

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

QAZKONDENSAT YATAQLARININ İŞLƏNİLMƏSİNİN EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASI ÜSULLARI

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

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Samirə Dadaş qızı Məhərrəmovə**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Geologiya və Geofizika və Neft və Qaz İnstitutlarında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

Texnika elmləri doktoru
Xasay Azay oğlu Feyzullayev

Rəsmi opponətlər:

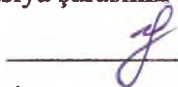
AMEA-nın müxbir üzvü, texnika
elmləri doktoru, professor
Qeyłani Minhac oğlu Pənahov

Texnika elmləri doktoru
Mahir Əbdülılı oğlu Rəsulov

Texnika üzrə elmlər doktoru, dosent
Natiq Muxtar oğlu Səfərov

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

Dissertasiya şurasının sədri: Texnika üzrə elmlər doktoru, dosent



Arif Ələkbər oğlu Süleymanov

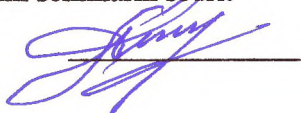
Dissertasiya şurasının
elmi katibi:



Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

Yelena Yevgenyevna Şmonçeva

Elmi seminarın sədri:



Texnika elmləri doktoru, professor

Arif Mikayıl oğlu Məmməd-zadə

İmzaları təsdiq edirəm

ADNSU-nun Elmi katibi,
t.e.n., dosent



Nərinə Tərlan qızı Əliyeva



İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Qazkondensat yataqlarının işlənmə təcrübəsi göstərir ki, qazın və qazlı mayenin çıxarılma imkanları kifayət qədər aşağı göstəricilərlə xarakterizə olunur və nəticə etibarlı ilə qaz və qazlı mayenin Yerində qalan həcmi miqdarları daimi artır.

Təbii karbohidrogen ehtiyatlarının çıxarılması üsullarının optimal variantlarının tapılması lay sistemlərinin tədqiqinin nəticələri və toplanmış işlənmə təcrübəsinin elmi ümumiləşdirilməsi yolu ilə mümkündür. Bununla əlaqədar olaraq, işlənmənin səmərəliliyinin artırılması baxımından lay sistemləri və proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi və onun əsasında qaz və maye karbohidrogenləri özündə saxlayan layların çoxsaylı işlənmə üsullarının praktikada tətbiq olunma üstünlüklərinin qiymətləndirilməsi ən səmərəli vasitələrdən hesab edilir.

Qaz sənayesinin qeyd olunan vacib məsələlərinin prinsipial həll olunma imkanlarına baxılması və həmçinin lay proseslərinin fiziki və riyazi modelləşdirilməsi üsulları və onlar əsasında karbohidrogen ehtiyatlarının mənimsənilməsi üçün məhsuldar laylara müxtəlif növ təsir üsullarının hidrodinamiki əsaslarının yaradılması, o cümlədən layların kondensat veriminin artırılması üçün laya müxtəlif karbohidrogen və qeyri-karbohidrogen qazlarla təsir məsələlərinin həll edilməsi, həmçinin işlənmədə səmərəli yeni quyu texnologiyaları variantlarının təklif edilməsi elmi-təcrübi aktuallıq kəsb edir.

İşdə qazkondensat yataqlarının işlənməsi zamanı baş verən mürəkkəb süzülmə prosesləri düzgün əks etdirən bir sıra nəzəri məsələlər və həmçinin layların kondensat veriminin artırılması üçün laya müxtəlif karbohidrogen və qeyri-karbohidrogen qazlarla təsir və maye karbohidrogen ehtiyatlarının mənimsənilməsi üçün horizontal quyuların konstruksiya variantlarının araşdırılması məsələləri həll edilmişdir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqatın obyektini işlənmənin müxtəlif mərhələlərində olan qazkondensat və qazkondensatneft yataqları, predmetini isə işlənmənin son mərhələsində

layda çökmüş kondensatın müxtəlif üsullarla hasil edilməsi ilə yataqların işlənilmə səmərəliliyinin artırılması təşkil edir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Tədqiqatın məqsədi qazkondensat yataqlarının işlənməsinin müxtəlif mərhələlərində laya karbohidrogen və qeyri-karbohidrogen qazlarla təsir etmə və layın horizontal quyularla işlənilmə proseslərinin hidroqazdinamik modelləşdirilməsi, işlənilmənin səmərəliliyinin artırılması üçün yeni işlənilmə üsullarının yaradılmasından ibarətdir.

Tədqiqatın əsas vəzifələri:

1. Qazkondensat layına başlanğıc kondensasiya təzyiqinə yaxın və maksimal kondensasiya təzyiqindən aşağı təzyiqlərdə karbohidrogen və qeyri-karbohidrogen qazlarla təsir prosesinin effektivliyini qiymətləndirməyə imkan verən nəzəri bazanın yaradılması.

2. Qaz və qazkondensat laylarının işlənilmə effektivliyinin artırılmasında horizontal quyuların konstruksiya variantlarının araşdırılması və onların tətbiqi imkanlarının qiymətləndirilməsi.

3. Tükənmə rejimində qaz və qazkondensat layının işlənilməsinin hidrodinamik modellərinin variasiya qoyuluşlu parametrik identifikasiyası üsullarının yaradılması.

Tədqiqat metodları. Qoyulmuş məsələlər hidroqazdinamik nəzəriyyənin, hesablama riyaziyyatı və riyazi fizikanın müasir üsullarının tətbiqi ilə həll edilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Qazkondensat layına başlanğıc kondensasiya təzyiqinə yaxın təzyiq səviyyəsində karbohidrogen və maksimal kondensasiya təzyiqindən aşağı təzyiqlərdə qeyri-karbohidrogen qazlarla təsir prosesinin effektivliyini qiymətləndirməyə imkan verən hesablama modelinin işlənilməsi və alqoritmi və onun proqram realizəsi.

2. Qaz və qazkondensat laylarının işlənilmə effektivliyinin artırılmasında horizontal quyuların optimal konstruksiya variantlarının araşdırılması üzrə hidrodinamika məsələlərinin həll üsulları.

3. Qaz və qazkondensat layının tükənmə rejimində işlənilməsinin quyuağzı və quyudibi məlumatlarının dəyişməsinə görə layı və flüidləri xarakterizə edən parametrlərin təyininin parametrik identifikasiyası üsulu.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Aparılmış kompleks tədqiqatlar və onların nəticələrinin ümumiləşdirilməsi aşağıdakı elmi yeniliklərin alınmasına imkan vermişdir:

1. Qazkondensat layına başlanğıc kondensasiya təzyiqinə yaxın və maksimal kondensasiya təzyiqindən aşağı təzyiqlərdə karbohidrogen və qeyri-karbohidrogen qazlarla təsir prosesinin effektivliyini qiymətləndirməyə imkan verən nəzəri baza və alqoritm işlənmiş və işlənilmənin texnoloji göstəricilərinin proqnozlaşdırılmasının proqram təminatı yaradılmışdır.

2. Qaz və qazkondensat layının horizontal quyu ilə işlənilməsi prosesi karbohidrogen sistemin layda süzülmə, quyu lüləsində axın, laydan horizontal lüləyə daxil olmasının balans tənliyinin birgə və onların zəruri başlanğıc və sərhəd şərtlətini ödənilməsi çərçivəsində modelləşdirilmiş və işlənilmənin effektivliyini təmin edən optimal konstruksiyanın seçilməsinin zəruri olan geoloji, texniki və texnoloji amilləri qiymətləndirilmiş və konkret misallar əsasında realizə olunmuşdur.

