

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
GEOLOGİYA VƏ GEOFİZİKA İNSTİTUTU**

Əlyazması hüququnda

VÜQAR MƏHƏRRƏM oğlu FƏTƏLİYEV

**DƏRİN QAZKONDENSAT YATAQLARI ŞƏRAİTİNDƏ
ÇOXKOMPONENTLİ KARBOHİDROGEN SİSTEMLƏRİNDƏ
BAŞ VERƏN FAZA ÇEVRİLMƏLƏRİNİN
FİZİKİ-TERMODİNAMİKİ ƏSASLARI**

2525.01 – “Neft və qaz yataqlarının işlənməsi və istismarı” ixtisası üzrə

Texnika elmləri doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim olunmuş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKI – 2018

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Geologiya və Geofizika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi: AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru, professor **Z.Y.Abbasov**

Rəsmi opponentlər: AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru, professor **E.M.Ramazanova**

AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru, professor **Q.M.Əfəndiyev**

AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru **G.M.Pənahov**

Aparıcı təşkilat: SOCAR "Neftqazəlmütədqiqatlayihə" İnstitutu

Dissertasiyanın müdafiəsi "3" dekabr 2018-ci il tarixdə saat "14⁰⁰"-da AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən D.01.081 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ1143, Bakı şəhəri, H.Cavid pr.119

Faks: (99412) 5372285

E-mail: gia@azdata.net

Dissertasiya işi ilə AMEA-nın Geologiya və Geofizika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat "24" oktyabr 2018-ci il tarixdə göndərilmişdir.

**D.01.081. Dissertasiya Şurasının
Elmi katibi, t.f.d.**



D.R.Mirzəyeva

İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

Mövzunun aktuallığı. Karbohidrogen yataqlarının istismarı zamanı termobarik şəraitin dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq faza çevrilmələri baş verir. Bu faza çevrilmələri buxar-maye fazaları arasında kütlə mübadiləsi hesabına təzahür etdiyindən, yataqlarda gedən fiziki-termodinamiki, fiziki-kimyəvi və hidrodinamiki proseslərdə fəal rol oynayaraq yataqların işlənmə göstəricilərinə əsaslı şəkildə təsir göstərirlər. Bu baxımdan tükənmə rejimində istismar olunan qaz-kondensat yataqlarında fiziki təbiətinə görə mürəkkəb xüsusiyyətlərə malik olan retroqrad kondensasiya prosesinin yaratdığı fəsadları misal göstərmək olar. Belə yataqlarda istismar göstəricilərinin yaxşılaşdırılması, çökmüş kondensatın yenidən hasil edilməsi və s. kimi problemlərin həll edilməsi üçün lay sistemlərinin faza münasibətlərinin xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi, ona təsir edən amillərin aşkar edilməsi və bu istiqamətdə nəzəri və təcrübi biliklərin, elmi əsasların inkişaf etdirilməsi əsas aktual məsələlərdən hesab edilir.

Məlumdur ki, mürəkkəb sistemlərdə yeni fazanın əmələ gəlməsi ərəfəsində ilkin olaraq həmin fazanın “rüşeymləri” yaranır və bu zaman sistemin fiziki və termodinamiki xassələri tamamilə dəyişir və fərqli xüsusiyyətlərə malik olur. Sistemin komponent tərkibindən, ayrı-ayrı fraksiyaların təbiətindən, faza çevrilməsini yaradan aparıcı parametrlərin dəyişmə tempindən, sistemin mövcud olduğu mühitdən və s. asılı olaraq bu keçid zonasının müddəti və xarakteri də dəyişə bilər. Bu halın karbohidrogen yataqlarının işlənilməsi və istismarı zamanı öyrənilməsi maraqlı doğuran termodinamiki məsələlərdəndir. Bu sahə müəyyən səviyyədə tədqiq edilsə də, qaz-kondensat yataqlarında baş verən faza çevrilmələri çox həssas və mürəkkəb prosesləri əhatə edir və eyni zamanda yataqların istismarının səmərəliliyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərən bir amildir. Bu baxımdan qaz-kondensat yataqlarının istismarı zamanı yaranan mikrorüşeymlər halının, onun təzahür etmə qanunauyğunluğunun və nəhayət, yataqların istismar göstəricilərinə təsirinin öyrənilməsi yataqların layihələndirilməsində və istismarında əsaslı əhəmiyyətə malik olur.

Demək olar ki, bütün karbohidrogen yataqlarında neft, qaz və ya kondensatla yanaşı, lay suları da mövcud olur. Yataqlar şəraitindəki yerləşmə vəziyyətindən və əlaqə formalarından asılı olaraq, bu sular bir-birindən fiziki və kimyəvi tərkiblərinə görə fərqlənilirlər. Bu səbəbdən yataqların istismar üsullarının təyin edilməsində, neft, qaz və ya kondensat ehtiyatlarının hesablanması, layda hərəkət qanunlarının və faza münasibətlərinin öyrənilməsində lay sularının, onların növünün, tərkibinin və xassələrinin nəzərə alınması vacib məsələlərdən biridir.

Yuxarıda göstərilənlər təsdiq edir ki, dissertasiya işində tədqiq edilən mövzular qaz-kondensat yataqlarının istismarında aktual məsələlərdəndir və onların həll edilməsi yataqların rəşional işlənilmə üsullarının yaradılmasında böyük əhəmiyyətə malikdir.

İşin məqsədi. Müxtəlif termobarik şəraitdə və mühitdə yerləşən mürekkəb tərkibə malik qaz-kondensat sistemlərində baş verən faza münasibətlərinin fiziki-termodinamiki mahiyyətinin öyrənilməsi, retroqrad kondensasiya ərafəsi və bu təzyiqdən yüksək intervallarda baş verən proseslərin tədqiq edilməsi, bu proseslərə təsir edən digər amillərin aşkar edilməsi, həmin amillərin təsir mexanizminin öyrənilməsi, nəhayət alınmış nəzəri və təcrübi tədqiqat nəticələrinin prespektivlərinin qiymətləndirilməsi və əsaslandırılması.

Tədqiqatın əsas məsələləri:

1. Qaz-kondensat sistemlərinin retroqrad kondensasiya ərafəsində maye fazasının mikrorüşeymlər halının pVT və lay modelində müqayisəli şəkildə tədqiqi;

2. Təzyiqin izotermik azalması zamanı retroqrad kondensasiya öncəsi qaz-kondensat sisteminin duman halı və onun fiziki-termodinamiki mahiyyətinin öyrənilməsi. Sistemin aerosol halına təsir edən amillərin, bu amillərin təsir mexanizminin və onun idarə edilməsi yollarının araşdırılması;

3. Təzyiqin izotermik azalması zamanı karbohidrogen sistemlərdə yaranan retroqrad kondensasiya prosesinə təsir edən amillər və onların fiziki-termodinamiki mahiyyətinin öyrənilməsi;

4. Karbohidrogen sistemlərdə baş verən faza çevrilmələrinin maye və qaz münasibətləri zəminində tədqiqi və onun yataqların istismarında əhəmiyyəti;

5. Retroqrad kondensasiya təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə lay sistemlərində baş verən fiziki-termodinamiki proseslərin və layda səpələnmiş maye kondensatın fiziki-termodinamiki mahiyyətinin tədqiqi;

6. Qaz-kondensat sistemlərinin retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük təzyiqlərdə yüksək dispersləşmiş qarışıqlar kimi təcrübi və nəzəri tədqiqi;

7. Lay şəraitində müxtəlif əlaqə formasında olan qalıq suyunun qaz-kondensat qarışığının faza münasibətlərinə təsirinin lay modelində və pVT bombasında müqayisəli şəkildə tədqiqi;

8. Lay sisteminin qrup komponent və fraksiya tərkibinin yataqların tükənmə rejimində istismar göstəricilərinə təsirinin təcrübi və eksperimental məlumatlar əsasında qiymətləndirilməsi.

Tədqiqat obyektı və ilkin informasiya. Araşdırmalar, əsasən, qaz-kondensat qarışıqlarının laboratoriya şəraitində həyata keçirilən eksperimen-

tal tədqiqatlarına əsaslanır. Bunun üçün "Bulla-dəniz" və "Günəşli" yatağına məxsus quyuların atqı xətlərindən və mədən separatorunun qaz və maye çıxışlarından götürülmüş qaz, kondensat və kvars qumu nümunələrindən istifadə edilmişdir. Eyni zamanda Azərbaycan, Rusiya, Orta Asiya və s. ölkələrin ərazilərində yerləşən qaz-kondensat və neft yataqlarının istismar məlumatlarından statistik təhlillər məqsədi ilə istifadə olunmuşdur. Bunlarla yanaşı, dünyanın bəzi aparıcı tədqiqat müəssisələrinin (Rusiya, Çin, ABŞ və s.) dərc etdiyi təcrübi nəticələrdən qarşılıqlı müqayisələrdə istifadə edilmişdir.

Qoyulmuş məsələnin həlli üsulları. Tədqiqat işində qoyulmuş məsələlər eksperimental və nəzəri üsullardan qarşılıqlı şəkildə istifadə olunmaqla həll edilmişdir.

Qaz-kondensat yataqlarının istismarı zamanı baş verən təbii proseslər oxşarlıq meyarları əsasında modelləşdirilmişdir. Təcrübi tədqiqatlar eksperimentlərin rəşional planlaşdırılması üsullarından istifadə edilməklə həyata keçirilmiş və nəticələr həmin üsulların tələbləri əsasında təhlil edilmişdir.

Yataq, quyu və digər təcrübi məlumatların emalı və ya statistik təhlilləri üçün riyazi statistik üsullardan, nəticələrin hesablanmasında isə tərtib edilmiş xüsusi kompüter proqramlarından istifadə edilmişdir.

Elmi yeniliklər.

- Retroqram kondensasiyanın başlanması ərəfəsində yaranan və "duman" formasında müşahidə edilən lay sisteminin aerol halı kolloid sistemləri səciyyələndirən qanunlar əsasında öyrənilmişdir. Onun dayanıqlığına təsir edən parametrlər tədqiq edilmiş və alınan nəticələrin praktik əhəmiyyəti qiymətləndirilmişdir.

- Retroqram kondensasiyadan yüksək təzyiqlərdə qaz-kondensat sisteminin yüksək disperslik halı və onun tərkibdən, yerləşdiyi mühitdən və termobarik şəraitdən asılı olaraq müxtəlif formalarda təzahür etməsi aşkar edilmişdir. Təyin olunmuşdur ki, lay sisteminin tərkibində yüngül fraksiyaların artması sabit temperaturda qaz mühitində dispersləşməni yaxşılaşdırır və dispers fazanın dayanıqlığını artırır.

- Məsələli mühitdə retroqram kondensasiyanın boş qaba nisbətən 20-25% böyük təzyiqlərdə, maye fazasının mikrorüşeymlər halında başlaması və retroqram kondensasiyadan yüksək təzyiqlərdən məsələliyin 5 dəfə azalmasının lay sisteminin kondensat amilinin 3 dəfədən çox azalmasına səbəb olması təyin edilmişdir.

- Qaz-kondensat sisteminin kontakt və diferensial kondensasiya tədqiqat üsulları təkmilləşdirilmiş və retroqram kondensasiya təzyiqinin pVT bombasında və lay modelində təyin edilmə dəqiqliyi artırılmışdır.

- Retroqrad kondensasiyadan böyük təzyiqlərdə layda mövcud olan səpələnmiş maye karbohidrogenin yaranma səbəbləri araşdırılmış və onun yaranma mexanizminin termodinamiki mahiyyəti izah edilmişdir.

- Retroqrad kondensasiyadan yüksək, birfazlı qaz halında termobarik şəraitdən asılı olaraq lay sisteminin “maye qazda” kolloid halından “qaz mayədə” halına və ya əksinə keçməsinin mümkünlüyü eksperimental tədqiqatlar vasitəsilə təsdiq edilmişdir.

- Müəyyən edilmişdir ki, lay sisteminin tərkibində olan su istənilən halda retroqrad itkiləri artırır. Lay suyunun qaz-kondensat sisteminin faza münasibətlərinə lay şəraitində yerləşmə vəziyyətindən asılı olaraq üç (sərbəst maye, buxar və əlaqəli su) formasının müxtəlif xarakterli təsirinə fiziki-termodinamiki mahiyyəti izah edilmişdir.

- Aşkar edilmişdir ki, lay sisteminin tərkibində maye karbohidrogendə həllolma qabiliyyəti yüksək olan qazların artması istismar göstəricilərinə və sistemin aerosol halının dayanıqlığına müsbət təsir göstərir.

Mudafiə olunan müddəalar.

1. Qaz-kondensat sistemlərində retroqrad kondensasiya ərəfəsində baş verən fiziki-termodinamiki proseslər və onların praktiki əhəmiyyəti.

2. Lay sistemlərində retroqrad kondensasiya təzyiqinin mahiyyəti və ona flüidin tərkibinin və yerləşdiyi mühitin təsiri.

3. Retroqrad kondensasiyadan yüksək termobarik şəraitlərdə baş verən faza münasibətlərinin lay sistemin kolloid əlamətləri nəzərə alınmaqla izahı və onların yataqların istismarında əhəmiyyəti.

4. Laydakı qalıq suyun qaz-kondensat qarışıqlarının faza çevrilmələrinə və yataqların işlənilmə göstəricilərinə təsiri.

5. Qaz-kondensat qarışıqlarının dispersləşmiş halına təsir edən amillər və onların idarə edilməsi yolları.

İşin təcrübi əhəmiyyəti və tətbiqi. Qaz-kondensat yataqlarının istismarı zamanı baş verən mürəkkəb faza çevrilmələrinin tədqiqinə dair təqdim edilən nəticələr Azərbaycan yataqları şəraitində tətbiq edilmişdir.

"Azərbaycanın dərinə yerləşən qaz-kondensat yataqları flüidlərinin termodinamiki və fiziki-kimyəvi xassələri üzrə avtomatlaşdırılmış məlumat bazasının işlənilib hazırlanması"-2/2010-2011 təsərrüfat hesablı işində "Bahar" və "Bulla-dəniz" yataqlarının termodinamiki və fiziki-kimyəvi xassələrinin təyin edilməsində istifadə edilmişdir. Faza münasibətlərinin tədqiqi sahəsində alınan bu fundamental nəticələrin qaz-kondensat yataqlarının rəşional işlənilmə layihələrinin hazırlanmasında geniş prespektivlərə malik olması müəyyən edilmişdir.

