataqdakı kondensat sıxlığının $720 \text{ kq}/\text{m}^3$ -dan $780 \text{ kq}/\text{m}^3$ -a qədər artması lay modelindən təbii qazla təsir hesabına dispersləşib hasil edilən kondensatın miqdarını 25 %

azaldır və PVT bombasına nisbətən lay modelində səthi adsorbsiya münasibətləri nəticəsində bu göstərici 2 dəfədən çox azalmış olur.

13. Müəyyən edilmişdir ki, məsaməli mühitin su ilə doymasının istənilən həddi kondensatın təbii “quru” qazla buxarlandırılmasına mənfi təsir göstərir, lakin bu onun fiziki-termodinamiki vəziyyətindən (buxar fazasında, süxur dənəciklərinin səthi ilə sıx əlaqədə və sərbəst maye fazasında olan su) asılı olaraq müxtəlif şəkildə ola bilər. Digər tərəfdən kondensatın sıxlığının azalması, məsaməliyin və temperaturunun artması isə qalıq suyun dispersləşməyə təsirini zəiflədir.

14. Qazkondensat və ya qazkondensatneft yataqlarının işlənməsinin son mərhələsində layda qalan və çətin çıxarılabilən maye karbohidrogenin hasil edilməsi məqsədilə xüsusi tərkibə malik - Daş Salahlı gili və poliakrilamid qarışığından hazırlanmış polimer dispers araqatı tətbiq edilməklə yeni suvurma üsulu təklif edilmiş və müəyyən edilmişdir ki, bu üsul “layın kondensatverimini” adi suvurma üsuluna nisbətən 32 %-dən 78%-ə qədər artırır.

Dissertasiya mövzusu üzrə nəşr olunmuş işlərin siyahısı:

1. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Абасов, Ш.Д., Гамидов, Н.Н. Влияние неуглеводородных компонентов на давление начала конденсации природных систем // Журнал «Газовая промышленность». Москва, 2000, январь, с.17-19.
2. Abasov, M.T., Abbasov, Z.Y., Hamidov, N.N. Studies related to the hydrocarbon condensate evaporation // Journal of Petroleum Science & Engineering, May 2000, Vol.26, Nos. 1-4, pp.151-156.
3. Abasov, M.T., Abbasov, Z.Y., Hamidov, N.N. Effect of Nitrogen and Carbon dioxide on the dew point value of natural systems / International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion, Bandung, Java, Indonesia. 2-6 July 2000.
4. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Джалалов, Г.И., Фейзуллаев, Х.А., Гамидов, Н.Н., Рзаева, В.Г. Моделирование процесса извлечения конденсата из призабойной зоны скважин «сухим» углеводородным газом / Материалы международной конференции “Краевые задачи аэрогидромеханики и их

- приложения”, посвященной 90-летию со дня рождения Г.Г.Тумашева. Казань. 21-24 ноября 2000 г. Том 7, стр.260.
5. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Джалалов, Г.И., Фейзуллаев, Х.А., Гамидов, Н.Н., Рзаева, В.Г. Повышение производительности газоконденсатных скважин обработкой их призабойных зон «сухим» углеводородным газом // Известия НАН Azerbaijan, Науки о Земле, 2000, №2, с. 6-11.
 6. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Гамидов, Н.Н. Исследование влияния углекислого газа в составе «сухих» углеводородных газов на испаряемость конденсатов // Известия НАН Azerbaijan, Науки о Земле, 2001, №2, с. 93-96.
 7. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Джалалов, Г.И., Фейзуллаев, Х.А., Гамидов, Н.Н., Рзаева, В.Г. Моделирование процесса обработки призабойной зоны скважин при фильтрации газоконденсатной смеси / Труды Республиканской научной конференции «Современные проблемы информатизации, кибернетики и информационных технологий». Баку, 28-30 апреля 2003 г, II том, с. 34-37.
 8. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Джалалов, Г.И., Фейзуллаев, Х.А., Гамидов, Н.Н., Рзаева, В.Г. Проблемы повышения производительности газоконденсатных скважин в поздней стадии разработки месторождений // Науч.-тех. журнал «Геология нефти и газа». Москва, 2003, №3, с.48-52.
 9. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Джалалов, Г.И., Фейзуллаев, Х.А., Гамидов, Н.Н., Рзаева, В.Г. Проблемы повышения производительности газоконденсатных скважин в поздней стадии разработки месторождений // Известия НАН Azerbaijan, Науки о Земле, 2003, №3, с. 10-16.
 10. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н. О влиянии неуглеводородных газов в составе газоконденсатных систем на давление начала конденсации // Известия НАН Azerbaijan, Науки о Земле, 2004, №1, с. 81-86.
 11. Nəmidov, N.N., Abdullayev, V.C. “Bulla-dəniz” və N.Nərimanov adına NQÇİ-lərdə qazın faza çevrilmələrinin tədqiqi /

“Xəzərneftqazyataq-2004” Elmi-təcrübi Konfransın məruzələri.
Bakı, 24-26 oktyabr 2004. s.148-151.

12. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н. Термодинамические особенности фазовых превращений углеводородных систем в условиях глубокозалегающих месторождений и их экспериментальное изучение / Материалы Международной Конференции «Фундаментальные проблемы разработки нефтегазовых месторождений, добычи и транспортировки углеводородного сырья», Москва, 24-26 ноября 2004 г. с.63.
13. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н. Термодинамические особенности фазовых превращений углеводородных систем в условиях глубокозалегающих месторождений и их экспериментальное изучение // АМЕА Geologiya İnstitutunun Əsərləri, 2005, №32, s.38-44.
14. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Джалалов, Г.И., Фейзуллаев, Х.А., Гамидов, Н.Н., Рзаева, В.Г. Метод повышения производительности газоконденсатных скважин обработкой их призабойной зоны газами различного состава // АМЕА Geologiya İnstitutunun Əsərləri, 2005, №32, s.80-88.
15. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н. Новое явление в фазовых превращениях газоконденсатных систем и его экспериментальное изучение // Доклады РАН, 2005, т.403, №3, с.370-372.
16. Abasov, M.T., Abbasov, Z.Ya., Fataliyev, V.M., Hamidov, N.N. A New Phenomenon in Phase Transformations of Gas-Condensate Systems and its Experimental Study // Doklady Earth Sciences of Russian Academy of Sciences, 2005, vol. 403A, №6, pp.858-860.
17. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Джалалов, Г.И., Фейзуллаев, Х.А., Гамидов, Н.Н., Фаталиев, В.М., Изабакаров, М. Влияние пористой среды на испаряемость конденсата при воздействии «сухим» углеводородным газом // Доклады РАН, 2005, т.405, №3, с. 368-370.
18. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Джалалов, Г.И., Фейзуллаев, Х.А., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Изабакаров, М.

- Экспериментальное изучение влияния пористой среды на испаряемость конденсата при воздействии «сухим» углеводородным газом // Известия НАН Азербайджана, Науки о Земле, 2005, №3, с. 39-45.
19. Гамидов, Н.Н., Фаталиев, В.М. Новое явление в фазовых превращениях газоконденсатных систем / Материалы IX Международного Энергетического Форума «Газ и нефть СНГ», Ялта, 14-16 сентября 2006 г., с.1-3.
 20. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Гамидов, Н.Н., Фаталиев, В.М., Мамедова, Г.Г. Экспериментальное исследование влияния растворимости в углеводородных конденсатах газов различного состава на показатели истощения газоконденсатной системы // Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле, 2006, №3, с. 64-69.
 21. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. Новое о фазовых превращениях при разработке газоконденсатных залежей / Российская нефтегазовая техническая конференция и выставка SPE, Москва, 3-6 октября 2006. с. 1-4. SPE-104348. (Abasov M.T., Abbasov Z.Ya., Fataliyev V.M., Gamidov N.N., Mammadova G.H. A New in Phase Transformations on Gas-Condensate Fields Development // Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/104348-RU, 2006, p. 1-4)
 22. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. Новое о механизме фазовых превращений в газоконденсатных системах // АНХ, 2007, №10, с. 21-28.
 23. Abasov, M.T., Abbasov, Z.Y., Fataliyev, V.M., Hamidov, N.N., Mammadova, G.H. About processing borehole zone of condensate wells to increase their productivity / SPE Romanian Conference “150 Years of the Romanian Petroleum Industry: Tradition & Challenges”, Bucharest 14-17 October 2007.
 24. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. О влиянии пористой среды на дифференциальную конденсацию и технологические показатели разработки газоконденсатной залежи // АНХ, 2009, №6, с. 19-22.

25. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. О фазовых превращениях при разработке газоконденсатных залежей // Доклады РАН, 2009, т.427, №6, с.802-805.
26. Fataliyev, V.M., Hamidov, N.N., Mammadova, G.H. Phase Transformations in Condensate Pool Development // Doklady Earth Sciences of Russian Academy of Sciences, 2009, Vol.427A, №6, p.939-942.
27. Əbdülhəsənov, A.Z., Abdullayev, V.C., Həmidov, N.N. Təbii qazın dənizdən sahilə nəqli zamanı baş verən faza çevrilmələrinin tədqiqi // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2010, №2, s.45-49.
28. Гусейнов, М.А., Абдуллаев, В.Д., Набиев, К.М., Гамидов, Н.Н. О создании гидродинамической модели и прогнозировании показателей разработки перспективной газоконденсатной структуры // SOCAR Proceedings, 2010, №1, с. 29-33.
29. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. К методике определения конденсатоотдачи газоконденсатных залежей // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию Атырауского института нефти и газа, Атырау, 30 сентября–1 октября 2010, с.128-137.
30. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. О параметре давления начала конденсации газоконденсатной смеси и методе его определения // «Нефтяное хозяйство», Москва, 2011, №2, с.97-99.
31. Абдуллаев, В.Д., Гамидов, Н.Н. Прогнозирование показателей разработки перспективной газоконденсатной структуры с помощью гидродинамической модели / Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы нефтегазового комплекса Казахстана», Актау, 23-25 февраля 2011, с. 256-258.
32. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. Экспериментальное изучение показателей воздействия на призабойную зону газоконденсатной скважины

- на различных стадиях ее эксплуатации // Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле, 2011, №2, с. 25-31.
33. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. Экспериментальное исследование влияния различных факторов на показатели процесса истощения газоконденсатной залежи // «Геология, Геофизика и Разработка Нефтяных и Газовых Месторождений». Москва, 2011, ВНИИОЭНГ. №3, с.65-68.
34. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. Уравнение дифференциальной конденсации газоконденсатной системы с учетом пластовых условий // АНХ, 2011, № 9, с.22-25.
35. Abasov, M.T., Abbasov, Z.Y., Fətəliyev, V.M., Nəmidov, N.N., Məmmədova, G.H. Qaz-kondensat qarışığının kondensasiyasının başlanma təzyiqi və onun təyini üsulu // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2012, №5, s. 30-34.
36. Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. Гасимова, Р.Д. О влиянии свойств газов на эффективность обработки призабойной зоны газоконденсатных скважин / Тезисы докладов II Международной научно-практической конференции «Новые технологии в нефтегазодобыче», Баку, 6-7 сентября 2012 г., с. 118.
37. Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. Изучение механизма образования микрозародышей конденсата и их влияние на фазовые показатели газоконденсатной залежи при разработке ее на истощение / Тезисы докладов II Международной научно-практической конференции «Новые технологии в нефтегазодобыче», Баку, 6-7 сентября 2012 г., с. 119.
38. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Маммадова, Г.Г. Гасимова, Р.Д. Изучение влияния критических свойств газов на процесс испарения углеводородных конденсатов // Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле, 2012, №3, с. 49-54.

39. Həmidov, N.N., Əliyev, S.A. Neft yataqlarının işlənməsində polimer-dispers sistemlərin tətbiqi // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2012, №11, s.23-26.
40. Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г., Гейдаров, О.И. Экспериментальное изучение влияния плотности выпавшего конденсата в пласте на показатели процесса его испарения // Известия НАН Азербайджана, Науки о Земле, 2013, №3, с.67-71.
41. Абасов, М.Т., Аббасов, З.Я., Фаталиев, В.М., Гамидов, Н.Н., Мамедова, Г.Г. Прикладные вопросы термодинамики при добыче нефти и газа. Баку: Nafta-Press, 2013, 212 с.
42. Гамидов, Н.Н., Фаталиев, В.М. Механизм образования микрозародышей конденсата и их влияние на показатели разработки газоконденсатного месторождения / Материалы XI Международной научно-практической нефтегазовой конференции. Кисловодск. 27-31 октября 2014 г, с.38-40.
43. Гамидов, Н.Н., Фаталиев, В.М. Влияния критических свойств газов на процесс испарения пластовых углеводородных конденсатов / Материалы XI Международной научно-практической нефтегазовой конференции. Кисловодск. 27-31 октября 2014 г, с.45-46.
44. Гамидов, Н.Н., Фаталиев, В.М. Влияние растворимости газов различного состава в углеводородном конденсате на параметры разработки газоконденсатных месторождений // SOCAR Proceedings, 2015, №4, с.36-40.
45. Hamidov, N.N., Fataliyev, V.M. Experimental study into the effectiveness of the partial gas cycling process in the gas-condensate reservoir development // Journal of Petroleum Science and Technology, 2016, v.34, iss.7, p.677-684.
46. Həmidov, N.N., Fətəliyev, V.M. Laya çökmüş kondensatın təbii qazla buxarlandırılmasına qalıq suyun təsirinin eksperimental tədqiqi // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2016, №10, s.23-27.
47. Abbasov, Z.Y., Fataliyev, V.M., Hamidov, N.N. The solubility of gas components and its importance in gascondensate reservoir