3. Tükənmə rejimində işlənən qaz və qazkondensat layının quyuağzı və quyudibi mədən məlumatlarının dəyişməsinə görə layı və flüidləri xarakterizə edən parametrlərin təyininin parametrik identifikasiyası üsulları işlənilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Yerinə yetirilmiş tədqiqatlar qazkondensat laylarının komponentveriminin artırılması məqsədilə laylara müxtəlif tərkibli karbohidrogen və qeyri-karbohidrogen qazlarla təsir etmənin modelləşdirilməsi bazasında yeni texnoloji üsulların təklif edilməsi, eləcə də qaz və qazkondensat yataqlarının horizontal quyularla işlənilməsinin effektivliyinin texniki-texnoloji göstəricilərinin qiymətləndirilməsinin elmi-metodiki əsaslarının inkişafına yönələn təcrübi əhəmiyyətli tədqiqatlardır.

Dissertasiya işində alınmış elmi yeniliklərin qaz və qazkondensat yataqlarının işlənilməsinin analizi və layihələndirilməsi zamanı işlənilmənin səmərəliliyini artırmaq üçün istifadəsi təklif edilir.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas müddəaları və nəticələrinin müzakirəsi:

- "İnformasiyalaşdırmanın, kibernetikanın və informasiya texno-

logiyalarının müasir problemləri” II Respublika elmi konfransında (26-28 oktyabr, Bakı, 2004-cü il)

- “Yer elmləri sahəsində tədqiqatların yeni istiqamətləri” Gənc alim və tələbələrin II Beynəlxalq elmi konfransında (8-10 oktyabr, Bakı, 2007-ci il)

- "Fundamental və tətbiqi geologiya elmi nəliyyətlər, perspektivlər, problemlər və onların həll yolları" mövzusunda gənc alim və tələbələrin V Beynəlxalq konfransında (14-15 noyabr, Bakı, 2013-cü il)

-“Akademik elm həftəliyi-2015” adlı Beynəlxalq Multidissiplinar Forumda (02-04 noyabr, Bakı,2015-ci il)

- Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Geologiya və Geofizika İnstitutunun “Neft və qaz yataqlarının işlənilməsi” seksiyasının seminarında (Bakı ş., 2015-ci il)

- Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Qaz-kondensat yataqlarının işlənilməsi və istismarı” kafedrasının elmi seminarlarında (Bakı ş., 2013-2016-cı illər)

- AMEA Yer elmləri bölməsinin “Neft və qaz yataqlarının işlənilməsinin fundamental və tətbiqi problemləri” mövzusu üzrə akademik Midhət Teymur oğlu Abasovun anadan olmasının 90 illiyinə həsr olunmuş elmi sessiyasında (Bakı, 2016)

Dissertasiya işinin mövzusu üzrə 16 iş dərc olunmuşdur, onlardan 6-sı məqalə, 10-u konfrans materialıdır.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı: Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Geologiya və Geofizika İnstitutu; Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Neft və Qaz İnstitutu.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi: Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, nəticələr, 199 sayda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarət olmaqla 147 səhifə təşkil edir. Dissertasiya işinə 5 sayda şəkil, 32 sayda qrafik və 4 sayda cədvəl daxil edilmişdir. Dissertasiyanın, cədvəllər, qrafiklər, şəkillər və ədəbiyyat siyahısı istisna olunmaqla, ayrı-ayrı hissələri üzrə işarə ilə həcmi titullar - 354 , mündəricat - 2978 , giriş - 7352 , I fəsil - 52690, II fəsil - 36295 ,

III fəsil - 41338, IV fəsil - 23775, nəticə - 1967 işarə olmaqla, ümumi həcmi 166749 işarə təşkil edir.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Giriş hissədə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın predmeti, işin elmi yenilikləri şərh edilmiş və əsas nəticələr verilmişdir.

Birinci fəsildə qazkondensat yataqlarının işlənilməsi zamanı lay proseslərinin modelləşdirilməsi problemləri və onun qaz-maye qarışığının faza halının təyini üsullarının müxtəlif modifikasiyalarının, yataqların işlənilməsinin səmərəliliyinin artırılması problemlərinə dair tədqiqatların icmalı verilmiş, karbohidrogen ehtiyatlarının mənimsənilmə səmərəliliyinin artırılmasında vacib olan müəyyən qrup məsələlərin öyrənilməsi zəruriliyi əsaslandırılmışdır.

Qazkondensat sisteminin süzülmə prosesi əsasən ikifazlı ikikomponentli və çoxkomponentli differensial tənliklər sistemi ilə modelləşdirilir. Süzülmənin ikifazlı ikikomponentli modeli ilk dəfə M.T.Abasov (1963), F.Q.Həsənov (1963) və B.Knyazev (1963), S.Nevill (1963) tərəfundən təklif edilmişdir. Bu hala uyğun bütün karbohidrogen qatışığı potensial qaz və potensial kondensata ayrılır və onların hər birinin lay şəraitində hər iki fazada olmaları qəbul edilir. Qazkondensat sisteminin süzülməsinin çoxkomponentli modeli isə sistemin süzülməsini faza keçidli ikifazlı çoxkomponentli hərəkət kimi qəbul edir. Bu istiqamət isə P.Kollinz (1964), Y.P.Jeltov (1962), M.D.Rozenberq (1963), B.N.Nikolayevski (1965), A.K.Kurbanov (1964), K.X.Kouts (1980) və başqalarının tədqiqatlarında daxil edilmişdir.

İkifazlı ikikomponentli modelə daxil olan termodinamiki parametrlərin təyininin hesablama üsulu izotermik difkondensasiya, hal tənliyi və psevdokomponentlərdən istifadə edilməklə M.T.Abasov, Z.Y.Abbasov, Q.İ.Calalov və X.A.Feyzullayev (2006) tərəfindən təklif edilmişdir.

Çoxfazlı çoxkomponentli süzülmə modelinə daxil olan

fazaların fiziki xassələrini xarakterizə edən parametrlərin təzyiq, temperatur və tərkibdən asılı olaraq təyininin iki əsas - gətirilmə təzyiqi və qarışığın bu və ya digər vahid hal tənliyi vasitəsi ilə hesablama üsulu A.Y.Hamiot, R.Rid, T.Şervud, K.N.Coats, Q.S.Stepanova, Q.R.Qureviç, A.İ. Bruysilovski (2002), N.M. Viboronov, E.D. Karlinski, A.İ.Şirkovski və s. tərəfindən daxil edilmişdir. Təzyiqin gətirilmə üsulunda fazalara görə komponentlərin faza müvazinət sabiti, təzyiq, temperatur və tərkibi xarakterizə edən bir parametrdən - gətirilmə təzyiqindən asılı approksimasiya edilir.

Gətirilmə təzyiqin hesablanma prinsipi ondan ibarətdir ki, ilkin sistem binar model şəklində əvəz olunur və axtarılan parametr ona görə hesablanır. Təsvir olunan yanaşmanın çatışmayan cəhəti fazaların sıxlığı və tarazlıq sabitinin termodinamiki kəmiyyətlərin müəyyən dərəcədə uyğunsuzluğudur. Bu amil böhran təzyiq və temperatur oblastlarında və həmçinin birfazlı və ikifazlı oblastların sərhəddində hesablama xətalарına gətirib çıxarır. Qaz və maye fazalar üçün vahid hal tənliyindən istifadə əsasında yanaşma üsulu isə termodinamiki münasibətlər sisteminin yuxarıda təsvir edilən çatışmamazlığı üzərində çoxsaylı üstünlüklərə malikdir. Hal-hazırda fazaların real xassəsini tam dolğun nəzərə almağa imkan verən müxtəlif modifikasiyalı hal tənlikləri mövcuddur. Təklif olunan və işlənmiş bütün hal tənlikləri iki əsas - çoxəmsallı və kubik növə bölünür.

Çoxəmsallı hal tənliklərindən qarışığın buxar-maye tarazlığının və yüngül karbohidrogenlərin istilik-fiziki xassələrinin modelləşdirilməsi zamanı Benedikt-Vebba-Rubinin səkkiz əmsallı tənliyi və onun ən uğurlu modifikasiyası on bir əmsallı Starling Khan hal tənliyi geniş tətbiq edilir. Lakin, çoxəmsallı tənliklər kifayət qədər mürəkkəbdir, bu tənliklərin köklərini təyin etmək üçün iterasiya prosedurları tələb olunur.