Qaz-kondensat sistemlərinin kolloid və ya aerosol xassələrinin öyrənilməsi və bu fiziki-kimyəvi və termodinamiki proseslərə təsir edən amillərin qanunauyğunluqlarının təyin edilməsi istiqamətində alınan nəticələr "Günəşli yatağı Balaxanı lay dəstəsinin qaz-kondensat quyularının məhsulunun fiziki-kimyəvi, termodinamiki xassələrinin eksperimental tədqiqi"-2/2008-2009 təsərrüfat hesablı işində uğurla istifadə edilmişdir. Alınmış nəticələrin qaz-kondensat quyusunun iş rejiminin, yerüstü avadanlıqların optimal iş rejimlərinin düzgün təyin edilməsində əhəmiyyətli olması göstərilmişdir.

Retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük təzyiqlərdə quyudibi zonada gedən proseslər və bu fiziki-termodinamiki hadisələrin quyunun iş rejiminə təsiri "Ümid" yatağının quyuları timsalında nəzərdən keçirilmiş və quyuağzı parametrlərin periodik dəyişmə səbəbləri izah olunmuşdur.

Tətbiq haqqındakı aktlar işə əlavə edilmişdir.

İddiəçının şəxsi rolu. Müəllif dissertasiya işində istifadə edilən nəzəri və eksperimental tədqiqatların hazırlanmasında və həyata keçirilməsində bilavasitə iştirak edərək 2004-cü ildən indiyə qədər aparılmış tədqiqatlarla və dərc edilmiş elmi əsərlərlə bağlı mövzuların seçilməsi, əsaslandırılması, tədqiqat üsullarının təyin edilməsi, alınan elmi nəticələrin təhlil edilməsi, hesabatların hazırlanması və s. kimi işləri həyata keçirmişdir.

Müəllif həm də dissertasiya işinin məzmununu təşkil edən "Yüksək təzyiqlərdə təbii karbohidrogen sistemlərinin faza çevrilmələrinin eksperimental və nəzəri tədqiqi" (2004-2007-ci illər), "Tərkibində su olan karbohidrogen sistemlərində faza çevrilmələrinin tədqiqi" (2007-2010-cu illər), "Qaz-kondensat yatağının işlənilmə göstəricilərinə məsaməli mühitin təsirinə eksperimental öyrənilməsi" (2011-2014-cü illər) və "Qaz-kondensat yataqlarında retroqrad kondensasiya zonasında baş verən proseslərin fiziki-termodinamiki xüsusiyyətlərinin tədqiqi" (2015-2018-ci illər) mövzuları üzrə AMEA-nın Geologiya və Geofizika İnstitutunun elmi-tədqiqat işlərinin həyata keçirilməsində məsul icraçı olmuşdur.

Dissertasiya işi üzrə yerinə yetirilmiş iki təsərrüfat hesablı (2/2008-2009 və 2/2010-2011) işlərin yerinə yetirilməsində, hesabatın hazırlanmasında və müdafiəsində müəllif bilavasitə icraçı müəlliflərdən biri kimi iştirak etmişdir.

İşin müzakirəsi. Dissertasiya işinin məzmununu təşkil edən əsas müddəalar aşağıdakı elmi konfranslarda və forumlarda müzakirə edilmişdir:

- IX Beynəlxalq Energetika Forumu "Газ и Нефть СНГ" (Yalta, 2006);
- SPE, "Российская нефтегазовая техническая конференция и выставка" (Moskva, 2006);

• 150 Years of the Romanian Petroleum Industry Tradition and Challenges, Technical Program (Buxarest, 2007);

• Международная научно-практическая конференция, посвященная 30-летию Атырауского института нефти и газа (Atırau, 2010);

• Международная научно-практическая конференция «Новые технологии в нефтегазодобыче», (Баки, 2012);

• VII Казахстанско-Российская международная научно-практическая конференция (Atırau, 2014);

• XI Международная научно-практическая нефтегазовая конференция (Kislovodsk, 2014);

• II Международная научно-практическая конференция "Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом" (Novosibirsk, 2015);

• AMEA-nın Geologiya və Geofizika İnstitutunun "Neft və Qaz yataqlarının işlənməsi və istismarı" seksiyasında, İnstitutun elmi şurasında və Yer elmləri sahəsi üzrə ümumrespublika elmi seminarında.

Lay sisteminin kolloid xüsusiyyətlərinə dair bəzi tədqiqat işləri AMEA-nın Rəyasət Heyəti tərəfindən tövsiyə olunan elmi-tədqiqat proqramları haqqında 5/3 sayılı 11 fevral 2015-ci il tarixli qərarı ilə "Geomexanikanın fənlərarası problemlərinin nəzəri və eksperimental tədqiqatlar kompleksi" mövzusunda layihəsi çərçivəsində həyata keçirilmiş, müzakirə edilmiş və Tomson bazasına daxil olan iki jurnalda (JNGSE və "Petroleum Science and Technology") dərc edilmişdir.

Dissertasiya işində alınmış əsas nəticələrdən üçü "AMEA-nın 70 illiyi" hesabatına (2015-ci il), beşi isə, AMEA-nın 2006, 2008, 2010, 2014 və 2016-cı illərdən ən mühüm nəticələrinə daxil edilmişdir.

Dərc edilmiş əsərlər. Dissertasiya işinin əsas məzmunu 44 elmi işdə, o cümlədən 1 monoqrafiyada, 37 elmi məqalədə və 6 konfrans tezisdə öz əksini tapmışdır.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, 5 fəsil, nəticə, 273 adda istifadə edilmiş ədəbiyyatdan və əlavələrdən ibarətdir. İş ümumilikdə 303 səhifə, o cümlədən 68 şəkil və 14 cədvəldən təşkil edilmişdir.

Müəllif işin bütün mərhələlərində ona məsləhətçi və dayaq olmuş mərhum akademik M.T.Abasovun ruhunu dərin minnətdarlıqla yad edir. O, elmi məsləhətçi və işin ərsəyə gəlməsində əvəzsiz zəhməti olan AMEA-nın müxbir üzvü Z.Y.Abbasova, eksperimentlərin həyata keçirilməsində və nəticələrin təhlilində yaxından iştirakına görə t.ü.f.d. N.N.Həmidova, t.ü.f.d. R.C.Qasımovaya, G.H.Məmmədovaya, T.A.Səlimovaya və işin tər-

tibatındakı köməyinə görə "Qaz-kondensat sistemlərində faza keçidləri və böhran halları" şöbəsinin əməkdaşları S.A.Səlimovaya və S.D.Məhərrəmovaya öz təşəkkürünü bildirir.

Müəllif eyni zamanda təbii proseslərin modelləşdirilməsinə dair məsələlərin həllində köməyinə və məsləhətlərinə görə AMEA-nın müxbir üzvü Q.İ.Calalova və t.e.d. X.A.Feyzullayevə öz minnətdarlığını bildirir.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Giriş hissədə qoyulmuş məsələnin aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi və elmi yeniliklər şərh edilmişdir.

Ümumiyyətlə, dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş məsələlərin hər birinə dair elmi tədqiqat işlərinin müasir səviyyəsi ətraflı şəkildə təhlil edilmişdir. Burada əsasən A.X.Mirzəcanzadə (Ə.S.Sadixzadə, T.A.Səmədov, A.M.Məmmədzadə, T.Ş.Salavatov, B.A.Süleymanov, E.E.Ramazanova, F.Q.Vəliyev, A.A.Süleymanov, F.A.Trebin. Q.İ.Zadora, N.M.Rəfibəyli, R.D.Babayev, M.S.Razamat, İ.M.Mardaxayev Abdel Moheym, M.Şaxiduz-zaman və b.) və M.T.Abasovun (Z.Y.Abbasov, Q.İ.Calalov, A.M.Quliyev, X.A.Feyzullayev, N.N.Həmidov və b.) məktəbinin alimləri tərəfindən həyata keçirilmiş tədqiqat işləri və eyni zamanda digər xarici ölkələrin alimlərinin (A.İ.Brusilovskiy, V.M.Buleyko, S.N.Zakirov, A.S.Velikovskiy, O.L.Kuznetsov, A.İ.Qritsenko, V.İ.Lapşin, Q.A.Zotova, D.V.İzyumçenko, Q.S.Stepanova, T.D.Ostrovskaya, A.Yu.Namiot, İ.M.İndrupskiy, V.V.Yuşkin, V.A.Nikolayev, V.S.Semenyakin, R.M.Ter-Sarkisov, M.Masket, D.A.Efros, D.Katz, F.Kurata, D.X.E.Gross, M.P.Roçard, J.S.Riçard, F.R.Safieva, Ya.İ.Frenkel, S.X.Uang, G.U.Yanq, E.Kamari, S.R.Şadizadeh, E.Berçik, M.Qassamipour, A.Haşemi, X.Elnaz, S.Yuan, C.Pope, S.Kokal, A.Şinta, A.Firoozabadi və b.) işləri istifadə edilmişdir.

Birinci fəsildə qaz-kondensat yataqlarının tükənmə rejimində istismarı zamanı lay təzyiqinin azalması ilə lay sistemində müşahidə olunan termodinamiki-fiziki proseslərin xassələrinin eksperimental yolla öyrənilməsinə və bu təzahürlərin nəzəri-elmi mahiyyətinin şərhinə cəhd edilmişdir.

Mövcud tədqiqat işləri ətraflı şəkildə təhlil edilmiş və müəyyən edilmişdir ki, qaz-kondensat sistemlərində maye fazasının yaranmasından əvvəl yaranan mikrorüşeymlər zonasının daha ətraflı tədqiqinə ehtiyac vardır və bu sahənin əhatəli öyrənilməsi qaz-kondensat yataqlarının layihələndirilməsində əsaslı dəyişiklik yaratmaqla yanaşı, bu sahədə fundamental fiziki-termodinamiki məsələlərin həllinə imkan yarada bilər.

pVT bombasında aparılmış müşahidələr sübut etmişdir ki, təzyiğin retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük qiymətlərində qaz-kondensat sistemi kolloid, yəni yüksək disperslik halında olur. Belə ki, lay sisteminin təzyiqinin sabit temperaturda azaldılması zamanı retroqrad kondensasiyanın başlaması ərəfəsində yaranan “duman” halının maye fazasının mikro-rüşeymlər və ya aerosol halı olduğu təsdiq edilmişdir. Tədqiqatlar zamanı qaz-kondensat sisteminin aerosol halı təzyiğin izotermik azaldılması zamanı bəzən 2-3 MPa təzyiq intervalında öz strukturunu saxlaması müşahidə olunmuşdur. Bu təzyiq intervalının və sistemin aerosol halının dayanıqlılığının qaz-kondensat yataqlarının istismarında böyük əhəmiyyətə malik olması təcrübələrlə təsdiq edilmişdir. Eyni zamanda qaz-kondensat qarışığının aerosol halına onun tərkibinin, termobarik şəraitin və sistemin yerləşdiyi mühitin hansı şəkildə təsir etməsi öyrənilmişdir.

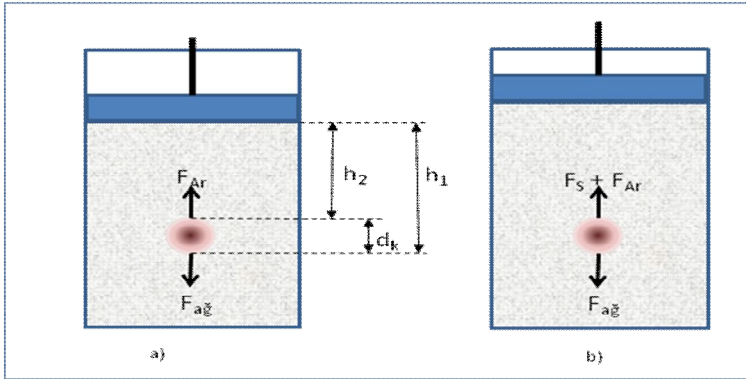
Alınan nəticələrə əsasən müəyyən edilmişdir ki, temperaturun artması qaz-kondensat sisteminin aerosol halının dayanıqlılığını artırır. Belə ki, temperaturun 75°C -dən 107°C -yə artması aerosol halına keçid təzyiqi ilə retroqrad kondensasiya təzyiqləri arasında fərqi 1 MPa-dan 2.2 MPa-ya qədər artmasına səbəb olur. Məlum olmuşdur ki, qaz-kondensat yataqlarının lay temperaturunun yüksək olmasının yatağın istismar göstəricilərinə müsbət təsirinin daha bir səbəbi qaz-kondensat sisteminin aerosol halınının dayanıqlılığının artmasıdır.

Ekspərimental tədqiqatlardan məlum olmuşdur ki, qaz-kondensat sisteminin tərkibində kondensatın sıxlığının 706 kq/m^3 -dan 775 kq/m^3 -a qədər artması sistemin aerosol halına keçid təzyiqi ilə retroqrad kondensasiya təzyiqi arasında fərqi 1.8 MPa-dan 0.4 MPa-a qədər kiçilməsinə və aerosol halının dayanıqlılığının azalmasına səbəb olur. Aşkar edilmişdir ki, təzyiğin birfazlı qaz halından izotermik olaraq azaldılması zamanı sistem aerosol halına keçərkən onun fiziki-termodinamiki xüsusiyyətləri, xüsusilə sıxılma qabiliyyəti kəskin artır. Bu səbəbdən də diferensial kondensasiya zamanı qeyd olunan intervalda təzyiq düşgüsünün vahid qiymətində daha çox qaz və kondensat hasil olunur. Aparılmış ekspərimental tədqiqatlardan müəyyən edilmişdir ki, qaz-kondensat sisteminin aerosol halında “yatağa” təbii quru qazla təsir etmək qaz vurmanın effektivliyini də artırır.