- development // Journal of Petroleum Science and Technology, 2017, v.35, iss.3, p.249-256.
48. Fataliyev, V.M., Hamidov, N.N. Effective “Vaporizer” for Recovering Retrograde Hydrocarbon Condensate from a Gas-Condensate Reservoir // International Journal of Petrochemical Science & Engineering, 2017, vol.2, iss.6, p.1-7.
49. Гамидов, Н.Н., Фаталиев, В.М., Салимова, С.А., Магеррамова, С.Д. Исследование влияния физико-термодинамических факторов на показатели разработки газоконденсатных залежей при давлениях, превышающих давление ретроградной конденсации // АНХ, 2018, №11, с. 22-27.
50. Джалалов, Г.И., Гамидов, Н.Н., Фаталиев, В.М. Экспериментальное изучение показателей воздействия «сухим» углеводородным газом на газоконденсатную залежь в зависимости от стадии ее эксплуатации / Материалы Международной научно-практической конференции «Современные методы разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами и нетрадиционными коллекторами», Атырау, 5-6 сентября 2019 г. I том, с. 158-166.
51. Гамидов, Н.Н. Исследование фазового состояния природных систем при высоких давлениях и температурах // Международный научно-исследовательский журнал Евразийского Союза Ученых, Москва, 2020, №3(72), I часть, с. 23-31.
52. Гамидов, Н.Н. Экспериментальное изучение некоторых аспектов испарения конденсата «сухим» углеводородным газом в бомбе PVT // Ежемесячный научный журнал Национальной Ассоциации Ученых, Екатеринбург, 2020, №27(54), 1 часть, с.17-22
53. Гамидов, Н.Н. Изучение воздействия на газоконденсатную залежь «сухим» углеводородным газом на различных стадиях разработки // SOCAR Proceedings, 2020, №2, с.23-29.
54. Гамидов, Н.Н. Исследование влияния составов газов на фазовые превращения газоконденсатных систем, с целью выбора оптимального состава рабочего агента для воздействия

- на пласт и призабойную зону / Материалы IV Международной научно-практической конференции «Булатовские чтения», Краснодар, 31 марта 2020 г., Сборник статей, Том 2, с. 120-125.
55. Həmidov, N.N. Azot qazının qazkondensat sistemlərinin faza münasibətlərinə və retroqrad kondensatın dispersləşdirilməsinə təsirinin tədqiqi // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, Bakı, 2020, №6-7, s. 36-41.
56. Həmidov, N.N. İşlənmənin son mərhələsində layda çökmüş yüngül karbohidrogen mayenin hasil edilməsi üçün rəasional suvurma üsulunun işlənməsi // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, Bakı, 2020, №11, s. 30-36.
57. Həmidov, N.N. Karbon qazının qazkondensat sistemlərinin faza çevrilmələrinə və retroqrad kondensatın dispersləşdirilməsinə təsirinin tədqiqi // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, Bakı, 2021, №4, s. 17-22.
58. Гамидов, Н.Н. Влияния составов газов на фазовые превращения газоконденсатных систем, с целью выбора состава рабочего агента для воздействия на пласт / Материалы Международной конференции «Инновационные подходы к развитию образовательно-производственного кластера в нефтегазовой отрасли». Ташкент, 30 апреля 2022 г, с. 302-303.

Yerinə yetirilən işlərdə iddiaçının şəxsi töhvəsi

[51-58] – işləri müstəqil yerinə yetirilib,
[27, 39, 49, 50] – məsələnin qoyuluşu, tədqiqatların aparılmasında və nəticələrin təhlilində iştirak,
[1-26, 28-38, 40-48] – məsələnin qoyuluşunda, tədqiqatların aparılmasında, nəticələrin təhlilində və çapa hazırlanmasında iştirak.



Dissertasiyanın müdafiəsi “21” iyun 2024-cü il tarixində saat 11⁰⁰-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.03 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1010, Bakı şəhəri, D. Əliyeva küç., 227

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Sənaye Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

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

Avtoreferat “15” may 2024-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 07.05.2024

Kağızın formatı: A5

Həcm: 80645

Tiraj: 100