Əsasən, kubik (həcmə nisbətən) hal tənlikləri mühəndis hesablamaları üçün daha əlverişlidir. Onların nəzəri əsasını məşhur Van-der-Vaalsın hal tənliyi təşkil edir. Van-der-Vaals tipli hal tənlikləri sadəliyi və köklərin analitik təyini imkanları ilə çox əmsallı tənliklərdən müsbət mənada fərqlənir. Bu zaman kub hal tənlikləri

çox vaxt həm müəyyən üstünlüyünü saxlayır, həm də təmiz maddələrin və onların qarışıqlarının termodinamik xassələrinin hesablanması düzgünlüyünə görə çoxəmsallı tənlikləri üstələyir.

Van-der-Vaals tənliyinin daha dəqiq olan modifikasiyası Penq-Robinson (PR) hal tənliyidir. Bu kubik hal tənliyi təbii qaz-kondensat-neft sistemlərinin xassələrinin modelləşdirilməsinin ən geniş yayılmış növüdür. Bununla belə, təcrübə bu hal tənliyinin 30 MPa-dan yüksək təzyiqlərdə, həmçinin C_{5+} qrupunun komponentlərinin əhəmiyyətli tərkib hissəsi olan qaz-kondensat qarışıqları üçün həm faza vəziyyətinin hesablanması, həm də süni (yəni tədqiqat məqsədləri üçün xüsusi olaraq yaradılmış) və təbii qarışıqların buxar (qaz) və maye fazalarının pVT xassələrinin modelləşdirilməsində müəyyən səhvlərə gətirir. Adətən buxar (qaz) fazasının sıxlığı həddindən artıq yüksək, maye fazanın sıxlığı isə aşağı qiymətləndirilir.

100 MPa-a qədər təzyiqlərdə və 200 °C-ə qədər temperaturda təbii neft və qaz qarışıqlarının pVT xassələrini mühəndislik məqsədləri üçün kafi olan dəqiqliklə (ehtiyatların hesablanması, yataqların işlənməsi layihəsi) hesablamağa imkan verən Z.Y.Abbasov, A.İ. Bruysilovski hal tənlikləri təklif edilmişdir.

Çoxfazlı çoxkomponentli süzülmə nəzəriyyəsi əsasında karbohidrogen yataqların işlənilməsi zamanı layda kondensatveriminin artırılması istiqamətində mövcud işlərin interpretasiyası əsasında effektiv texnologiyaların qiymətləndirilməsinin analizi verilmiş və layda və quyuların quyudibi zonasında toplanmış retroqrad kondensatın çıxarılma imkanlarının qiymətləndirilməsinin bir sıra texnoloji məsələlərin həllinin vacibliyi əsaslandırılmışdır.

Bu baxımdan real qazkondensat sistemlərin süzülməsinin çoxkomponentliyi və onun faza halının (pVT xassələrinin) dəyişməsinə təzyiq, temperatur və tərkibdən asılı olaraq hal tənliyinin köməyi ilə realizə edilməklə, karbohidrogen yataqların işlənilməsinin innovativ xarakterli məsələlərinin həll edilməsini və onların həllinin ədədi üsulların köməyi ilə yüksək sürətli kompüter texnologiyasının tətbiqi nəticəsi olaraq tapılmasını zəruri edir.

Bu kontekstdə işdə qazkondensat yataqlarının işlənilmə məsələ-

lərinin həlli üçün işlənilmə şəraitindən asılı olaraq hidrodinamiki modellə kompleks tədqiqatlar aparılmış və qazkondensat yataqlarının işlənilməsi səmərəliliyinin ümumi qanunauyğunluqları müəyyənləşdirilmiş və baxılan məsələlərin həllininin praktiki əhəmiyyətli nəticələrinin əsas məğzinin interpretasiyası növbəti fəsillərdə daxil edilmişdir.

İkinci fəsildə qranulyar kollektorlar üçün başlanğıc kondensasiya təzyiqindən aşağı və maksimal kondensasiya təzyiqindən yuxarı təzyiq intervalında laya maye karbohidrogenlərlə zənginləşdirilmiş qaz ilə və qeyri-karbohidrogen qazlarla təsiretmə məsələləri həll edilmişdir.

Qazkondensat yataqlarının əsas işlənilmə üsulu təbii lay enerjisindən istifadəyə əsaslanır. Bu onunla əlaqədardır ki, belə işlənilmədə az xərclər tələb olunur və kifayət qədər qazvermə əmsalı (90%-a qədər) alınır, lakin bu zaman çoxsaylı çatışmazlıqlar əmələ gəlir. Ən ciddi problemlərdən biri retroqrad kondensatın layda və quyuətrafi zonada toplanmasıdır. Yəni küllü miqdarda maye karbohidrogenlər itgisinin baş verməsidir. Ən klassik nümunə kimi Bulla-dəniz yatağının tükənmə rejiminin sonu üçün kondensatvermə əmsalının başlanğıc ehtiyatın 29%-nı təşkil etməsini göstərmək olar. Kondensatveriminin artırılması üçün çoxsaylı üsullardan bir neçəsi istisna olmaqla, digərləri yüksək kapital və istismar xərclərinə görə qaz-mədən praktikasında tətbiq edilmir. Bu baxımdan qazkondensat yataqlarının istismarı və laylara təsir üsullarının minimal xərc tələb edən və qazkondensat ehtiyatlarının çıxarılmasının artırılması üçün kifayət qədər səmərəli üsulların elmi cəhətdən əsaslandırması və tətbiqi müküm aktualıq kəsb edir.

Quyudibi zonada qazkondensat sisteminin tərkibi lay qarışığının cari tərkibi ilə müqayisədə kəskin fərqlənir. Ona görə də quyuların quyuətrafi zonasında qaz və maye fazaları arasındakı kütlə dəyişmələri prosesi ümumən yataqda baş verən proseslərdən kəskin şəkildə fərqlənir. Odur ki, lay təzyiqi maksimal kondensasiya təzyiqindən yuxarı olduqda layın quyudan uzaq hissələrindən (bir qədər yüksək təzyiq) quyudibi zonaya (bir qədər aşağı təzyiq) zənginləşmiş qaz fazası daxil olur. Lay təzyiqi maksimal kon-

densasiya təzyiqindən yuxarı saxlamaqla quyudan hasil olunan zənginləşmiş qaz fazasını yenidən vurucu quyu ilə laya qaytarmaqla layın qazkondensat sisteminin quyulara tərəf hərəkətinə impuls vermək olar. Bu kontekstdən laydan götürülən bütün qazdan C_5+ karbohidrogenləri ayrıldıqdan sonra toplanan “quru” karbohidrogen qaza təzyiq altında müəyyən miqdar yüngül maye C_{2-4} komponentləri əlavə edilməklə alınan qazın vurucu quyulara vurulması və layın qazkondensat sisteminin istismar quyularına tərəf sıxışdırılması məsələsinə baxılır. Konkret qazkondensat layının işlənilməsi zamanı yüngül maye karbohidrogenlərlə zənginləşdirilmiş qazın vurulması üsulunun tətbiqinin səmərəliliyinin qiymətləndirməsi üçün baxılan yatağın tükənmə rejiminin yol verilə bilən lay təzyiqinə qədər işlənilməsi, tam və hissə-hissə Saykling-proses variantları ilə müqayisəsi aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, karbohidrogenlər araqatının yaradılmasında layın C_{2-4} karbohidrogenlərinə görə ehtiyatının 20%-i həcmində laya qaytarılaraq vurulması işlənilmənin optimal variantı kimi seçilə bilər və onun hasilat nəticələri ənənəvi Saykling prosesi və hissə-hissə Saykling-prosesin nəticələri ilə müqayisə olunandır. Umumi kontekstdə üsulun qaz və kondensatvermə nəticələrinin qiymətləri hissə-hissə Saykling-proses ilə ənənəvi Saykling prosesin nəticələrinin aralıq qiymətləri intervalında dəyişir.