Qaz-kondensat sisteminin aerosol halına məsəməli mühitin təsirini öyrənmək məqsədilə lay modelində aparılmış silsilə ekspərimentlər riyazi statistik üsullarla təhlil edilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, təzyiğin retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük və yaxın intervalında lay modelinin məsəməliyinin 0.5-dən 0.1-ə azalması zamanı diferensial kondensasiya nəticəsində hasil olunan qazın kondensat amili 200 q/m^3 -dan 63 q/m^3 -a qədər

azalmış olur və hasil edilən qaz komponentlərinin tərkibində ağır fraksiyaların azalması müşahidə edilir.

Dispersləşmiş sistemlərdə aerosolun asılı vəziyyətini təmin edən qüvvələrin qaz-kondensat sistemlərindəki rolunu müəyyənləşdirmək məqsədi ilə bəzi nəzəri məsələlərin həllinə baxılmışdır. Şəkil 1-də dispersləşmiş kondensat zərrəciyinin qaz mühitində tarazlıq və düşmə şərtləri illustrativ olaraq verilmişdir. Hər iki halı ayrı-ayrılıqda təhlil edək.



Şəkil 1. Müxtəlif qüvvələrin təsiri altında olan dispersləşmiş kondensat hissəciyinin a) sükunətdə və b) hərəkətdə qüvvə balansını

Fərz edək ki, sistem yüksək təzyiqli qabda (şəkil 1. a) piston vasitəsi ilə sıxılaraq birfazlı hala keçirilib, yəni karbohidrogen kondensat qaz mühitində dispersləşərək zərrəciklər şəklində asılı vəziyyətdə tarazlaşıb.

Bu hal kondensat zərrəcikləri sıxılmış qaz daxilində Braun hərəkətində və eyni zamanda onlara təsir edən Arximed- F_{Ar} və ağırlıq- $F_{ağ}$ qüvvələrinin tarazlıq şərtində mümkün olur (şəkil 1. a). Onda,

$$F_{Ar} = F_{ağ} \quad (1)$$

yazmaq olar. Burada Arximed və ağırlıq qüvvələrinin ifadələrini bir kondensat zərrəciyi üçün yazsaq onda (1) tənliyini aşağıdakı şəkildə ifadə etmək olar:

$$V_K \rho_q g = V_K \rho_k g \text{ və ya } \rho_q = \rho_k \quad (2)$$

Burada: V_K - kondensat zərrəciyinin həcmi;

ρ_q - dispers, yəni qaz mühitinin sıxlığı;

g - sərbəst düşmə təcili;

ρ_k - dispers fazanın, yəni kondensat zərrəciyinin sıxlığıdır.

(2) ifadəsindən görüldüyü kimi, kondensat zərrəciyinin qaz mühitində asılı vəziyyətdə qalması üçün onun sıxlığının qaz mühitinin sıxlığına bərabərlik şərti ödənilməlidir. Bu nəticəni hidrostatiikanın əsas tənliyi vasitəsi ilə də almaq olar. Bu tənliyi bir kondensat zərrəciyi üçün yazsaq, aşağıdakı ifadə alınar:

$$\rho_q g h_1 = \rho_q g h_2 + \rho_k g d_k \quad (3)$$

Burada: h_1 və h_2 - uyğun olaraq kondensat zərrəciyinin üst və alt səthinə qədər qaz sütununun hündürlüyüdür (şək. 1. a);

d_k - kondensat zərrəciyinin diametridir.

(3) tənliyində $h_1 - h_2 = d_k$ olduğunu nəzərə alsaq, onda $\rho_q = \rho_k$ alınır. Bu isə (2) ifadəsini bir daha təsdiq etmiş olur.

Əgər zərrəcik ona təsir edən qüvvələrin təsiri ilə çökməyə doğru meyillənirsə (şək. 1. b) və bu hərəkət tarazlaşbsa, qüvvələrin tarazlıq halını sadələşmiş şəkildə aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$F_s + F_{Ar} = F_{ağ} \quad (4)$$

Burada: F_s Stoks qüvvəsidir.

Zərrəciyin çökməsi zamanı özlü qüvvələr əhəmiyyət kəsb etdiyindən, burada Stoks qanununun və şərtlərinin nəzərə alınması vacibdir. (4) ifadəsində Stoks, Arximed və ağırlıq qüvvələrinin ifadələrini nəzərə alsaq, kiçik bir çevrilmədən sonra kondensat zərrəciyinin aşağıya doğru hərəkət sürəti üçün (5) ifadəsi alınar:

$$v_k = \frac{2(\rho_k - \rho_q)g d_k^2}{9\mu} \quad (5)$$

Burada: v_k - kondensat zərrəciyinin qaz mühitində çökmə sürəti;

μ - qazın və ya dispers mühitin özlülüyüdür.

(5) ifadəsindən istifadə etməklə kondensat zərrəciyinin çökmə sürətinin 0-a bərabərlik şərtlərini, yəni birfazlı qaz halına keçmə (retroqrad buxarlanma) vəziyyətini aşağıdakı kimi qiymətləndirmək olar.

1. $\rho_q \rightarrow \rho_k$: bu hal sabit temperaturda təzyiğin artması və ya sabit təzyiqdə temperaturun artması zamanı baş verir və kondensatda müəyyən qədər qaz həll olduqdan və ya onun temperaturu artdıqdan sonra xüsusi səth enerjisinin azalması hesabına kondensat hissəciklər şəklində qaz fazasında dispersləşir. Eyni zamanda, sabit həcmdə sistemin temperaturunun və ya təzyiğinin artması dispers mühitin (qaz mühitinin) sıxlığını artırır.

2. $d_k \rightarrow 0$: bu hal da qaz-kondensat sistemlərində sabit temperaturda təzyiğin artırılması və ya sabit təzyiqdə temperaturun artırılması zamanı baş verir. Bu zaman xarici qüvvələrin dəf edilməsi üçün kondensat hissəcikləri parçalanmaya məruz qalır və xırdalandıqdan sonra qaz fazasına doğru meyillənir.

3. $\mu \rightarrow \infty$: məlumdur ki, qaz komponentlərinin özlülüyü çox kiçik olur, lakin böyük təzyiqlərdə və lay şəraitində əhəmiyyət kəsb edə bilər. Eyni zamanda, laya təsir zamanı işçi agentin seçilməsində bu amilin nəzərə alınması iqtisadi səmərəliliyi artırır.

Qaz-kondensat sisteminin retroqrad kondensasiya ərafəsi kolloid halının yaranma mexanizmi kolloid sistemlərin yaranmasının hər iki üsulu üzrə yarana bilməsi təcrübi tədqiqatlar əsasında şərh edilmişdir.

Dispersləşmə- bərk və ya maye cisimlərin xırdalanması üsulu qaz-kondensat sisteminin təzyiğinin izotermik olaraq artması zamanı qaz komponentlərinin mayədə həll olaraq onun hətta molekulyar səviyyədə parçalanması hesabına yaranır. Bu zaman mayədə həll olmuş qaz iki müxtəlif fazaların görüşmə səthini kəskin şəkildə artırır və mayenin səth enerjisinin azalması onun hissəciklər şəkilində xırdalanmasına və ya dispersləşməsinə səbəb olur.

Kondensləşmə isə sistemin təzyiğinin retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük təzyiqdən izotermik olaraq azaldılması zamanı yaranan kondensasiya prosesidir. Bu zaman sistemin həcmi genişləndiyindən zərrəciklər (buxar) halında olan maye komponentlərinin (böhran temperaturu verilmiş temperaturdan böyük olan komponentlər) molekulları birləşməyə və qruplaşmağa, yəni klaster yaratmağa imkan tapır və beləliklə maye fazasının mikrorüşeymləri (bəzi hallarda bu yeni fazanın embrionu da adlandırılır), bu halda aerozolu yaranır.

Buradan məlum olur ki, tükənmə və ya təzyiğin saxlanılması rejimində istismar olunan qaz-kondensat yataqlarında təzyiğin və ya lay sisteminin tərkibinin müntəzəm dəyişməsi hesabına quyunun qidalanma konturundan kənarında belə, termodinamiki tarazlıq halı davamlı şəkildə dəyişir. Gibbs göstərmişdir ki, müvazinət halının ümumi xarakteristikası daxili enerji

diferensialının sıfıra bərabər olmasıdır. Bu meyarın fiziki mənası-müvazinət halında daxili enerjini və izobar potensialın minimuma cəhd etməsi və müvazinət halında ona çatmasıdır. Adətən böyük fazalararası bölgü səthi olduğuna görə kolloid sistemlər çox böyük sərbəst səth enerjisinə və yüksək səthi gərilməyə malikdirlər. Bu sistemlərdə, termodinamikanın ikinci qanununa uyğun olaraq, səth enerjisinin dəyişməsilə əlaqədar olan bir sıra öz-özünə gedən proseslər də baş verir. Qaz-kondensat yatağının istismarı zamanı lay sisteminin daxili parametrləri də uyğun olaraq dəyişməyə məruz qalır. Aerosol halında olan kondensat hissəciklərinin sərbəst səth enerjisi və entropiyası kimi ekstensiv parametrlər fazalar sərhəddinin azalması hesabına müntəzəm şəkildə dəyişir və termodinamiki tarazlıq halı pozulur.

Alınmış bu nəticələr qazkondensat yataqlarının istismarı zamanı laya təsirin istiqamətlərini və laya təsir zamanı işçi agentə qoyulmuş tələbləri də müəyyən edir. Digər tərəfdən, tövsiyə edilmişdir ki, qazkondensat qarışığının kolloid sistemlərə məxsus optik və elektrik xüsusiyyətlərinin (ionların dispers fazanın hissəcikləri ətrafında adsorbsiyası nəticəsində hissəcik ətrafında iki qat elektrik təbəqəsinin, yüklü kolloid mitsellanın yaranması və kolloid sistemlərin koaqulyasiya kimi xüsusiyyətlərinin) nəzərə alınması laya təsir üsullarının təkmilləşdirilməsinə kömək edə bilər.

İkinci fəsil qaz-kondensat yataqlarının retroqrad kondensasiya prosesinin fiziki-termodinamiki mahiyyətinin və onun qaz-kondensat yataqlarının istismarında əhəmiyyətinin nəzəri və eksperimental tədqiqinə həsr edilmişdir.

Çoxkomponentli sistemlərin retroqrad kondensasiya təzyiqinin analitik hesablama üsulları ilə bağlı çətinliklər araşdırılmışdır. Çoxsaylı qaz-kondensat yataqlarının termodinamiki tədqiqat məlumatları əsasında yaradılmış reqresiya tənliklərinin hesablama xətalərinin qənaətbəxş olmaması tənliyə daxil olan parametrlərin geniş intervalda dəyişməsi ilə əlaqələndirilmişdir.

Qaz-kondensat sisteminin kontakt kondensasiya üsulu ilə tədqiq zamanı retroqrad kondensasiya təzyiqinin qrafiki üsulla təyin edilməsi üçün iki üsul təqdim edilmişdir: 1) sıxlıqların bərabərləşməsi- təzyiqin izotermik artması zamanı qaz fazasının sıxlığı artır və uyğun olaraq maye fazasının sıxlığı azalır. Hər iki fazanın sıxlıqları retroqrad kondensasiyanın başlanma təzyiqinin qiymətinə uyğun nöqtədə bərabərləşir; 2) sistemin sıxılma dinamikası- təzyiqin izotermik artması ilə sistemin həcmi sıxılması pisləşir və onun ümumi sıxlığının artması ilə əlaqədar olaraq sistem birfazlı hala keçdikdən sonra özünü daha çox maye kimi aparır. Bu üsul sistemin kondensasiya təzyiqini lay modelində də təyin etməyə imkan verir.

Müəyyən edilmişdir ki, qaz-kondensat sisteminin diferensial kondensasiya üsulu ilə tədqiqi zamanı retroqrad kondensasiya təzyiqinin çıxarılan stabil kondensatın sıxlığının təzyiqdən asılı dəyişmə qrafikinə görə təyin etmək daha dəqiq nəticələr verir. Sistem rekombinə edildikdə istifadə edilən ilkin kondensatın sıxlığı məlum olduğundan bu asılılığı çox asanlıqla aproksimasiya etməklə, hətta qurğunun texniki imkanları cavab vermədikdə belə kondensasiya təzyiqinin qiymətini kifayət qədər dəqiqliklə təyin etmək olur. Bu üsul sistemin kondensasiya təzyiqini lay modelində də təyin etməyə imkan verir.

Aparılmış qarşılıqlı təhlillərdən aydın olmuşdur ki, real şəraitə daha yaxın olmaq məqsədilə qazkondensat sistemlərin termodinamiki tədqiqatlarının lay modelində aparılması daha məqsədəuyğundur. Bundan sonra yatağın tükənmə rejiminin və ya diferensial kondensasiya prosesinin laboratoriya şəraitində eksperimental tədqiqatının aparılma çətinlikləri araşdırılmış və bir sıra məsələlərin həll edilməsinə ehtiyacın olması göstərilmişdir. Bu məsələlər nəzərə alınmaqla müxtəlif oxşarlıq meyarların ödənilməsi şərti ilə kvars qumundan və kvars tozundan ibarət olan lay modeli yaradılmışdır. Mövcud elmi-nəzəri məlumatlar ətraflı tədqiq olunmuş və alınan nəticələr lay modelinin yaradılması ilə yanaşı, prosesə təsir edən parametrlərin onların dəyişmə intervallarının seçilməsində, eksperimentlərin planlaşdırılmasında və məlumatların təhlilində istifadə edilmişdir. Beləliklə, qaz-kondensat yataqlarının tükənmə rejimi məsaməlikdən, qalıq suyunun miqdarından, lay temperaturundan və stabil kondensatın sıxlığından asılı olaraq modelləşdirilmişdir. Rasional planlaşdırmaya uyğun şəkildə aparılan tədqiqatlardan alınan nəticələr riyazi statistik üsullarla təhlil edilmiş və tükənmə boyu “layın” cari kondensatveriminin dəyişməsini təsvir edən reqresiya asılılığı alınmışdır. Bu tədqiqatın daha geniş şəkildə həyata keçirilməsinə imkan vermişdir.

Beləliklə, yaradılmış lay modelinin və ya “yatağın” diferensial kondensasiya göstəriciləri öyrənilmiş və pVT bombasında alınmış nəticələrlə müqayisə edilmişdir. Müqayisə nəticəsində məsaməli mühitin qaz-kondensat sisteminin kondensasiya təzyiqinə təsiri birmənalı şəkildə təsdiq edilmişdir. Xüsusi halları nəzərə almadan lay modelinin kondensatveriminin pVT bombasına nisbətən 8-12% az olduğu müəyyən edilmişdir.

Qeyd edilən təsirin mexanizmi bizə qədər bir sıra tədqiqat işlərində öyrənilmişdir. Həmin mülahizələrin doğruluğu dissertasiya işində bir daha təsdiq edilmişdir. Bununla yanaşı, alınan fundamental nəticələr bəzi nüansların nəzəri baxımdan daha dərinə izah edilməsinə imkan vermişdir. Təyin edilmişdir ki, məsaməli mühidə retroqrad kondensasiya hadisəsi iki

istiqlamətdə baş verir.

1. Maye-qaz-süxur səthləri arasında mövcud olan təmas qüvvələrinin təsiri ilə verilmiş sistemin təzyiqi (retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük, sistemin birləşən qaz halında) tədricən azaldılması zamanı yaranacaq maye fazasının mikrorüşeymləri yaranır. Bu kiçik zərrəciklər (aerozol) sistem daxilində asılı vəziyyətdə olur, lakin nisbətən yüksək sıxlığa malik olduğundan süxur səthi ilə çox asanlıqla əlaqə yaradaraq adsorbsiya edir və beləliklə, kondensasiya başlanır. Təbii ki, təzyiqin bu qiyməti pVT bombasında təyin olunmuş qiymətdən böyük olur və biz bunu şərti olaraq "səth qüvvələrinin hesabına yaranan retroqrad kondensasiya" adlandırmışıq. Bu növ kondensasiya yatağın ilkin istismar dövründə belə quyudibi zonada, yəni həyəcanlanmanın hiss olunduğu zonada baş verə bilər.

2. İkinci növ retroqrad kondensasiya klassik mülahizələrə uyğun olaraq baş verir. Təzyiqin azalması zamanı maye fazasının mikrorüşeymləri yaranır və bu kiçik hissəciklər təzyiqin düşməsi nəticəsində bir-biri ilə birləşir. Onların həcmi ilə yanaşı, eyni zamanda sıxlıqları da artır. Beləliklə, təzyiqin retroqrad kondensasiya təzyiqi qiymətində maye damcıları ağırlıq qüvvələrinin təsiri altında qabın dibinə oturur. Lay şəraitində (quyudibi zonanadan kənarında) bu damcıların şaquli şəkildə süzülməsini və layın daban hissəsində əlverişli şəraitdə toplandığını məntiqi olaraq mülahizə etmək olar.

Bu elmi nəticələr lay modelində təsdiq edilsə də, onun qaz-kondensat yataqlarının istismar və işlənilmə təcrübəsində hansı şəkildə təzahür etdiyini öyrənmək layda, quyudibində və quyu lüləsində baş verən hidrodinamik proseslərin mahiyyətini dərk etməyə imkan verərdi. Bu məqsədlə "Bulla-dəniz" yatağının VII horizontunun 20 saylı quyusunun (1976-cı ilin aprel ayında istismara buraxılmışdır) orta sutkalıq kondensat amilinin ilk iki ildə aylar üzrə dəyişmə qrafiki qurulmuşdur. İlkin şəraitdə "Bulla-dəniz" yatağının VII horizontunun lay təzyiqi 71 MPa, temperaturu 102 °C, kondensatın sıxlığı isə, 800 kq/m³ təyin edilmişdir. 20 saylı quyunun kondensat amilinin zamandan asılılığı göstərmişdir ki, quyunun istismarının ilk 5 ayı müddətində kondensat amilinin artması müşahidə edilir və bu hətta V blokun orta kondensat amilindən (362 q/m³) də böyük qiymətə çatır. Bu illərdə aparılmış termodinamik tədqiqatlar da quyudibi zonaya iki fazalı axının olmasını təsdiq edirdi. Hesab etmək olar ki, bu, quyudibi zonanın "təmizlənməsi" və ya bu zonada mövcud olan səpələnmiş kondensatın çıxarılması hesabına baş verir, lakin sonrakı 5 ayda düşmə və daha sonrakı aylarda isə kiçik və böyük tsikllər üzrə artma və azalma tendensiyası müşahidə edilir. Maraqlıdır ki, 1976-cı ildə 20 saylı quyudan götürülmüş nümunələrin əsasında sistemin retroqrad kondensasiya təzyiqi 62.5 MPa qəbul edilmişdir.

Bu sübut edirdi ki, quyudibi zonada təzyiqin sistemin retroqrad kondensasiya təzyiqinin pVT bombasında təyin edilmiş qiymətindən böyük olmasına baxmayaraq, kondensasiya prosesi baş verir. Bu digər tədqiqat işləri də nəzərə alınmaqla aşağıdakı kimi izah edilmişdir.

Mikrorüşeymlər formasında olan kondensat hissəcikləri süxur dənəciklərinin səth qüvvələri hesabına adsorbsiya edir. Süxur səthinə çökmüş kondensat hissəciklərinin miqdarı artdıqca onun qalınlığı artır və süxur səthi ilə əlaqəsi zəifləyir. Digər tərəfdən, kapilyarlarda yığılmış bu kondensat kapilyarların diametrinin kiçilməsinə və süzülmə müqavimətinin artmasına səbəb olur ki, bu da quyudibi ilə qidalanma konturu arasında təzyiqlər fərqi artmasına səbəb olur. Müəyyən müddətdən sonra quyudibi zonanın təzyiqlər fərqi bu zonada yığılmış maye kütləsini quyu gövdəsinə doğru hərəkətə gətirir və kondensat amilinin dövrü olaraq artıb-azalması müşahidə edilir.

Bu fəsildə retroqrad kondensasiya prosesi həm də maye və qaz münasibətləri zəminində şərh edilmişdir. Aparılmış tədqiqatlar və nəzəri mülahizələr əsasında sübut edilmişdir ki, çoxkomponentli sistemlərdə baş verən retroqrad proseslərin mahiyyətini maye və qaz komponentləri arasında yüngül komponentlərin nisbətən ağır komponentlərdə həll olması ilə yaranan fiziki münasibətlər təşkil edir. Müxtəlif həllolma qabiliyyətinə malik qaz komponentləri ilə rekombinə edilmiş qaz-kondensat sistemləri ilə aparılan eksperimentlər digər tədqiqat məlumatları ilə uzlaşdırılmış və bunun əsasında çoxkomponentli sistemin böhran nöqtəsində qaz komponentlərinin miqdarı retroqrad buxarlanma üçün ən kiçik qiymətə malik olması sübut olunmuşdur.

Üçüncü fəsildə qaz-kondensat sistemlərində retroqrad kondensasiya təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə baş verən fiziki-termodinamiki proseslər tədqiq edilmişdir.

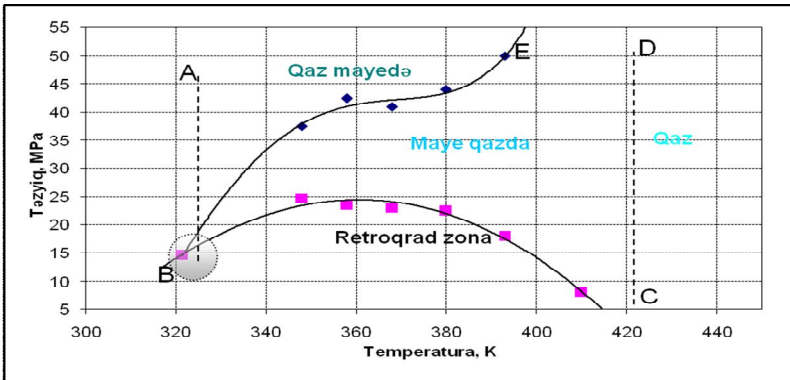
“Bulla-dəniz” qaz-kondensat yatağının nümunələri əsasında həyata keçirilmiş fiziki-termodinamiki tədqiqat məlumatları və rekombinə edilmiş qaz-kondensat sistemlərinin tədqiqi əsasında retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük təzyiqlərdə lay sistemində baş verən fiziki-termodinamiki proseslər araşdırılmışdır. Məlum olmuşdur ki, həm boş və həm də məsələli mühit şəraitində retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük təzyiqlərdə maye fazası mövcud ola bilər. Bu zaman qaz və maye fazalarının fiziki və termodinamiki xüsusiyyətləri təzyiqin izotermik dəyişməsi zamanı müntəzəm olaraq dəyişir və fazalar arasında həssas mübadilə münasibətləri ilə nəticələnir.

Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində retroqrad kondensasiya təzyiqin-

dən böyük təzyiqlərdə layda mövcud olan səpələnmiş maye karbohidrogenin (SMK) yaranma mexanizmi araşdırılmış və onun üç növü müəyyən edilmişdir. Bunlar: lay sistemində hətta, yüksək təzyiqlərdə belə qaz fazasına keçə bilməyən ağır maye komponentlərin olması; yüksək təzyiqlərdə sistemin yenidən kondensasiya etməsi və lay şəraitində retroqrad kondensasiyanın səthi qüvvələrin təsirindən daha böyük təzyiqlərdə başlaması hesabına yaranan kondensatdır. Mülahizə edilmişdir ki, SMK bu üç növ karbohidrogen mayenin hər hansı bir kombinasiyası şəklində ola bilər.

Bir sıra Azərbaycan və Rusiya yataqlarının termodinamiki tədqiqat məlumatlarının və istismar quyuların göstəricilərinin təhlili nəticəsində sübut edilmişdir ki, layın ayrı-ayrı hissələrində səthi qüvvələr hesabına hərəkətsiz qalan, yatağın formalaşması zamanı qravitasiya proseslərində iştirak etməyən qalıq kondensat da yatağın istismarı zamanı quyudibi zonada yaradılan müəyyən təzyiq depressiyası hesabına hidrodinamiki proseslərdə iştirak edə bilər. Süxur səthinə adsorbsiya etmiş, lakin qismən hasil edilə bilən bu maye fazası daha ağır komponentlərdən ibarət olduğundan neft, yüngül neft və ya səpələnmiş kondensat adlandırılmışdır.

Qaz-kondensat sisteminin retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük təzyiqlərdə təzyiqin izotermik artması zamanı yenidən kondensasiya etməsi və ya buxarlanması ilk dəfə bizim (M.T.Abasov, Z.Y.Abbasov, V.M.Fətəliyev, N.N.Həmidov) tərəfimizdən eksperimental yolla aşkar edilmişdir. Bu eksperimentlərin nəticələrindən istifadə edilməklə tədqiq olunan qaz-kondensat sisteminin böhran parametrləri Z.Y.Abbasov tərəfindən təqdim edilən reqresiya tənliklərindən istifadə edilməklə hesablanmış və daha əyani olması üçün nisbətən tamamlanmış faza diaqramı qurulmuşdur (şək. 2).



Şək. 2. Qaz-kondensat sisteminin retroqrad kondensasiya zonası daxil olmaqla yüksək təzyiqlərdə faza diaqramı

Şəklə əsasən B nöqtəsi sistemin böhran nöqtəsini xarakterizə edir və təzyiğin 14.6 MPa, temperaturun 321.4 K qiymətlərinə uyğun gəlir. İkinci “normal kondensasiya” əyrisinin-BE sistemin böhran nöqtəsi ilə birləşməsi burada nəzərə alınmışdır. BC əyrisi retroqrad kondensasiya xəttidir. AB xətti sistemin böhran temperaturuna, CD isə sistemin krikondenterminə uyğun sərhədlərdir. Göründüyü kimi, sistem temperaturun böhran və krikondentermi arasında yalnız məhdud oblastda – BCDE çərçivəsində birfazlı qaz halında ola bilər.

Dissertasiyanın I və II fəsillərində sübut edildiyi kimi, qaz-kondensat sisteminin retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük təzyiqlərdəki halı onun yüksək disperslik halıdır, yəni maye komponentlərin qaz komponentləri daxilində çox xırdalanmış halıdır. Belə olan halda sistemin verilmiş təzyiq (sistemin retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük) və temperaturda (böhran və krikondenterm arasında), yəni BCDE oblastında (şək. 2) həcmi- $V_s(P,T)$ (6) kimi ifadə oluna bilər:

$$V_s(P,T) = V_m(P,T) + V_q(P,T) \quad (6)$$

Burada: $V_m(P,T)$ və $V_q(P,T)$ verilmiş təzyiq və temperaturda sistemin uyğun olaraq kondensat və qaz komponentlərinin həcmidir. Bu ifadənin hər tərəfini $V_q(P,T)$ -yə bölsək,

$$\frac{V_s(P,T)}{V_q(P,T)} = \frac{V_m(P,T)}{V_q(P,T)} + 1 \quad (7)$$

ifadəsi alınır. Bu ifadədən sistemin maye, maye+qaz və qaz halında olma şərtləri aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

1) $V_m(P,T) = 0$ olduqda, ifadənin sağ tərəfi vahidə bərabər olur və sistemin verilmiş temperaturda həcmi qaz komponentlərinin həcminə bərabər olur. Bu hal təzyiğin sistemin retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük qiymətində, BC (şək. 2) xəttindən yuxarı oblastda artması zamanı temperaturun sistemin krikondentermindən böyük və ya ona bərabər qiymətində mümkündür. Şək. 2-yə əsasən sistem CD xəttinin sağ tərəfində yerləşmiş olacaqdır. Yəni sistemin bütün komponentlərinin qaz halında olduğu haldır.