Qazkondensat yataqlarının kondensatveriminin artırılmasının mümkün hesab edilən müxtəlif üsulları içərisində ən geniş yayılan lay təzyiqini saxlamaq üçün laydan çıxarılan “quru” qazın laya vurulması üsuludur. Bu üsulla laydan çıxarılan kondensatın proqnoz əmsalı ən yüksək olur. Lakin üsulun çatışmayan cəhətlərindən biri yatağa vurulan qazın uzun müddət üçün istifadə edilə bilməməsidir. Təcrübələri və mədən tədqiqatları lay təzyiqini saxlanması üçün qeyri-karbohidrogen qazların və onların karbohidrogen qazlarla qarışığının tətbiqinin məqsədə uyğunluğunu təsdiq edir və qeyri-karbohidrogen qaz kimi azot və karbon qazı istifadə edilə bilər. Kondensatverim əmsalının artırılması məqsədi ilə qazkondensat yataqlarının işlənilməsində tətbiq olunması məsləhət bilinən müxtəlif işlənilmə variantlarının, o cümlədən qeyri-karbohidrogen qazların və

onların karbohidrogen qazlarla qarışığının tətbiqinin effektivliyinin keyfiyyətə qiymətləndirilməsi aktual məsələlərdəndir. Bu kontekstdən laya qeyri-karbohidrogen qazlarla - azot (birinci hal) və ya karbon qazı (ikinci hal) ilə təsir posesinə baxılır. Vurulan qazın ümumi həcmi istismar zamanı laydan hasil edilən ümumi hasilatın əsas hissəsini təşkil edir. Birinci halda işlənilmədə lay təzyiqinin saxlanması üçün azotdan istifadə edilmişdir. İşlənilmənin bütün müddəti ərzində laya 972 milyon m^3 azot vurulmuşdur. Bu halda laydan çıxarıla bilən kondensatın proqnoz əmsalı 71,7%-ə bərabər olmuşdur. İkinci halda lay təzyiqinin saxlanması üçün karbon qazı istifadə edilmiş və onun laya vurulan miqdarı 1024 milyon m^3 olmuşdur. Bu halda isə kondensatın son çıxarılma əmsalı 74,2% təşkil etmişdir. Qazkondensat layına qeyri-karbohidrogen qazın (azot və ya karbon qazının) vurulmasının effektivlik dərəcəsinin qiymətləndirilməsi üçün quru qazın vurulması usulu ilə müqayisəsi aparılmışdır. Laya azot və karbon qazı ilə təsirdə alınan son kondensatvermə əmsalı “quru” qazla təsir variantının nəticələri ilə müqayisə olunandır. Quru və karbon qazının əldə edilməsində müəyyən məhdudiyyətlər və onların bəhə qiymətləri lay təzyiqinin saxlanması iqtisadi cəhətdən bir alternativ kimi azotun istifadəsinə üstünlük verilməsini zəruri edir.

Qazkondensat yataqları əsasən lay enerjisi hesabına işləniləndə lay təzyiqi başlanğıc kondensasiya təzyiqindən aşağı düşdükdə qaz fazasında həll olan yüksək molekulyar komponentlər tədricən qaz fazasından ayrılaraq layda çökür, yəni retroqrad hadisələr baş verir. Məsələrdə toplanan hərəkətsiz maye faza quyulara qaz axınına qarşı müqavimət göstərir və qaz və kondensata görə hasilatın tədricən azalması baş verir. İşlənilmənin müəyyən mərhələsində (əsasən azalma və son mərhələsində) isə məhsuldarlığın kəskin azalması səmərəlik göstəricilərini pisləşdirir. Layda çökmüş karbohidrogen kondensatın çıxarılmasının perspektiv üsullarından biri “quru” qazın tərkibində qeyri-karbohidrogen qazlarla (azot və ya karbon qazı) laya təsir üsuludur. Bu üsul təbii və süni məsələli mühitin lay modelində təcrübi əsaslandırılmış və müəyyən olunmuşdur ki, “quru” qaza 22% azot və ya “quru”qaza 30% karbon qazı əlavə

olunduqda çökmüş kondensatın buxarlanma qabiliyyəti “quru” qazla kondensatın buxarlanması ilə müqayisədə, demək olar ki, eynidir. Yəni layda çökmüş kondensata “quru” qazın tərkibində həmin qazlarla bir neçə dəfə təsirlə onun müəyyən hissəsinin çıxarılması mümkündür. Lakin təcrübi tədqiqatlar qazkondensat qarışığının quyulara çoxölçülü axınının bir sıra xüsusiyyətlərini nəzərə ala bilmir. Bununla əlaqədar olaraq, qeyd olunan ideyanın inkişafı kimi qazkondensat layının real şəraitini nəzərə almaqla “quru” qazın tərkibində qeyd olunan nisbətdə qeyri-karbohidrogen qazlarla təsirin nəzəri araşdırılması praktiki aktuallığa malikdir. Bu baxımdan işlənilmənin son mərhələsində olan qazkondensat layına “quru” və müəyyən nisbətdə qeyri-karbohidrogen qazla təsiretmənin effektivliyinin qiymətləndirilməsi məsələsinə baxılır. Dərində yerləşən Bulla-dəniz qazkondensat yatağının V blokunun VII horizontunun təmsalında maksimal kondensasiya təzyiqindən aşağı təzyiqə qədər işlənilməsindən sonra ona qazla təsirlə retroqrad kondensatın hasilat quyularına sıxışdırılmasının ədədi hesablamaları aparılmış və işlənilmənin texnoloji göstəriciləri proqnozlaşdırılması əsasında müəyyən edilmişdir ki, tükənməkdə olan laya “quru” qazın tərkibində qeyri-karbohidrogen qazlarla (azot və ya karbon qazının) təsir (uyğun iki variantında) işlənilmənin tükənmə rejimi ilə müqayisədə kondensat vermə əmsalının kəskin artmasına gətirir. Təsirin uyğun iki variantında retroqrad kondensatın çıxarılmasının hesablamə nəticələri bir-birindən, demək olar ki, fərqlənmir və onlardan istənilən birinin iqtisadi göstəricilərlə əsaslanmaqla seçilməsi perspektivli hesab edilir.

Üçüncü fəsildə horizontal quyuların konstruksiya variantlarının araşdırılması, horizontal lülələrin uzunluqlarının layın hündürlüyü boyunca paylanması və layın anizotropiyasının quyunun məhsuldarlığına təsirinin tədqiqi üzrə məsələlər həll edilmişdir¹.

İlkin olaraq, qərarlaşmış rejimdə bircins dairəvi anizotrop layda, layın daban müstəvisindən müəyyən $r_0 (0 \leq r_0 \leq 2r_k)$ məsafədə yerləşən müstəvi üzərində, lüləsinin uzunluğu, ümumi

¹ Məhərrəmov, S.D. Üfüqi quyuya qərarlaşmış rejimdə qaz axını prosesinin modelləşdirilməsi // – Bakı: Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, – 2023. №2, – s.21-27.

halda L olan üfüqi quyuya qaz axını məsələsinə baxılır (şəkil) və aşağıdakı tənliklər sistemi ilə modelləşdirilir:

- Kəsilməzlik tənliyi

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{k_r p \beta}{\mu Z p_{at}} \frac{\partial p}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{k_z p \beta}{\mu Z p_{at}} \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 0, \\ D = (r_q \leq r \leq r_k, 0 \leq z \leq h), \quad (1)$$

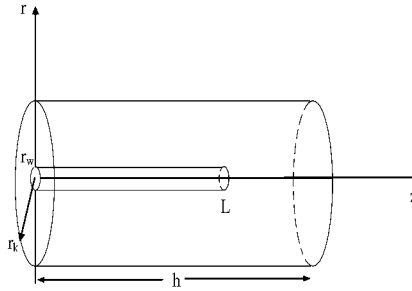
- Laydan quyu lüləsinə daxil olan qazın debitinin tənliyi

$$2\pi r_q \int_0^z \frac{k_r p \beta}{\mu Z p_{at}} \frac{\partial p(r, z)}{\partial r} \Big|_{r=r_q} dz = -Q^w(z), \quad (2)$$

- Quyu lüləsində hərəkət tənliyi

$$\frac{\partial p^w(z)}{\partial z} = F Q^w(z), p(r_q, z) = p^w(z), z \in \Gamma, \quad (3)$$

Burada r, z - fəza koordinatları; k_r, k_z - məsaməli mühitin r və z üzrə mütləq keçiricilikləri; μ - qazın özlülük əmsalı; D - qazın süzülmə oblasti; r_q - horizontal quyu konturunun radiusu; h - qidalanma konturunun uzunluğu; r_k - layın hündürlüyünün yarısını ifadə edir ($r_k = h/2$); $p(r, z)$ və $p^w(z)$ - layda və quyu lülələrində təzyiq; $\Gamma = (z_{min}, z_{max})$ - axının daxil olduğu quyunun $L = z_{max} - z_{min}$ lüləsinin səthi; $Q^w(z)$ - quyunun L lüləsinin səthindən daxil olan qazın hasilatı; $Q(z)$ - L lüləsinin Γ səthinin vahid uzunluğundan daxil olan qazın hasilatı; $F = \frac{8\mu}{\pi r_q^4}$ - sürtünmə funksiyası; $\beta = \frac{T}{T_{at}}$ - temperatur düzəliş əmsalı; T və T_{at} - məhsuldar layın cari və atmosfer şəraitinə uyğun olan temperaturu; Z - qazın sıxılma əmsalıdır.



Şəkil. Layın üfüqi quyu ilə istismarının təsvir sxemi

Qəbul olunur ki, qazın layda süzülməsi xətti Darsi qanununa tabedir və quyu lüləsində axın laminardır.

(1)-(3) tənliklər sistemi aşağıdakı sərhəd şərtləri daxilində həll edilməklə

$$2\pi h \frac{k_z p \beta}{\mu Z p_{at}} \frac{\partial p}{\partial z} \Big|_{z=0,h} = 0, \quad (4)$$

$$p(r_k, z) = p_k(z), \quad (5)$$

$$Q^w(z)|_{z=0} = Q_0 \quad (6)$$

naməlum $p(r, z)$, $p^w(z)$ və $Q^w(z)$ funksiyaları təyin edilir.

Təklif olunan hesablamə modelinə sonlu fərqlər sxemini tətbiq edilməklə alınan həll algoritmi əsasında layın və horizontal quyunun parametrlərinin məlum qiymətləri daxilində horizontal qaz quyunun lüləsinin səthi üzrə təzyiqin və horizontal lülənin səthindən lüləyə daxil olan qazın debitinin paylanması və digər texnoloji göstəricilər proqnozlaşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, horizontal quyunun maksimal debiti izotrop laylarda alınır, yəni anizotropiya əmsalı vahidə bərabər olduqda alınır². Layın anizotropiya əmsalının

² Məhərrəmovə, S.D., Səlimova, S.A. Qərarlaşmış rejimli qaz-kon-densat layının horizontal quyu ilə işlənilməsində texnoloji göstəricilərin qiymətləndirilməsi // “Heydər Əliyev və Azərbaycan neft strategiyası: Neft-qaz geologiyası və geotexnologiyalarında irəliləyişlər” mövzusunda Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans, – Bakı: – 23 – 26 may, – 2023, – s.831-835.

0,1 və 0,6 qiymətlərində geoloji şəraitin və layın süzülmə-tutum xassələrinin eyni verilənləri üçün horizontal quyunun məhsuldarlığı izotrop layın məhsuldarlığı ilə müqayisədə 10,08 və 1,4 dəfə azalır. Müəyyən uzunluqda seçilmiş horizontal lülənin layın hündürlüyü üzrə yerləşməsindən asılı olaraq, quyunun hasilatının dəyişmə dinamikası əsasında horizontal lülənin lay tavanından onun mərkəzi hissəsinə yerdəyişməsi zamanı quyu hasilatının artması, mərkəzindən tavana doğru isə azalması təsbit edilmişdir. Horizontal quyunun lüləsinin uzunluğu artdıqca, lülənin səthindən ona daxil olan qazın debiti azalması və lülənin uzunluğunun müəyyən qiymətindən sonra lülənin uzanmasının quyunun debitinə təsir etməməsi identifikasiya edilmişdir.

Qərarlaşmış rejimli qazkondensat layında horizontal quyuya qazkondensat sisteminin axını məsələsinə baxılmış və biricins dairəvi anizotrop layda, layın daban müstəvisindən r_0 məsafədə yerləşən müstəvi üzərində, lüləsinin uzunluğu, ümumi halda L olan üfüqi quyuya qazkondensat sisteminin axını

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \{rk_r V_q(r, z, s_k, p)\} + \frac{\partial}{\partial z} \{k_z V_q(r, z, s_k, p)\} = 0, \\ D = (r_q \leq r \leq r_k, 0 \leq z \leq h), \quad (7)$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \{rk_r V_k(r, z, s_k, p)\} + \frac{\partial}{\partial z} \{k_z V_k(r, z, s_k, p)\} = 0, \\ D = (r_q \leq r \leq r_k, 0 \leq z \leq h), \quad (8)$$

$$p(r, z)|_{r=r_k} = p_k(z), \quad (9)$$

$$k_z \{V_q(r, z, s_k, p) + V_k(r, z, s_k, p)\}|_{z=0, h} = 0, \quad (10)$$

$$2\pi r_q \int_0^z k_r \{V_q(r, z, s_k, p) + V_k(r, z, s_k, p)\}|_{r=r_q} dz = -Q^w(z), \quad (11)$$

$$Q^w(z)|_{z=0} = Q_0, \quad (12)$$

$$a_1^2 \frac{\partial^2 u_1}{\partial z^2} = \frac{\delta(z-z_{max})}{\rho_q} p(r_q, z_{max}) - \frac{\delta(z-z_{min})}{\rho_q} p(r_q, z_{min}), \quad (13)$$

$$a_2^2 \frac{\partial^2 u_2}{\partial z^2} = \frac{\delta(z-z_{max})}{\rho_k} p(r_q, z_{max}) - \frac{\delta(z-z_{min})}{\rho_k} p(r_q, z_{min}), \quad (14)$$

$$u_1|_{z=0} = u_2|_{z=0} = 0, \frac{\partial u_1}{\partial z}\Big|_{z=L} = 0, \frac{\partial u_2}{\partial z}\Big|_{z=L} = 0 \quad (15)$$

tənliklər sistemi ilə modelləşdirilmişdir: Burada

$$V_k(r, z, s_k, p) = \left(\frac{F_k(s_k)}{\mu_k(p)a_k(p)} + \frac{F_q(s_k)c(p)\beta}{\mu_q(p)z(p)p_{at}} \right) \frac{\partial p}{\partial r},$$

$$V_q(r, z, s_k, p) = \left(\frac{F_q(s_k)p\beta[1-c(p)\bar{\gamma}(p)]}{\mu_q(p)z(p)p_{at}} + \frac{F_k(s_k)S_k(p)}{\mu_k(p)a_k(p)} \right) \frac{\partial p}{\partial r};$$

p , m , s_k və k - müvafiq olaraq, cari təzyiq, məsaməlik, kondensatladoyma və keçiricilik; F_q və F_k - müvafiq olaraq, qaz və kondensata görə nisbi faza keçiricilikləri; $a_k(p)$ və $S_k(p)$ - müvafiq olaraq maye fazasının həcm əmsalı və maye fazasında həll olmuş qazın miqdarı; $c(p)$ - kondensatın qaz fazasında miqdarı; $\bar{\gamma}(p)$ - normal şəraitdə maye və qaz fazalarındakı kondensatın həcmi çəkirlərinin nisbəti; $\mu_q(p)$ və $\mu_k(p)$ - müvafiq olaraq qazın və maye fazanın özlülüyü; β - temperatur düzəlişi; p_{at} - atmosfer təzyiqi; h - layın hündürlüyü; r_q - quyunun radiusu; u_1, u_2 - uyğun olaraq, quyu lüləsinin istənilən en kəsiyində qaz və maye fazalarının yerdəyişmə deformasiyası; a_1, a_2 - uyğun olaraq, qaz və maye fazalarında səs dalğasının yayılma sürəti; r_k - quyunun drenaj radiusu; ρ_q, ρ_k - uyğun olaraq, horizontal lülədə qaz və maye fazalarının sıxlığıdır.