2) $0 < V_m(P,T) < V_q(P,T)$ olduqda, sistemdə həmişə maye komponentləri mövcud olur, yəni sistem həmişə iki fazlı halda olur. Buraya BCDE oblastı da daxil olmaqla şəh nöqtəsindən yuxarı temperaturun bütün böhran və krikondenterm intervalı daxil olur (şək. 2). Lakin verilmiş şərtə görə qaz komponentlərinin həcmi maye komponentlərindən həmişə kiçik olduğundan,

qaz-kondensat sistemi “maye qazda” kolloid halında olur və yuxarıdan BE əyrisi ilə sərhədlənir. Lakin temperaturun D və E nöqtələrinə uyğun gələn intervalında maye komponentlərin miqdarının nisbətən çox kiçik olması bu halın təzyiğin sonsuz böyük qiymətinə qədər davam etməsinə səbəb ola bilər.

3) $V_m(P, T) = V_q(P, T)$ olduqda (7) ifadəsi

$$V_s(P, T) = 2V_m(P, T) = 2V_q(P, T) \quad (8)$$

şəklini alır. Buradan aydın görünür ki, verilmiş ifadə təzyiq və temperaturdan asılı olaraq sistemin kolloid növünün dəyişmə sərhədini xarakterizə edir. Bu zaman maye və qaz komponentlərin həcmi bərabər olduğundan, aparıcı termodinamik parametrlərdən hər hansı birinin kiçik dəyişməsi sistemin “maye qazda” halından “qaz mayədə” (tam həll olmuş) halına və ya əksinə keçə bilər. Fiziki mahiyyətinə görə bu, sistemin BE əyrisini xarakterizə edir (şək. 2). BE əyrisinin böhran nöqtəsi ilə birləşməsi sistemin böhran nöqtəsinin də eyni xüsusiyyətə malik olmasını göstərir. Böhran halında maye və qaz arasında fiziki xüsusiyyətlərin bərabərləşməsinin də bu bərabərlikdən irəli gəlməsini mülahizə etmək olar.

4) $V_m(P, T) > V_q(P, T)$ olduqda, sistemin “bir fazlı” olması üçün onun qaz komponentləri mayədə tamamilə həll olmalıdır və (7) ifadəsindən $\frac{V_s(P, T)}{V_q(P, T)} > 2$ olar, yəni verilmiş təzyiq və temperaturda sistemin ümumi həcmi onun qaz komponentlərinin həcmindən iki misləndən böyükdür. Bu halda sistem “qaz mayədə” halında olur və BE əyrisindən yuxarıda və ya solda yerləşir (şək. 2).

Alınmış nəticələrə əsasən qeyd etmək olar ki, qaz-kondensat sisteminin dispersləşmiş halında aparıcı parametrlərdən biri də verilmiş təzyiq və temperaturda sistemin vahid həcmində olan maye komponentlərinin miqdarı, yəni sistemin kondensat amilidir. Verilmiş termobarik şəraitdə sistemin kondensat amilini təyin etməklə sistemdə baş verən fiziki-termodinamik hadisələr haqqında fikir yürütmək olar.

Məlumdur ki, adətən qaz-kondensat sisteminin kondensat amili normal şəraitdə kondensatın miqdarının qazın həcminə olan nisbəti şəklində təyin edilir. Qaz-kondensat sisteminin kondensat amilinin temperatur və təzyiqdən asılılığı - $K(P, T)$ isə aşağıdakı kimi ifadə edilə bilər:

$$K(P, T) = \frac{V_m(P, T)}{V_q(P, T)} \quad (9)$$

Məlumdur ki, $V_m(P, T)$ və $V_q(P, T)$ parametrləri tərkib, təzyiq və temperaturdan asılı olan mürəkkəb parametrlərdir və onların təyini qaz-kondensat qarışıqlarının termodinamikasının əsas məsələlərindən biridir. Bu ifadədə bərabərliyin sağ tərəfində kəsrin surətini və məxrəcini sistemin verilmiş təzyiq və temperaturda ümumi həcminə - $V_S(P, T)$ böləsək, onda aşağıdakı bərabərliyi alarıq:

$$K(P, T) = \frac{V_m(P, T)/V_S(P, T)}{V_q(P, T)/V_S(P, T)} \quad (10)$$

Göründüyü kimi, kəsrin surətindəki ifadə verilmiş təzyiq və temperaturda sistemin vahid həcmində maye komponentlərinin miqdarını - $M(P, T)$, kəsrin məxrəcindəki ifadə isə verilmiş təzyiq və temperaturda sistemin vahid həcmində olan qaz komponentlərinin miqdarını - $Q(P, T)$ xarakterizə edir. Beləliklə,

$$K(P, T) = \frac{M(P, T)}{Q(P, T)} \quad (11)$$

Bu ifadə fazalar tarazlığı konstantının ifadəsi ilə uyğunluq təşkil edir, lakin burada $K(P, T)$ maye komponentlərinin buxarlanma və kondensasiya etməsindən əlavə, həm də onun qaz mühitində dispersləşmə dərəcəsini ifadə edir. Bu ifadədən istifadə etməklə təzyiğin retroqrad kondensasiyadan böyük qiymətlərində qaz-kondensat sisteminin halını müəyyən etmək olar.

1) $M(P, T) = 0$ olduqda, sistem tamamilə qaz komponentlərindən ibarətdir və (10) ifadəsinə əsasən $K(P, T) = 0$ olur. Bu, sistemin krikonden-termdən böyük temperaturalarda bütün komponentlərin qaz halına keçməsi zamanı mümkündür, yəni sistem CD xəttindən sağda yerləşir. Maye komponentlərinin çox kiçik olması ilə əlaqədar olaraq eyni mülahizəni DE intervalı üçün də söyləmək olar (şəx. 2).

2) $0 < M(P, T) < Q(P, T)$ olduqda, $0 < K(P, T) < 1$ olur. Bu qaz fazasının dispers mühit və maye komponentlərinin dispers faza kimi mövcud olma şərtidir və belə olduqda təzyiğin və temperaturun artması dispersləşməni sürətləndirir. Bu zaman şəx. 2-yə əsasən sistem BCDE oblastında yerləşir (təzyiq retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük olduqda).

3) $M(P, T) = Q(P, T)$ olduqda $K(P, T) = 1$ olar. Bu maye və ya qaz komponentlərinin dispers fazadan dispers mühitə və ya əksinə keçmə ("qaz" və ya "maye" halına keçid) sərhədini təyin edir və (8) ifadəsinə ekvivalent

hesab edilə bilər. Belə olan halda BE əyrisi təzyiq və temperaturdan asılı olaraq maye (qaz) komponentlərinin dispers mühitə (dispers fazaya) keçmə nöqtələrini özündə saxlayır (şəkl. 2).

4) $M(P,T) > Q(P,T)$ olduqda $K(P,T) > 1$ olur və bu sistemin maye zonasına keçməsinə müəyyən edir, yəni bundan sonra sistemin maye komponentləri dispers mühit rolunda olur və sistem BE əyrisindən yuxarıda və ya sağda yerləşir, lakin DE intervalında maye komponentlərinin çox kiçik olması hesabına bu mümkün olmur (şəkl. 2).

Beləliklə, nəzəri nəticələrə əsasən belə məlum olur ki, temperaturun böhran temperaturu və krikondenterm intervalında təzyiqin retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük qiymətlərində sistemi təşkil edən maye komponentləri (böhran temperaturu verilmiş temperaturdan böyük olan komponentlər) yüksək dispersləşmiş halda olur. Təzyiqin izotermik artması zamanı maye komponentlərin ümumi həcmi qaz komponentlərin həcminə bərabərləşir və beləliklə, sistemin mayeləşməsi, yəni maye komponentlərinin dispers fazadan dispers mühitə keçməsi baş verir. Başqa sözlə desək, sistem "maye qazda" kolloid halından "qaz mayədə" halına keçməsi mümkün olur. Bu nəticə "Bulla-dəniz" yatağının termodinamiki eksperimental tədqiqat nəticələri vasitəsi ilə sınaqdan keçirilmişdir.

Yüksək təzyiqlərdə qaz və maye qarışıqının kolloid halının keçid nöqtəsini, yəni sistemin ümumi həcmnin maye (qaz) komponentlərinin ümumi həcmindən iki dəfə böyük olması və ya qaz və maye komponentlərin həcmnin bərabərləşməsi şərtinin doğruluğunu yoxlamaq məqsədi ilə "Bulla-dəniz" yatağının 20 və 22 sayılı quyularının nümunələri ilə aparılmış termodinamiki tədqiqatlara müraciət edilmişdir. Hər iki quyuya üçün sistemin "maye qazda" halından "qaz mayədə" halına keçid sərhəddi müəyyən olunmuş və (8) ifadəsinin doğruluğu sübut edilmişdir.

Dördüncü fəsil bütünlüklə qalın suyunun qaz-kondensat sisteminin faza münasibətlərinə, qaz-kondensat yataqlarının istismar göstəricilərinə və laya təsir üsullarının effektivliyinə təsirinin nəzəri və eksperimental üsullarla öyrənilməsinə həsr edilmişdir.

Məsələli mühitdən azad olan pVT bombasında aparılmış tədqiqatlardan məlum olur ki, suyun ilkin 10% miqdarı (sistemin ümumi həcminə görə) qaz-kondensat sisteminin retroqrad kondensasiya prosesinə daha kəskin təsir edərək retroqrad itkiləri intensivləşdirir. Bu hadisə sistemə daxil olan suyun qarışıqın termodinamiki tarazlıq halının bərpası zamanı maye və eyni zamanda, qaz fazasına qarışması və beləliklə, keyfiyyət baxımından yeni qaz-kondensat qarışıqının yaranması hesabına baş verir. Suyun sonrakı

artması isə həmin təsirin nisbətən zəifləməsinə səbəb olur. Bu müşahidə klassik qanunlar əsasında izah edilmişdir. Belə ki, su qaz-kondensat qarışığına daxil edildikdən sonra sistemin təzyiq və temperaturuna uyğun olaraq buxarlanmağa başlayır və su buxarının parsial təzyiqinə uyğun olaraq müəyyən müddətdən sonra termodinamiki tarazlıq halı yaranır. Bu o deməkdir ki, verilmiş təzyiq və temperaturda qaz fazasında yalnız müəyyən qədər su buxarı (buxarın maksimal həddi sistemin qaz fazasının mütləq nəmliliyinə bərabər olur) mövcud ola bilər. Bundan sonra sistemdə suyun artması maye-su fazasının artmasına səbəb olur. Aparılmış eksperimentlərdə suyun həcmi payının 10% qiymətində, təzyiqin 30 MPa və temperaturun 80 °C qiymətlərində belə PVT bombasında maye fazası müşahidə olunmuşdur. Deməli, qaz-kondensat sisteminə yalnız su buxarının təsirini nəzərə alsaq, onda suyun sonrakı artımı diferensial kondensasiya zamanı kondensat itkisini artırmamalı idi, çünki, suyun artması ancaq maye su fazasının artmasına səbəb olur. Lakin tədqiqatlardan görünür ki, sistem daxilində sərbəst suyun artması da kondensat itkisini müəyyən qədər artırır. Bunun səbəbi suyun artması zamanı sistemin daxilində qazın vahid həcmində düşən mayenin miqdarının çoxalması ilə əlaqələndirilmişdir. Qeyd olunan eksperimentlərdə pVT bombasında suyun 0-dan 40%-ə qədər çoxalması, sistemin maye amilinin 150 q/m³-dən 1316.3 q/m³-ə qədər artması ilə nəticələnmişdir.

Alınan nəticəyə əsasən belə məlum olur ki, lay şəraitində qalığ suyunun miqdarının artması həllolma qabiliyyəti yüksək olan karbohidrogen komponentlərinin suda həllolması hesabına bəzi qaz komponentlərin itirilməsi ilə nəticələnir. Məntiqli olaraq söyləmək olar ki, belə halda hasil edilən qaz komponentlərinin yağlılığı (C₂+C₁) aşağı düşməlidir. Bu effekti yoxlamaq məqsədi ilə diferensial kondensasiyanın müxtəlif təzyiq pillələrində (həllolma prosesinin təzyiqdən asılılığını nəzərə almaq məqsədilə) qalığ suyunun miqdarından asılı olaraq çıxarılan qaz komponentlərinin yağlılıq göstəricisinin dəyişməsi araşdırılmışdır. Buradan, sistem daxilində qalığ suyunun miqdarının artması istənilən təzyiq intervalında diferensial kondensasiya nəticəsində lay modelindən çıxarılan təbii qazın yağlılığını azaltması aşkar olunmuşdur. Eyni zamanda məlum olur ki, təbii qazın yağlılığının azalma intensivliyi təzyiqin qiymətindən asılı olur. Belə ki, təzyiqin 30-24 MPa intervalında (retroqrad kondensasiyadan böyük) qalığ suyunun 0-dan 40%-ə artması ilə qazın yağlılığı 0.205-dən 0.162-yə, yəni 0.043 qədər azalırsa, təzyiqin 12-6 MPa intervalında (maksimal kondensasiyadan böyük) bu qiymət təqribən 0.005-ə bərabər olur. Məlumdur ki, karbohidrogen qazlar suda pis həll olur, lakin qaz-kondensat siste-

mində az da olsa qaz komponentlərinin itməsi (suda həll olması hesabına) belə retroqrad kondensasiyanı intensivləşdirir.

Deməli, karbohidrogen sistemin daxilində olan su maye və ya buxar halında olmasından asılı olaraq faza münasibətlərinə iki istiqamətdə təsir edir. Qeyd edildiyi kimi, su hər iki halda lay sisteminin retroqrad kondensasiya təzyiqinin artmasına və nəticədə yatağın birfazlı zonada istismar müddətinin azalmasına səbəb olur. Lay modelində aprailmiş silsilə eksperimentlər nəticəsində məlum olmuşdur ki, su tərkibli karbohidrogen sistemlərin məsaməli mühitdə diferensial kondensasiya nəticələri pVT bombasından əsaslı şəkildə fərqlənir. Burada suyun təsir mexanizmi iki istiqamətdə araşdırılmışdır.