Horizontal lüləyə daxil olan Q^w qaz-maye qarışığının quyudan hasil olunan qaz-maye sisteminə bərabər olması qəbul edilir və təzyiq verilənlərinə və məlum Q^w qiymətinə görə (11)-(12) sistemindən p_q -in qiyməti təyin edilir. Sonra (7)-(10) və (13)-(15) sistemlərini həll edilməklə, p, s_k və u_1, u_2 qiymətləri tapılır. Tapılmış məlum qiymətlərə görə Q^w -in yeni qiyməti

$$Q^w = f \left(\phi_1 a_1 \frac{\partial u_1}{\partial z} + \phi_2 a_2 \frac{\partial u_2}{\partial z} \right)$$

ifadəsinə əsasən təyin olunur və (11)-(12) sistemindən p_q -in qiymətləri təyin edilir və proses analogi qaydada davam etdirilir. Burada f - horizontal lülənin en kəsiyinin sahəsi; ϕ_1, ϕ_2 - horizontal lülədə olan qarışıqda qaz və maye fazalarının həcmi konsentra-

siyasıdır.

Təklif olunan hesablama algoritmi əsasında layın və horizontal quyunun parametrlərinin məlum qiymətləri daxilində horizontal qazkondensat quyusunun lüləsinin səthi üzrə təzyiqin və horizontal lülənin səthindən lüləyə daxil olan qazın və kondensatın debitinin paylanması və zəruri texnoloji göstəricilər proqnozlaşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, qazkondensat layında işləyən horizontal quyunun lüləsi üzərində təzyiqlər fərqlərinin qiymətinin lülənin açılma perforasiyasının başlanğıcından sonuna doğru tədricən azalması lülənin vahid uzunluğuna düşən qaz və kondensata görə məhsuldarlığını azaldır və quyu lüləsi üzərində lülənin sonuna doğru maye sütununun həcmnin böyüməsi qaz quyusu ilə müqayisədə qazkondensat quyusunun işlənmə göstəricilərini pisləşdirir. Horizontal lülənin qazkondensat layının hündürlüyü üzrə mərkəzi hissədə yerləşməsi onun həm qaz və həm də kondensata görə məhsuldarlığını, digər yerləşmə halları ilə müqayisədə, daha yüksək edir. Layın sahə üzrə keçiriciliyi ilə müqayisədə hündürlük üzrə keçiriciliyinin aşağı olması halında ona horizontal quyunun qazılması səmərəli hesab edilmir.

Həmçinin, anizotrop və zəifkeçiricilikli, sərhədləri hər tərəfdən keçirməz qapalı məhsuldar layda qərarlaşmamış süzülmə rejimində horizontal quyuya qaz axını məsələsi həll edilmişdir. Horizontal lülənin layda yerləşmə vəziyyəti və onun uzunluğunun təzyiq və məhsuldarlığa təsiri araşdırılmış və laya qazılmış horizontal lülənin optimal uzunluğu identifikasiya olunmaqla qazvermə əmsalı qiymətləndirilmişdir.

Qazkondensat layının horizontal quyu ilə işlənməsi prosesi layda qazkondensat qarışığının süzülməsinin ikifazlı ikikomponentli sistem tənlikləri, quyu lüləsində qazkondensat sisteminin axını tənlikləri və onların zəruri başlanğıc və sərhəd şərtlərini ödənilməsi çərçivəsində modelləşdirilmiş və lülənin diametrinin və uzunluğunun horizontal quyunun debitinə təsiri qiymətləndirilmişdir. Horizontal lülənin diametri azaldıqca lülənin optimal uzunluğunun azalması və lülənin daxilində artan sürtünmə qüvvələrinin təzyiq itkilərini artırması hesabına quyunun məhsuldarlığının da mütənasib

olaraq həm qaza, həm də kondensata görə kəskin azalması müəyyən edilmişdir.

Dördüncü fəsildə tükənmə rejimində istismar olunan qaz və qazkondensat yataqlarında qazın və qazkondensat qarışığının quyuya izotermik süzülməsi şəraitində layın süzülmə-tutum parametrlərinin identifikasiyalı təyini məsələləri həll edilmişdir.

İşlənilmə prosesinin tam reallığa uyğun tənzimlənməsi və proqnozlaşdırılması əsasən hər bir quyunun məxsusi nisbi faza keçiricilikləri funksiyalarının adekvat təyin edilməsindən asılıdır. Bu məqsədlə ilkin olaraq qazkondensat qarışığının quyular sisteminə süzülməsinin ikifazlı ikikomponentli modeli bazasında nisbi faza keçiricilikləri funksiyalarının təyini məsələsi həll edilmişdir. Bu halda variasiya məsələsi müxtəlif zaman müddətlərində təzyiqin ölçülmüş qiyməti ilə hesablama qiyməti arasında fərq əsasında təyin olunan J funksionalının minimallaşdırılması kimi təyin olunmuşdur:

$$J(\alpha_q, \beta_q, \alpha_\kappa, \beta_\kappa) = \int_0^T \sum_{j=1}^n [p(x_j, y_j, t) - p_f(x_j, y_j, t)]^2 dt + \varepsilon(\alpha_q^2 + \beta_q^2 + \alpha_\kappa^2 + \beta_\kappa^2) \Rightarrow \min, \quad (16)$$

burada $p_f(x_j, y_j, t)$ və $p(x_j, y_j, t)$ - uyğun olaraq, təzyiqin quyularda ölçülən və hesablama qiymətləri; (x_j, y_j) - quyuların koordinatları; α_l və β_l ($l = q, \kappa$) nisbi faza keçiricilikləri funksiyalarının

$$F_l(s_l) = \begin{cases} \alpha_l \left(\frac{s_l - s_{l \min}}{s_{l \max} - s_{l \min}} \right)^{\beta_l}, & s_{l \min} \leq s_l \leq s_{l \max} \\ 0, & 0 \leq s_l \leq s_{l \min} \end{cases} \quad (17)$$

empirik asılılıqlarına daxil olan təyin olunması tələb olunan ədədlərdir.

$J(\alpha_q, \beta_q, \alpha_\kappa, \beta_\kappa)$ funksionalı $p_f(x_j, y_j, t)$ parametrinin qiyməti ilə xarakterizə olunan real fiziki prosesin riyazi modellə nə dərəcədə dəqiq ifadə edilməsinin keyfiyyət göstəricisidir. Bu zaman keyfiyyət göstəricisinə görə idarəetmə α_l və β_l parametrləri ilə yerinə yetirilir. $p(x_j, y_j, t)$ hesablanma qiyməti qazkondensat qarışığının $Q_{qj}(t)$, $Q_{\kappa j}(t)$ debitləri ilə işləyən quyular sisteminə ikiölçülü süzülməsi məsələsinin həllindən təyin edilir. Yatağın xarici konturu keçirməz-

dir. Quylar istismara buraxılmazdan əvvəl təzyiq layın bütün nöqtələrində eyni, kondensatladoyma işə bircinslidir.

Nisbi faza keçiricilikləri funksiyalarının identifikasiyalı təyini Bulla-dəniz qazkondensat yatağının V blok VII horizontunda apro-basiya olunmuşdur. Baxılan blok on sayda quyu ilə işlənilmişdir. Quyların lokal məlumatlarından istifadə edilməklə qazkondensat layının real şəraitinə hidrodinamik modelin adaptasiya üsulu təklif edilmiş və bütünlüklə horizontun işlənməsinə uyğun ortalaşdırılmış nisbi faza keçiricilikləri funksiyaları təyin olunmaqla işlənmənin növbəti illəri üçün proqnoz hesablamalarının dəqiqliyinin artırılması təmin edilmişdir.

Qaz və qazkondensat yataqları əsasən Yerin dərin qatlarında yerləşir və belə yataqlarda lay təzyiqi, temperaturu yüksək olur. Yataqlara qazılan quyların quyudibi və lay təzyiqləri ilə əlaqədar məlumatların qeyri-dəqiqliyi (və ya ölçülə bilinməməsi) hasilatın tənzimlənməsində müəyyən nöqsanlara şərait yaradır. Bu baxımdan quyuağzı təzyiqinə görə quyudibi və lay təzyiqinin tapılmasına imkan verən üsulun işlənməsi və onun bazasında layın süzülmə-tutum parametrlərinin identifikasiyalı təyini vacib məsələlərdən hesab edilir. Bu kontekstdən qazın süzülməsində quyuağzı parametrlərə görə deformasiya olunan lay parametrlərinin identifikasiyası məsələ-si həll edilmişdir. Fərz olunur ki, tükənmə rejimində hündürlüyü H olan qaz layı $Q_0^w(r_q, t)$ debiti ilə r_q radiuslu mərkəzi quyu ilə istismar olunur. Layın xarici sərhəddi keçirməzdir. Quyu istismara buraxıl-mazdan əvvəl layın bütün nöqtələrində təzyiq $p_0(r)$ -dir. Quyuağzı təzyiqinin qiymətlərinə görə deformasiya olunan layın keçiricilik və məsaməliyinin təyin olunması tələb olunur. Baxılan məsələ real qazın layda süzülmə tənliyini və onun başlanğıc-sərhəd şərtlərini, quyu lüləsində qazın axın tənliyi və onun başlanğıc-sərhəd şərtlərini və laydan quyu lüləsinə daxil olan qazın balans tənliyini özündə saxlayır və onların birgə həllindən layın keçiricilik və məsaməliyinin empirik funksiyalarına daxil olan naməlum əmsallar quyudibi təzyi-qinin faktiki qiyməti ilə hesablanan qiyməti arasındakı fərqi kvadratına görə daxil olunan funksionalın minimallaşdırılması əsa-sında təyin edilir. Bu zaman işlənmənin istənilən çəri müddətində

quyuagzı təzyiqin məlum qiymətinə görə hesablanan quyudibi təzyiqi faktiki qiymət kimi qəbul edilir. Məsələnin həlli zamanı birinci yaxınlaşma kimi empirik əmsalların qiymətləri ixtiyari seçilir, onların həqiqi qiymətlərinin verilən dəqiqliklə alınması üçün daxil edilən funksionalın minimallaşdırılması üzrə müəyyən sayda iterasiya tələb olunur.

Çoxlaylı yataqlar hər horizonta qazılmış ayrıca quyular və bütün məhsuldar horizontları açmış eyni quyular vasitəsilə işlənib bilər. Bu baxımdan eyni quyular sistemi ilə çoxlaylı yataqların istismar sistemi variantlarının işlənilmə göstəricilərinin hesablanmasının daha dəqiq qazhidrodinamiki hesablama üsullarının yaradılması və onun süzülmə-tutum xarakteristikalarının təyini vacib və aktual məsələ olaraq qalır.

Fərz olunur ki, tükənmə rejimində ikilaylı qaz yatağı eyni bir quyu ilə istismar olunur. Qəbul olunur ki, birinci və ikinci laylarda başlanğıc anda təzyiqlər - p_{10}, p_{20} - dir. Layların keçiricilik, məsaməlik və effektiv qalınlıqları $k_i, m_i, h_i (i = 1, 2)$ -dir. Laylar arasındakı effektiv məsafə L -dir. Birinci layda quyudibi təzyiqi verilir. İkinci layda isə quyudibi təzyiqi birinci layın quyudibi təzyiqinə görə quyuda qaz-maye sütununun hidrostatik təzyiqi nəzərə alınmaqla təyin edilir. Laylarda istismar prosesində təzyiqin paylanma profillərinin təyinin və birinci laydakı quyudibi təzyiqinə görə quyunun ümumi hasilatının və həmçinin hər bir layın qaza görə hasilatının tapılması və süzülmə-tutum parametrlərinin təyini tələb olunur.

Verilən şərtlər daxilində tələb olunan işlənilmə göstəricilərinin proqnozlaşdırılması, qazın laylarda süzülmə tənliyinin başlanğıc və sərhəd şərtləri ödəyən həllinə görə təyin olunur:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r k_i(r, z) V_{qi}(r, t, z, p_i) \frac{\partial p_i}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k_i(r, z) V_{qi}(r, t, z, p_i) \frac{\partial p_i}{\partial z} \right] = \frac{\partial}{\partial t} \{ [m_i(r, z) A_i(r, z, t, p_i)] \}, i = \overline{1, 2}, (r, z) \in D, t \in (0, T), \quad (18)$$

$$p_i(r, z, t)|_{t=0} = p_{i0}(r, z), i = \overline{1, 2}, (r, z) \in D, \quad (19)$$

$$p_1(r, z, t)|_{r=r_q} = p_{1q}(t), p_2(r, z, t)|_{r=r_q} = p_{1q}(t) + \gamma L, \quad (20)$$

$$\left. \frac{\partial p_i(r,z,t)}{\partial r} \right|_{r=R_k} = 0, \left. \frac{\partial p_i(r,z,t)}{\partial z} \right|_{z=0,H} = 0, i = 1,2, t \in (0, T). \quad (21)$$

Burada $V_q(r, z, t, s, p) = \left(\frac{p\beta}{\mu_q(p)z(p)p_{at}} \right)$; $A(p) = \frac{p\beta}{z(p)p_{at}}$; D - süzülmə oblasti; t - zaman; T - işlənilmə müddəti; γ - qaz-maye sisteminin həcmi çəkisi; L - laylar arasы məsafə; r, z - fəza koordinatları; H - birinci layın zoxuna nəzərən yuxarı sərrəddi; r_q, r_k - uyğun olaraq quyunun və layın drenləmə radiusu; $i = 1,2$ - indeksi, uyğun olaraq, birinci və ikinci layı ifadə edir.

(18) sisteminin həlli üçün onlara daxil olan qazın pVT xassələri hesablanmalıdır. Bunun üçün (18) sistemi diferensial tükənmə prosesini ifadə edən

$$\frac{d}{dt} [V_{mi} \rho_{qi} y_{ij}] = -Q_{qi}(t) y_{ij}, i = 1,2; j = \overline{1, N}, t \in (0, T), \quad (22)$$

diferensial tənliklər sistemi və onun başlangıç şərtləri

$$p_i|_{t=0} = p_{i0}, y_{ij}|_{t=0} = y_{ij0}, i = 1,2; j = 1,2, \dots, N-2, \quad (23)$$

və qaz fazasının

$$p = RT \left[\frac{1}{V-b} - \frac{a}{V(V+c)} \right] \quad (24)$$

hal tənliyi birgə həll edilməlidir. Burada $Q_{qi}(t)$ - zamana görə laylardan götürülən qaz fazasının hasilatı; V_{mi} - məsaməli mühütün həcmələri; y_{ij} - laylarda qaz fazalarında j - cu komponentin molyar miqdarları; ρ_{qi} - laylarda qaz fazasının sıxlığı; N - qaz komponentlərin sayı; R - universal qaz sabiti; T - qazın temperaturu; V_i - laylar üzrə məsaməli mühütdə qaz həcmi; a, b və c - hal tənliyinin əmsallarıdır.