1. Suyun qaz-kondensat sistemi tərkibində məsaməli mühitin həcmnin 10-15%-i qədər artması kondensat itkisinin artmasına səbəb olsa da, bu mənfi təsir boş qaba (pVT bombasına) nisbətən zəif xarakterə malik olur. Suyun miqdarının bundan böyük qiymətlərində onun təsirinin daha intensiv olması müşahidə edilmişdir. Alınmış bu nəticə digər ənənəvi tədqiqat məlumatları ilə nisbətən uyğundur, lakin pVT bombasındakı tədqiqatlar əsasında verdiyimiz şərhə müəyyən qədər ziddiyyət təşkil edir. Qeyd edildiyi kimi, sistemə və ya məsaməli mühitə daxil edilmiş suyun bir hissəsi mövcud termobarik şəraitə uyğun olaraq termodinamiki tarazlıq halı bərpa edilənə qədər buxarlanaraq qaz fazasına qarışmalı və beləliklə, kondensatveriminə qeyd olunan mənfi təsiri göstərməlidir. Bu məsələni aydınlaşdırarkən məlum olmuşdur ki, götürülmüş lay modelində (xüsusi səthin ən böyük qiyməti-660908 m²/m³ olduğunu nəzərə almaqla) süxur səthi ilə böyük səthi qüvvələr hesabına əlaqədə olan su təbəqəsinin (qalınlığı 5x10⁻⁸ m) yaradılması üçün lazım olan suyun miqdarı məsaməli mühitin 3.29%-i qədər olur. Lakin bundan sonra süxur dənəcikləri üzərində su təbəqəsinin qalınlığı sorbsiya qüvvələrinin təsiri altında bir qədər də arta bilər. Bu hesablamadan məlum olur ki, məsaməli mühitdə suyun bir hissəsi süxur səthi ilə sıx əlaqədə olduğundan termodinamiki proseslərdə zəif iştirak edir. Eyni zamanda, süxur səthi ilə aeroxollar arasında müəyyən örtük yaratdığından məsaməli mühitin retroqrad kondensasiya prosesinə təsirinin müəyyən mənada zəifləməsinə səbəb olur.

2. Məlum olmuşdur ki, suyun sistemin tərkibində məsaməli mühitin həcmnin 10-15%-dən çox olması kondensat itkisinin daha sürətlə artmasına səbəb olur. Təqdim olunmuş hesablamalardan məlum olur ki, suyun 10-15%-dən sonra artması məsaməli mühitdə sərbəst suyun yaranmasına səbəb olur. Artıq əlaqəli su lay şəraitində özünün kritik qiymətinə çataraq süxur səthi ilə əlaqə yarada bilmir və boşluqları dolduraraq sərbəst şəkildə

mövcud olur. Bundan sonra su həllolma və buxarlanma proseslərində daha fəal iştirak edərək karbohidrogen sistemlə boş qabda olduğuna yaxın fiziki-termodinamiki münasibətdə olur.

Burada maraqlı hadisələrdən biri diferensial kondensasiya boyu təzyiğin azalması ilə yeni termodinamiki şəraitin yaranması və buna uyğun olaraq sərbəst maye halında olan suyun termodinamiki tarazlığın bərpa olunması üçün fasiləsiz olaraq buxarlanması və eyni zamanda, hasil edilməsidir. Aparılmış tədqiqatlara əsasən bu proses həm müsbət, həm də mənfi təsirə malik ola bilər.

Diferensial kondensasiya zamanı suyun buxarlanmasının mənfi təsirinə: 1) diferensial kondensasiya (təzyiğin sabit temperaturda azaldılması) boyu maye su buxarlanır, qaz fazasında su buxarının miqdarı artır və bu daha ağır karbohidrogen komponentlərin itirilməsi (çökməsi) ilə nəticələnə bilər; 2) qalıq suyunun miqdarı nisbətən kiçik olan laylarda müəyyən lay təzyiqindən sonra, hətta əlaqəli suyun buxarlanması, layın və ya quyudibi zonanın quruması, süxur dənəcikləri ilə karbohidrogen hissəcikləri arasında əlaqənin yaranması və nəticədə retroqrad kondensasiya prosesinin intensivləşməsi kimi iki ünsürü müəyyənləşdirilmişdir.

Diferensial kondensasiya zamanı suyun buxarlanmasının müsbət təsiri isə: 1) məsamələrdə olan sərbəst suyun azalması və həllolmuş qaz komponentlərinin yenidən qaz fazasına qayıtması; 2) təzyiğin azalması zamanı suyun buxarlanaraq lay təzyiqinin düşmə tempini azaltması və layın yuxarı təzyiqlərdə istismar müddətinin uzanması kimi qiymətləndirilmişdir.

Beləliklə, eksperimental məlumatların müqayisəli təhlili nəticəsində suyun qaz-kondensat sisteminin faza münasibətlərinə təsir mexanizminin əsasən üç istiqaməti müəyyən edilmişdir.

1. Qaz-kondensat sisteminin qaz fazasında buxar şəklində olan su keyfiyyətcə yeni (böhran parametrləri və retroqrad kondensasiya təzyiqi nisbətən böyük) olan sistemin yaranmasına səbəb olaraq retroqrad kondensasiya prosesini intensivləşdirir.

2. Maye fazasında olan sərbəst su sistemin qaz maye münasibətlərini kəskin dəyişir və həllolma qabiliyyəti böyük olan karbohidrogen komponentlərin suda həll olaraq itirilməsi hesabına retroqrad itkiləri artırır.

3. Süxur dənəciklərinin səthində səth və ya sorbsiya qüvvələri ilə əlaqədə olan əlaqəli su termobarik şəraitdən asılı olaraq termodinamiki proseslərdə zəif iştirak edir və hətta qaz-kondensat sistemi ilə süxur səthinin əlaqəsini pisləşdirir (bunun dərəcəsi süxurun hidrofil və ya hidrofob olmasından və s. asılı olur) yatağın istismarı zamanı müsbət rola malik ola bilər.

Bundan əlavə, lay suyunun çökmüş kondensatın təbii qazla buxarlandırılmasına təsiri məsələli mühitdə tədqiq edilmişdir. Aşkar edilmişdir

ki, lay modelinin su ilə doymasının 0-dan 40%-ə qədər artması çökmüş kondensatın buxarlandırılmasını pisləşdirir, lakin ilkin kondensatın sıxlığının azalması, layın məsəməlik əmsalının və lay temperaturunun artması isə qalıq suyunun buxarlanmaya mənfi təsirini zəiflədir.

Bəşinci fəsil qaz-kondensat sistemlərinin qaz və maye komponentlərinin, qeyri-karbohidrogen qarışıqlarının onun faza çevrilmələrinə (dispersləşmə və kondensləşmə proseslərinə) təsirinin bəzi məqamlarının və yatağın istismar prosesində əhəmiyyətinin nəzəri və eksperimental tədqiqinə həsr edilmişdir.

Qaz-kondensat qarışığının kolloid xassələrinə maye və qaz komponentlərinin tərkibinin təsirini öyrənmək məqsədi ilə yataqların termodinamik məlumatlarına müraciət edilmişdir. Bu mənada dissertasiya işində Azərbaycan yataqları da daxil olmaqla dünyanın 60-dan çox qaz-kondensat yatağının məlumatlarından istifadə edilmiş və lay sisteminin tərkibinin retroqrad kondensasiya prosesinə təsiri təhlil edilmişdir. Bu araşdırmalar xüsusi eksperiment tədqiqatları vasitəsi ilə davam etdirilərək aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1) Lay sistemində aromatik sıralı karbohidrogenlərə nisbətən naftən və parafin sıralı karbohidrogenlərin artması retroqrad kondensasiya təzyiqinin artmasına səbəb olur;

2) Qaz-kondensat sisteminin maye komponentləri yüngül (qaynama temperaturu nisbətən kiçik olan) benzin komponentlərindən ibarətdirsə, belə sistemin verilmiş temperaturda qaz mühitində dispersləşməsi üçün lazım olan təzyiq kiçik olur və təbii rejimdə istismar zamanı lay sistemi birfazlı halını nisbətən daha uzun müddət saxlayır;

3) Qaz-kondensat sisteminin tərkibində qaynama temperaturu nisbətən yüksək olan kerosin, asfalten və qətran məhsullarının olması maye komponentlərdə qazın həllolmasını və eyni zamanda sabit temperaturda mayenin dispersləşmə qabiliyyətini zəiflədir.

Aparılmış eksperimental tədqiqatlardan və statistik təhlillərdən aşkar edilmişdir ki, lay sisteminin kondensat amilinin yüksək olması yatağın kondensatverimini azaldır. Bu halda lay təzyiqinin azalması zamanı qarışığın dispers fazasını təşkil edən hissəciklər daha tez birləşir və sistemin kolloid strukturu öz dayanıqlığını daha erkən itirir. Bu səbəbdən ilkin kondensat potensialı yüksək olan yataqlarda təzyiqin azalması zamanı mayenin ayrılması daha intensiv xarakter alır.

Lay sisteminin tərkibində olan ağır komponentlərin qaz-kondensat sisteminin faza çevrilmələrinə və yatağın istismar göstəricilərinə təsirini tədqiq etmək məqsədi ilə xüsusi eksperimental tədqiqatlar həyata keçirilmişdir. Bundan ötrü istifadə edilən lay modelinin ölçüləri və eksperimentin

aparılma qaydası oxşarlıq amilləri əsasında təyin edilmişdir. Aparılmış eksperimental tədqiqatlardan məlum olmuşdur ki, lay sisteminin tərkibində ağır komponentlərin artması diferensial kondensasiya zamanı "layda" qalan kondensatın sıxlığının daha sürətlə artmasına səbəb olur və bu yatağın istismar göstəricilərinə mənfi təsir etməklə yanaşı retroqrad kondensatın yənidən hasil edilməsində ciddi çətinliklər yaradır. Maye fazasında həll olan qazın miqdarı azalır, kondensatın qazla doyma təzyiqi artır və nəticədə kondensatın qaz fazasında dispersləşməsi pisləşir.

Laboratoriya şəraitində pVT bombasında qaz komponentlərinin qaz-kondensat qarışığının faza münasibətlərinə təsiri öyrənilmişdir. Müxtəlif qaz qarışıqları ilə rekombinə edilmiş qaz-kondensat sistemlərinin duman yaranma və retroqrad kondensasiya təzyiqləri tədqiq edilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, sistem daxilində azotun artması duman yaranma və kondensasiya təzyiqini artırır, lakin karbon qazının artması bu təzyiqlərin azalmasına səbəb olur. Eyni zamanda, karbon qazının qaz-kondensat sisteminin aerosol halının dayanıqlığını artırması müəyyən edilmişdir.

Eksperimental tədqiqatlar vasitəsi ilə aşkar edilmişdir ki, verilmiş termobarik şəraitdə karbohidrogen kondensatın vahid həcmində həll olan qazın miqdarı artdıqca sistemin həm duman və həm də retroqrad kondensasiya təzyiqləri azalır və bu təzyiqlər arasında fərq artmış olur. Başqa sözlə, lay sisteminin tərkibində həllolma qabiliyyəti yüksək olan komponentlərin olması retroqrad kondensasiya təzyiqini azaltmaqla onun birfazlı halda olma müddətini artırır. Alınmış bu təcrübi nəticələrə əsasən, qaz-kondensat yataqlarının işlənilmə layihələrinin hazırlanması və laya təsir üsullarının seçilməsi zamanı inhiraf əmsalı və böhran temperaturu yüksək, böhran təzyiqi isə kiçik və mayədə həllolma qabiliyyəti daha yaxşı olan qaz qarışıqlarından işçi agent kimi istifadə edilməsi tövsiyə edilmişdir.

Bu fəsildə həm də dissertasiya işində alınan əsas nəticələrin faza diaqramları üzrə baş verən fiziki-termodinamiki proseslərin mahiyyətinin izah edilməsi üçün tədbiqi məsələlərə baxılmışdır. Bu məqsədlə bir, iki və çoxkomponentli sistemlər nəzərdən keçirilmişdir.

İki komponentli sistem kimi tərkibi 20 % metan və 80 % propan olan qarışığın faza diaqramı metan və propanın fərdi faza diaqramları ilə birlikdə müqayisəli şəkildə öyrənilmişdir. Buradan belə nəticə əldə edilmişdir ki, sistemdə qaz halında olan komponentin miqdarı artdıqca, buxar halında olan "maye"nin molekullararası əlaqə enerjisi azalır, uyğun olaraq sistemin normal kondensasiya və doyma təzyiqləri artır. Beləliklə, faza diaqramı öz yerini absis oxu boyunca sola doğru dəyişir. Bundan əlavə, götürülmüş faza diaq-

ramı üzrə sabit təzyiq və temperatur üzrə baş verən proseslərin mahiyyəti izah edilmişdir.

Dissertasiyada təqdim olunan nəticələrə görə qaz-kondensat sisteminin maksimal kondensasiya əyrisi maye komponentlərin qaz komponentlərində dispersləşməyə başladığı (təzyiqin izotermik artması zamanı) nöqtələrin həndəsi yeridir. Bundan sonra təzyiqin artması ilə mayenin hissəciklərə parçalanması və dispersləşməsi davam edir və BC (şək. 2) əyrisi ilə məhdudlaşaraq sona çatır. Klassik ədəbiyyatda bu əyri retroqrad kondensasiya əyrisi adlanır. Təbii nümunələrlə aparılan laborator təcrübələrdən məlum olur ki, BC əyrisində heç də bütün komponentləri dispersləşdirmək ("buxarlandırmaq") mümkün olmur. Adətən, bu əyridən yuxarıda, çox böyük təzyiqlərdə belə dispersləşə bilməyən "qalıq" və ya "quyruq" adlandırılan maye fazası qalır. Bunu nəzərə almasaq, BC əyrisindən yuxarıda sistem birfazlı halda hesab edilir, lakin bu zaman maye komponentləri dispersləşmiş maye hissəcikləri şəklində olur. Təzyiqin artması ilə maye hissəcikləri daha da xırdalanır və belə halda dispersləşmə molekulyar səviyyədə davam edərək həqiqi qarışıqlar yarada bilər. Lakin burada böhran və krikondenterm temperaturları arasında iki temperatur intervalını ayırmaq lazımdır. Birinci interval B və E nöqtələrinə uyğun gələn temperaturlar intervalıdır ki, burada sistemi sıxmaqla maye və qaz komponentlərinin həcmi bərabərləşdirmək olar. Bu zaman sistemin xüsusiyyəti dəyişir və maye-qazda formasından qaz-mayedə formasına keçir və bu keçid BE əyrisi ilə xarakterizə olunur. İkinci temperatur intervalını E və D nöqtələri ilə sərhətləndirmək olar. Bu intervalda maye və qaz komponentlərinin həcmi nisbəti çox böyük olduğundan təzyiqin artması ilə dispersləşmə davam edir və sistem həmişə qaz halında qalır.

Bu məlumatlar əsasında çoxkomponentli sistemin böhran halının mahiyyəti haqqında yeni yanaşma verilmişdir. Şəkil 2-dən görüldüyü kimi böhran nöqtəsi-B dispersləşmənin başlamasını (maksimal kondensasiya), dispersləşmənin sona çatmasını (BC əyrisi) və sistemin maye-qazda halından qaz-mayedə halına keçidini (BE əyrisi) müəyyən edən əyriyə özündə saxlayır. Digər tərəfdən, B nöqtəsi sol tərəfdən doyma xəttini bu üç əyri ilə birləşdirir. Deməli, çoxkomponentli sistemin böhran halı maye fazasının qazla tam doymuş, qəfil dispersləşmiş, maye və qaz halına keçid sərhədində olmasını xarakterizə edir. Ona görə də, bu halda temperatur və ya təzyiqin ani dəyişməsi sistemin kəskin faza çevrilməsinə səbəb olur.

Tükənməyə işləyən qaz-kondensat yataqlarında lay təzyiqinin azalması ilə baş verən prosesləri izləmək məqsədilə yataq üzrə enerji balansının dəyişməsinə baxmaq. Fərz edək ki, ilkin lay təzyiqi retroqrad kondensasiya

təzyiqindən böyükdür. Bu zaman lay sisteminin ümumi ilkin enerjisi E_{ls}^{ilk} sistemin daxili enerjisi ilə lay təzyiqin potensial enerjisinin cəmi kimi ifadə etmək olar.

$$E_{ls}^{ilk} = U_{ls} + P_{lay}^{ilk} V_{ls}^{ilk} \quad (12)$$

Burada: U_{ls} - lay sisteminin daxili enerjisi;

P_{lay}^{ilk} - ilkin lay təzyiqi;

V_{ls}^{ilk} - lay sisteminin ümumi həcmidir

Məlumdur ki, hər hansı bir digər cisim kimi lay sisteminin də daxili enerjisi molekulların istilik hərəkətlərinin (irəliləmə, fırlanma və rəqsi) kinetik- $U_{ls}^{k,ilk}$, molekulların qarşılıqlı təsirindən yaranan daxili potensial- $U_{ls}^{p,ilk}$ və sıfırıncı- U_{ls}^s enerjilərin cəmindən ibarətdir. Adətən, termodinamika vahid kütləyə malik makroskopik sistemin xüsusi parametrlərini öyrənilir, lakin (12) ifadəsi lay sistemini bütövlükdə nəzərə alır. Ona görə də, daxili enerjinin ifadələrini bütöv lay sistemi üçün (12) ifadəsində nəzərə alsaq, yaza bilərik:

$$E_{ls}^{ilk} = M_{ls}^{ilk} \frac{v^w}{2} + U_{ls}^{p,ilk} + U_{ls}^s + P_{lay}^{ilk} V_{ls}^{ilk} \quad (13)$$

Burada: M_{ls}^{ilk} - lay sisteminin ümumi kütləsi;

v - lay sistemini təşkil edən molekulların orta sürətidir.

Yataq tükənmə rejimində istismar edildikdən bir müddət sonra lay sisteminin ümumi enerjisi lay təzyiqinə uyğun olaraq azalacaqdır və təzyiqin hər hansı bir P_{lay}^1 qiyməti (retroqrad kondensasiyadan böyük) üçün (13) tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$E_{lay}^1 = M_{ls}^1 \frac{v^w}{2} + U_{ls}^{p,1} + U_{ls}^s + P_{lay}^1 V_{ls}^1 \quad (14)$$

Deməli, verilmiş təzyiq pilləsi üçün istifadə edilən enerjini aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\Delta E_{ls} = \Delta M_{ls} \frac{v^w}{2} + \Delta U_{ls}^p + \Delta P_{lay} V_{ls} \quad (15)$$

Lay sisteminin sıfırıncı enerjisi dəyişmədiyindən onun fərqi (15) ifadəsində nəzərə alınmamışdır.

Lay sisteminin tükənməsinin növbəti pilləsindən sonra istifadə edilən enerji miqdarının (15) ifadəsi əsasında aşağıdakıları mülahizə etməyə imkan verir.

1. Lay sisteminin bir hissəsi hasil edildiyindən onun kütləsi azalır və molekulların orta kvadratik sürəti sabit qaldıqda belə (lay temperaturunun dəyişməsi nəzərə alınmır) sistemin daxili kinetik enerjisi tükənməyə başlayır. Burada, lay temperaturunun sabit qalması qəbul edilə bilər, lakin bu bir sıra mürəkkəb istilik mübadiləsi ilə müşahidə edilir və bu mübadilə müntəzəm xarakterə malik olur.

2. Sistemin daxili potensial enerjisi təzyiq və həcm funksiyasıdır və əsasən molekullararası məsafə ilə xarakterizə edilir. Tükənmə zamanı lay sisteminin bir hissəsi hasil edildiyindən, onun daimi genişlənməsi və öz həcmi bərpa etməyə çalışması baş verir. Bu zaman sistemin həcmi sabit qalması onun sıxlığının azalması və molekullararası məsafənin artması ilə nəticələnir və daxili potensial enerji azalır.

Qeyd edildiyi kimi, tükənmə zamanı yatağın həcmi sabit qalmasına baxmayaraq, sistemin genişlənməsi baş verir. Hasil edilən lay sisteminin həcmi- ΔV layın termobarik şəraitinə gətirsək, yazıla bilər:

$$P_{lay}^{ilk} V_{ls}^{ilk} - P_{lay}^1 V_{ls}^1 = (P_{lay}^1 + \Delta P)(V_{ls}^1 + \Delta V) - P_{lay}^1 V_{ls}^1 \quad (16)$$

ifadənin sol tərəfini görülən cəm işi- ΔW əvəz etsək,

$$\Delta W = P_{lay}^1 \Delta V + \Delta P V_{ls}^1 + \Delta P \Delta V \quad (17)$$

Deməli, tükənmə zamanı lay sisteminin gördüyü iş genişlənmə və mexaniki işin cəminə bərabər olur.

Beləliklə, qaz-kondensat yataqları üçün yaradılmış enerji balansı tənliyindən məlum olur ki, yataqların istismarı zamanı lay sisteminin termodinamik tarazlıq halı hətta quyudibi zonadan kənarında, sistemin birfazlı qaz halında belə fasiləsiz pozulur. Sistemin daxili kinetik və potensial enerjisi onun həcmi və ya təzyiqinin dəyişməsi hesabına ardıcıl dəyişir. Bu amilin yataqların istismar sistemlərinin və təsir üsullarının seçilməsində nəzərə alınması yataqların səmərəli istismarını təmin edə bilər.

ƏSAS NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

1. Eksperimental tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, təzyiğin retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük qiymətlərində qaz-kondensat sistemi yüksək disperslik halında olur. İlk dəfə olaraq lay sisteminin aerosol halı kolloid sistemləri səciyyələndirən qanunlar əsasında şərh edilmiş və onun qaz-kondensat yataqlarının istismarında əhəmiyyəti kəmiyyətcə qiymətləndirilmişdir. Məlum olmuşdur ki, diferensial kondensasiya zamanı qeyd olunan intervalda təzyiq düşgüsünün vahid qiymətində daha çox qaz və kondensat hasil olunur və laya sistemin aerosol halında təsir etdikdə qaz vurmanın effektivliyi artır.

2. Aparılmış eksperimentlərdən müəyyən edilmişdir ki, qaz-kondensat sistemində aerosolun dayanıqlığı Arximed, ağırlıq və özlü qüvvələrlə yanaşı səthi qüvvələrin təsiri altında müəyyənləşir. Bu səbəbdən məsaməli mühitdə retroqrad kondensasiya pVT bombasına nisbətən 20-25% böyük təzyiqlərdə başlayır və təzyiğin retroqrad kondensasiya intervalında lay modelinin məsaməliyinin 5 dəfə azalması lay sisteminin kondensat amilinin 3 dəfədən çox azalmasına səbəb olur.

3. Qaz-kondensat sisteminin kontakt və diferensial kondensasiya tədqiqat üsulları təhlil edilərək təkmilləşdirilmişdir. Təzyiğin artması zamanı maye və qaz fazalarının sıxlıqlarının bərabərləşməsi prinsipindən və lay sisteminin sıxılma qanunauyğunluğundan istifadə edərək lay sisteminin kondensasiya təzyiqini lay modelində də təyin etməyə imkan verən metodologiya təklif edilmişdir.

4. İlk dəfə olaraq müəyyən edilmişdir ki, çoxkomponentli sistemlərdə baş verən retroqrad proseslərin mahiyyətini maye və qaz komponentləri arasında həllolma və maye komponentlərin dispersləşməsi ilə yaranan fiziki münasibətlər təşkil edir. Tədqiqat məlumatları əsasında çoxkomponentli sistemin böhran nöqtəsində qaz komponentlərinin miqdarının retroqrad buxarlanma və ya dispersləşmə üçün ən kiçik qiymətə malik olması sübut edilmişdir.

5. Termodinamiki tədqiqatlardan aşkar edilmişdir ki, retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük təzyiqlərdə lay sistemində maye fazası mövcud ola bilər. Həmin maye fazasının lay sistemində, hətta yüksək təzyiqlərdə belə dispersləşə bilməyən ağır maye komponentlərin olması, yüksək təzyiqlərdə lay sisteminin yenidən kondensasiya etməsi və lay şəraitində retroqrad kondensasiyanın daha böyük təzyiqlərdə başlaması hesabına yaranması müəyyən edilmişdir. Bu nəticələrdən istifadə etməklə layda səpələnmiş

maye karbohidrogenin yaranma səbəbləri şərh edilmişdir.

6. Temperaturun böhran və krikondentim intervalında və təzyiğin retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyük qiymətlərində dispersləşmiş lay sisteminin halı tədqiq edilmişdir. İlk dəfə olaraq aşkar edilmişdir ki, təzyiğin izotermik və ya temperaturun izobarik dəyişməsi zamanı lay sisteminin “maye qazda” kolloid halından “qaz mayədə” halına və ya əksinə keçməsi mümkündür. Bu nəticə “Bulla-dəniz” yatağının termodinamiki tədqiqat nəticələri vasitəsilə sübut edilmişdir.

7. Qaz-kondensat yataqlarının tükənmə rejimi lay modelində və pVT bombasında modelləşdirilmiş və nəticələrin qarşılıqlı təhlilindən müəyyən edilmişdir ki, qaz-kondensat sisteminin tərkibində olan su istənilən halda retroqrad itkiləri artırır və yerləşmə vəziyyətindən asılı olaraq sərbəst maye, buxar və əlaqəli su formasında olan suların qaz-kondensat sisteminin faza çevrilmələrinə təsiri fiziki-termodinamiki mahiyyətinə görə bir-birindən əsaslı şəkildə fərqlənir.

8. Lay sisteminin fraksiya tərkibinin retroqrad proseslərə təsiri təhlil edilmiş və bu araşdırmalar xüsusi eksperimental tədqiqatlar vasitəsilə davam etdirilmişdir. Məlum olmuşdur ki, qaz-kondensat sisteminin maye hissəsi qaynama temperaturu nisbətən kiçik olan fraksiyalardan, məsələn, benzindən ibarətdirsə, belə mayenin verilmiş temperaturda qaz mühitində dispersləşmə təzyiqi kiçik və sistemin dispers fazası daha dayanıqlı olur.

9. Lay sistemi üçün yaradılmış enerji balansı tənliyindən məlum olmuşdur ki, yataqların istismarı zamanı termodinamiki tarazlıq halı hətta quyudibi zonadan kənardə sistemin birfazlı qaz halında belə daxili kinetik və potensial enerjinin ardıcıl dəyişməsi hesabına fasiləsiz dəyişir. Təklif edilmişdir ki, bu amil laya təsir üsullarının seçilməsində, layın enerji növlərinin düzgün idarə edilməsində, işçi agentə qoyulan tələblərin müəyyən edilməsində nəzərə alınmalıdır.

10. Qazın tərkibinin qaz-kondensat sisteminin duman yaranma və retroqrad kondensasiya təzyiqlərinə təsiri ilk dəfə olaraq müqayisəli şəkildə tədqiq edilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, lay sisteminin tərkibində maye karbohidrogendə həllolma qabiliyyəti yüksək olan qazlar istismar göstəricilərinə müsbət təsir göstərir. Belə ki, sistem daxilində azotun artması duman yaranma və kondensasiya təzyiqini artırır, lakin karbon qazının artması bu təzyiqlərin azalmasına və eyni zamanda, sistemin aerosol halının dayanıqlığının artmasına səbəb olur.

Dissertasiya işinin əsas müddəaları aşağıda göstərilən dərc olunmuş elmi işlərdə əks olunmuşdur:


1. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. Влияние пористой среды на испаряемость конденсата при воздействии «сухим» углеводородным газом // Доклады РАН, 2005, т.405, №3, с. 368-370
2. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. Экспериментальное изучение влияния пористой среды на испаряемость конденсата при воздействии «сухим» углеводородным газом // Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле, 2005, №3, с. 39-45
3. 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, с. 1-3
4. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. 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
5. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. Новое в фазовых превращениях при разработке газоконденсатных залежей / Материалы Конференции SPE. Москва: 2006, с. 1-4 (Abasov M.T., Abbasov Z.Y., Fataliyev V.M. et. al. A New in Phase Transformations on Gas-Condensate Fields Development // Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/104348-RU, 2006, p. 1-4)
6. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. Новое о механизме фазовых превращений в газоконденсатных системах // АНХ, 2007, №10, с. 21-28
7. Abasov M.T., Abbasov Z.Y., Fataliyev V.M. et. al. About processing borehole zone of condensate wells to increase their productivity / 150 Years of the Romanian Petroleum Industry Tradition and Challenges, Technical programm. Bucharest 14-15 October 2007
8. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. О влиянии пористой среды на дифференциальную конденсацию и технологические показатели разработки газоконденсатных залежей // АНХ, 2009, № 6, с. 19-22
9. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. О фазовых превращениях при разработке газоконденсатных залежей // Доклады РАН, 2009, т.427, №6, с. 802-805

10. Abasov M.T., Abbasov Z.Y., Fataliyev V.M. et. al. Phase Transformations in Condensate Pool Development // *Doklady Earth Sciences of Russian Academy of Sciences*, 2009, Vol.427A, №6, p.939-942
11. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. К методике определения конденсатоотдачи газоконденсатных залежей / *Индустриально- инновационное развитие нефтегазового комплекса Республики Казахстан / Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию Атырауского института нефти и газа. Атырау: 2010, II том, с.128-137*
12. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М., и др. О параметре давления начала конденсации газоконденсатной смеси и методе его определения // *НХ*, 2011, №2, с. 97-99
13. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. Экспериментальное изучение показателей воздействия на призабойную зону газоконденсатной скважины в зависимости от ее эксплуатации // *Известия НАН Азербайджана, Науки о Земле*, 2011, №2, с. 25-31
14. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. Экспериментальное исследование влияния различных факторов на показатели процесса истощения газоконденсатной залежи // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. ВНИИОЭНГ*, 2011, № 3, с. 65-68
15. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. Уравнение дифференциальной конденсации газоконденсатной системы с учетом пластовых условий // *АНХ*, 2011, № 9, с.22-25
16. Abasov M.T., Abbasov Z.Y., Fətəliyev V.M. və b. Qaz-kondensat qarışığının kondensasiyasının başlanma təzyiqi və onun təyini üsulu // *ANT*, 2012, №5, s. 30-34
17. Аббасов З.Я., Фаталиев В.М., Гамидов Н.Н. и др. 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.*
18. Аббасов З.Я., Фаталиев В.М., Гамидов Н.Н. и др. Изучение механизма образования микророзродышей 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.*
19. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. и др. Изучение влияния

- критических свойств газов на процесс испарения углеводородных конденсатов // Известия НАН Азербайджана, Науки о Земле, 2012, №3, с. 49-54
20. Аббасов З.Я., Джалалов Г.И., Фейзуллаев Х.А., Фаталиев В.М. и др. Моделирование процесса обработки призабойной зоны газоконденсатной скважины «сухим» газом на различных стадиях разработки залежи // Известия НАН Азербайджана, Науки о Земле, 2013, №3, с. 49-55
 21. Фаталиев В.М., Гамидов Н.Н., Мамедова Г.Г. и др. Экспериментальное изучение влияния плотности оставшегося в пласте конденсата на показатели процесса его испарения // Известия НАН Азербайджана, Науки о Земле, 2013, №3, с. 67-71
 22. 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.
 23. Fətəliyev V.M. Qaz-kondensat yatağının işlənilmə prosesində qalıq suyun kondensat itkisinə təsirinin eksperimental tədqiqi // AMEA, Xəbərlər, Yer elmləri, 2013, №4, s. 36-39
 24. Фаталиев В.М. Методические вопросы исследования влияния остаточной воды в пласте на фазовое поведение углеводородов // Нефть и газ, 2014, №4, с. 41-45
 25. 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
 26. Гамидов Н.Н., Фаталиев В.М. Влияние критических свойств газов на процесс испарения пластовых углеводородных конденсатов. Материалы XI Международной научно-практической нефтегазовой конференции. Кисловодск, 27-31 октября 2014, с. 45-46
 27. Гамидов Н.Н., Фаталиев В.М. Влияние растворимости газов различного состава в углеводородном конденсате на параметры разработки газоконденсатных месторождений // SOCAR, Научные Труды, 2015, №4, с. 36-40
 28. Фаталиев В.М. Исследования особенностей фазового поведения индивидуальных углеводородных компонентов в природных смесях / Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом / Сбор. науч. тр. международной научно-практической конференции. Новосибирск; 2015, выпуск II, с. 53-57

29. Abbasov Z.Y., Fataliyev V.M. Qaz-kondensat sistemlərinin yüksək təzyiqlərdə aerazol halı və onun xassələrinin eksperimental tədqiqi // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2015, № 9, s. 18-22
30. Abbasov Z.Y., Fətəliyev V.M., Qasımova R.C. Çoxkomponentli karbohidrogen sistemlərin retroqrad kondensasiya prosesinin maye və qaz münasibətləri zəminində tədqiqi // AMEA Xəbərlər. Yer elmləri, 2015, №1-2, s. 48-52
31. Abbasov Z.Y., Fataliyev V.M. Physical explanation of the retrograde condensation process in the gas-condensate reservoir condition // Proceedings of ANAS. The sciences of earth, 2015, №3, p. 60-67
32. Abbasov Z.Y., Fataliyev V.M. About the physical nature of the retrograde condensation pressure of gas-condensate systems in the porous media condition // The Reprints of NAS of Azerbaijan. 2015, v. LXXI, № 1, p. 60-65
33. Fətəliyev V.M. Qaz-kondensat sisteminin retroqrad kondensasiya təzyiqinin eksperimental təyini üsulları // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2015, №10, s. 3-7
34. Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. Физико-термодинамические аспекты влияния остаточной воды на фазовые превращения в газоконденсатных системах // Известия НАН Азербайджана. Серия Наук о Земле, 2015, №4, с. 10-15
35. Фаталиев В.М. Влияние воды на фазовые превращения в газоконденсатных системах // Электронный научный журнал Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика, 2015, вып.1(11), 11 с.
36. Hamidov N.N., Fataliyev V.M. Experimental study into the effectiveness of the partial gas cycling process in the gas-condensate reservoir development // Petroleum Science And Technology, 2016, v. 34, iss. 7, p. 677-684
37. 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
38. Abbasov Z.Y., Fataliyev V.M. The effect of gas-condensate reservoir depletion stages on gas injection and the importance of the aerosol state of fluids in this process // Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2016, v. 31, p. 779-790
39. Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. Исследование физико-термодинамических процессов в углеводородных системах при давлениях выше давления ретроградной конденсации / Фундаментальные и прикладные проблемы разработки месторождений нефти и газа / Материалы

- научной сессии, посвященной 90-летию со дня рождения академика Митата Теймур оглы Абасова. Баку: 2016, с. 135-186
40. Abbasov Z.Y., Fətəliyev V.M. Qaz-kondensat sisteminin retroqrad kondensasiya ərəfəsi aerosol halının yatağın istismar göstəricilərinə təsiri // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı. 2017, № 6, s. 30-36
 41. Abbasov Z.Y., Fətəliyev V.M., Həmidov N.N. The solubility of gas components and its importance in gascondensate reservoir development // Petroleum science and technology, 2017, v. 35, iss. 3, p. 249-256
 42. Аббасов З.Я., Фаталиев В.М. Изучение фазового поведения газоконденсатных систем при давлениях выше области ретроградной конденсации // Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле, 2017, №1-2, с. 65-71
 43. Фаталиев В.М. Влияние растворимости газов на фазовые превращения в газоконденсатных системах // Scientific Light. 2017, вып.1, №4, с. 90-93
 44. Fətəliyev V.M., Həmidov 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

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'V. M. Fataliyev', written in a cursive style.

Фаталиев Вугар Магеррам оглы

**ФИЗИКО-ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ
ПРЕВРАЩЕНИЙ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ
УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМАХ В УСЛОВИЯХ ГЛУБОКИХ
ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ**

РЕЗЮМЕ

Известно, что эксплуатация газоконденсатных месторождений сопровождается рядом сложных фазовых превращений, которые существенно влияют на показатели разработки. Сложность физико-термодинамической сущности отмеченного процесса и недостаточность фундаментальных знаний в этой области создает трудности при моделировании, прогнозировании процессов, происходящих в пластовой системе, и при составлении проектов разработки. С этой точки зрения, задачи, поставленные в диссертационной работе, и полученные результаты имеют как практическое, так и фундаментальное значение.

Аэрозольное состояние газоконденсатной системы при значениях давления выше давления ретроградной конденсации объяснено на основе законов, характеризующих коллоидные системы и, дана количественная оценка важности при эксплуатации месторождений. В то же время изучено влияние газов пластовой системы с высокой растворимостью в жидких углеводородах на эксплуатационные показатели.

Определено, что устойчивость аэрозоля в пористой среде устанавливается как силами Архимеда, тяжести и вязкостными силами, так и поверхностными силами. На этой основе объяснены причины начала образования жидкой фазы в форме микрочастиц в пористой среде при давлении на 20-25% выше давления ретроградной конденсации в бомбе РВТ. Полученными теоретическими данными были усовершенствованы методы дифференциальных контактных исследований пластовой системы и изучены пути более точного определения давления ретроградной конденсации.

На основе термодинамических исследований при давлении выше давления ретроградной конденсации выявлены очень чувствительные межфазовые обменные отношения в зависимости от количества жидкой фазы в пластовой системе и термобарического условия. При этом изучены причины образования наблюдаемой жидкой фазы и используя

эти результаты, определена термодинамическая сущность рассеянного в пласте жидкого углеводорода и его роль в эксплуатации месторождений.

На основе данных исследований было доказано, что в критической точке многокомпонентной системы диспергирование системы происходит при наименьших значениях газовых компонентов и разъяснена суть этого процесса. В интервале критической температуры и критического давления и при значении давления выше давления ретроградной конденсации было изучено состояние диспергированной пластовой системы на основе уравнений материального баланса, полученных в результате теоретических и практических исследований. Проанализирована возможность перехода системы из коллоидного состояния «жидкость в газе» в состояние «газ в жидкости» и наоборот при изотермическом изменении давления или изобарическом изменении температуры на примере результатов термодинамических исследований месторождения "Булла-Дениз".

Теоретическими и практическими исследованиями изучена физико-термодинамическая сущность влияния различных форм вод в зависимости от расположения их в пластовых условиях (свободная жидкость, пар, связанная вода) на фазовые превращения газоконденсатной системы. Помимо физической сущности выявленных различных механизмов влияния, также оценена их значимость в процессе разработки месторождения.

С целью выяснения причин нарушения состояния термодинамического равновесия, при эксплуатации газоконденсатных месторождений и установления их значимости были использованы уравнения энергетического баланса, отражающие изменения внутренней кинетической и потенциальной энергии пластовой системы. Обоснована важность учета полученных результатов для правильного использования различных видов энергии пласта, при выборе методов воздействия на пласт и при определении требований, предъявляемых к рабочим агентам.

Fataliyev Vugar Maharram

**PHYSICO-THERMODYNAMIC FUNDAMENTALS OF PHASE
TRANSFORMATION IN MULTICOMPONENT HYDROCARBON
SYSTEMS UNDER DEEP GAS-CONDENSATE RESERVOIR
CONDITION**

SUMMARY

It is known that, complex phase transformation can be observed during exploitation of gas-condensate reservoirs which significantly impacts on the effectiveness of a reservoir development project. The complicity of these processes and lack of base knowledge about the nature of the occurrences cause some difficulty in modeling and forecasting the natural ongoing processes in the reservoir and building the reservoir development projects. From this point of view, the purpose of targeted subjects and the importance of the obtained results in presenting the work make practical and theoretical sense and also have fundamental values.

The aerosol state of the gas-condensate mixture above the retrograde condensation pressure has been investigated based on fundamental principles of colloidal systems and assessed the importance of this state on gas-condensate reservoir development effectiveness. Also, the impact on the reservoir exploitation parameters of the reservoir fluid components which have high solubility capability in hydrocarbon liquids was investigated.

Apart from the three fundamental forces of colloidal systems which operate on fine particles in a solution which are: a gravitational force; a viscous drag force, and the 'natural' kinetic energy of particles and molecules in porous media or in reservoir conditions, surface energy and force between the rock surface and dispersed phase played a significant part. To support this conclusion, the reason why at a given constant temperature the retrograde dew point pressure of the gas-condensate system in the porous media is 20-25% higher than in the free cell was also explained. Also included, the Differential Condensation and Constant Composition Expansion test procedures have been developed in order to improve the retrograde dew point pressure accuracy.

As a result of thermodynamic test analysis of gas-condensate fluids it has been discovered that there is very sensitive phase behavior takes place between gas and liquid components in thermobaric condition above the retrograde condensation. Based on these obtained results and the reasons

for the existence of the dispersed or free liquid hydrocarbons (DLH) in the pressure range above the retrograde dew point have been described.

In accordance with experimental data, it was found that in the critical state of gas-condensate mixture the amount of gas components in the gas phase necessary for the appearance of retrograde processes has a minimum value. Also, the research indicated that when changing pressure isothermally or changing temperature isobaric in the region above the retrograde condensation gas-condensate system could change from “gas in the liquid” to the “liquid in gas” or visa versa colloidal state. These observations have a proven base on thermodynamic tests carried out on “Bulla-deniz” (Azerbaijan) gas-condensate field samples.

Fundamental aspects of the impact connate water on the hydrocarbon mixture phase change have also been studied. A more in-depth analysis carried out here on the basis of experimental and theoretical studies has identified three main areas of influence of residual water in the process. Depending on the conditions of the water in the reservoir: vapor, free liquid and irreducible water affects the phase transformation of the system and reservoir development in different ways.

The reasons and importance of instability of the thermodynamic equilibrium state of gas-condensate systems during exploitation of reservoirs has been investigated. For this purpose, the energy balance equations have been used which includes and reflects the change of the internal kinetic and potential energies of fluids during depleting reservoir pressure. The obtained results give a wide understanding of the source and type of reservoir energy, and also presents the requirements for selection of effective agents which can be used for maintaining reservoir energy.

Sifariş № 28. Tirajı 100 nüsxə

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası
Geologiya və Geofizika İnstitutunun mətbəəsi.
Bakı, H.Cavid pr. 119, Tel.: 539-39-72

На правах рукописи

ВУГАР МАГЕРРАМ оглы ФАТАЛИЕВ

**ФИЗИКО-ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ
УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМАХ В УСЛОВИЯХ
ГЛУБОКИХ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ**

2525.01- Разработка и эксплуатация нефтяных и
газовых месторождений

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

БАКУ – 2018