Daxil edilən həll üsulunun nəticələrinə görə təzyiqin və qaz fazasının komponent tərkibinin dəyişməsinə əsasən, (18) sisteminə daxil olan qazın həcmi əmsalı və qaz sıxlığının qiymətinə görə isə onun özlüliyü təyin edilir. Düz məsələnin həllindən laylar üzrə alınan işlənilmə məlumatları faktiki məlumatlar kimi qəbul etməklə məsaməlik və keçiricilik parametrlərinin təzyiqdən asılı

$$m_i(r, p_i) = m_{0i} m_i(p_i), m_i(p_i) = \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\alpha_{1i}},$$

$$k_i(r, p_i) = k_{0i} k_i(p_i), k_i(p_i) = \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\alpha_{2i}}, i = \overline{1, 2}. \quad (25)$$

empirik formasına daxil olan α_{1i} və α_{2i} naməlum parametrlərinin təyini üçün aşağıdakı funksiyanın

$$J(\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{21}, \alpha_{22}) = \int_0^T \int_0^{h_i} \sum_{i=1}^2 [p_i(r_q, z, t) - p_{iq}(t)]^2 dz dt +$$

$$+ \varepsilon(\alpha_{11}^2 + \alpha_{12}^2 + \alpha_{21}^2 + \alpha_{22}^2) \Rightarrow \min \quad (26)$$

qiymətinin minimallaşdırılması realizə olunmuşdur. Burada $k_i(p_i)$, $m_i(p_i)$ - uyğun olaraq, layın təzyiqdən asılı keçiriciliyi və məsaməliliyi; k_{0i} , m_{0i} - başlanğıc lay təzyiqində keçiriciliyin və məsaməliliyin qiymətləridir.

(18)-(20) düz məsələyə qoşma olan məsələnin təyini və onların birgə həlli əsasında (26) funksiyanın qradientinin tapılması və onun əsasında (25) empirik asılılığına daxil olan naməlum əmsallara görə iterasiyanın qurulması ilə realizasiyası deformasiya olunan hər bir layın süzülmə-tutum parametrlərinin kifayət qədər böyük dəqiqliklə təyin edilməsinə imkan verir.

NƏTİCƏ

Qazkondensat layına işlənilmənin müxtəlif mərhələlərində karbohidrogen və qeyri-karbohidrogen qazlarla təsir etmə və layın horizontal quyularla işlənilməsi effektivliyini qiymətləndirməyə imkan verən hesablama modelinin, işlənilmənin səmərəliliyinin artırılması üçün yeni üsulların və süzülmə-tutum parametrlərinin təyini üsullarının yaradılması istiqamətində tədqiqatlar aparılmış və bu zaman:

1. Maye karbohidrogen ehtiyatlarının mənimsənilməsində qazkondensat layına başlanğıc kondensasiya təzyiqinə yaxın və maksimal kondensasiya təzyiqindən aşağı təzyiqlərdə karbohidrogen və qeyri-karbohidrogen qazlarla təsir prosesinin effektivliyini qiymət-

ləndirməyə imkan verən ikifazlı çoxkomponentli süzülmə modelinin nəzəri bazası işlənmişdir.

2. Qazkondensat layına başlanğıc kondensasiya təzyiqinə yaxın təzyiq səviyyəsində yüngül maye karbohidrogenlərlə zənginləşmiş qazla təsirdə işlənmə effektivliyinin artırılmasını təmin edən layın yüngül maye karbohidrogenlər ehtiyatının hasil olunan həcmindən laya qaytarılan hissəsinin zəruri optimal həcmi qiymətləndirilmişdir.

3. Qazkondensat layına başlanğıc kondensasiya təzyiqinə yaxın təzyiq səviyyəsində qeyri-karbohidrogen qazlarla təsir etmədə “quru” qazla təsirin nəticələri ilə müqayisədə qaz- və kondensatvermə əmsallarının artırması imkanları əsaslandırılmışdır.

4. İşlənilmənin son mərhələsində olan qazkondensat layına “quru” qazın tərkibində müxtəlif nisbətdə qeyri-karbohidrogen qaz qarışığı ilə təsirdə retroqrad kondensatın çıxarılması prosesinin səmərəliliyi işlənilmənin tükənmə rejimi ilə müqayisədə qiymətləndirilmişdir.

5. Qaz və qazkondensat layının horizontal quyu ilə işlənməsi prosesi karbohidrogen sistemin layda süzülmə, quyu lüləsində axın, laydan horizontal lüləyə daxil olmasının balans tənliyinin birgə kombinasıyası çərçivəsində modelləşdirilmiş və işlənilmənin effektivliyini təmin edən optimal konstruksiyanın seçilməsində zəruri olan geoloji, texniki və texnoloji amillər müəyyənəşdirilmişdir.

6. Qaz və qazkondensat layının quyuağzı və quyudibi istismar göstəricilərinin faktiki məlumatların dəyişməsinə görə onun süzülmə-tutum parametrlərinin identifikasiyalı təyin üsulları təklif edilmişdir.

Dissertasiya işində təklif olunan texnoloji işlənmələr və onların hesablama üsulları qaz və qazkondensat yataqlarının lahiyələndirilməsi, onların ehtiyatlarının hesablanması işlərində tətbiq üçün tövsiyə oluna bilər.

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı çap olunmuş elmi işlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Абасов, М.Т., Джалалов, Г.И., Фейзуллаев, Х.А., Кулиев, Г.Ф., Джахрами, П.Б., Магеррамова, С.Д. Определение функций

относительных фазовых проницаемости при фильтрации газоконденсатной смеси к системе скважин // Труды II Республиканской научной конференции “Современные Проблемы Информатизации, Кибернетики и Информационных Технологий”, – Баку: – 26 – 28 октября, – 2004, – III том, – с.3-5.

2.Məhərrəmov, S.D. Qazkondensat quyularının məhsuldarlığının artırılması üçün onların quyudibi zonasının maye propanla işlənməsi // Gənc alim və tələbələrin II Beynəlxalq elmi konfransı “Yer elmləri sahəsində tədqiqatların yeni istiqamətləri”, – Bakı: – 8 – 10 oktyabr, – 2007, – s.52-53.

3.Məhərrəmov, S.D. Qazkondensat yatağının tükənmə rejiminin müxtəlif mərhələlərində quyuların quyudibi zonasına qazla təsiretmənin effektivliyinin qiymətləndirilməsi // Gənc alim və tələbələrin 5-ci Beynəlxalq elmi konfransı, – Bakı: – 14 – 15 noyabr, – 2013, – s.216-218.

4. Məhərrəmov, S.D. Quyudibi zonanın maye karbohidrogen qarışıqla işlənməsinə layın kollektor xassələrinin təsiri // “Fundamental və tətbiqi elmlərin aktual problemlərinin həllində multidissiplinar yanaşmanın rolu” mövzusunda gənc alim və mütəxəssislərin 1-ci Beynəlxalq Elmi Konfransının tezislər kitabı, – Bakı: – 15 –16 oktyabr, – 2014, – s.82-83.

5.Məhərrəmov, S.D. Çoxlaylı qazkondensat yataqlarının quyular vasitəsi ilə birgə istismarının işlənmə göstəricilərinin təyini // Akademik elm həftəliyi-2015” adlı Beynəlxalq Multidissiplinar Forum, – Bakı: – 02 – 04 noyabr, – 2015, – s.41-43.

6.Фейзуллаев, Х.А., Магерамова, С.Д. Идентификация параметров деформируемого пласта при фильтрации газа по устьевым данным скважин // “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.264-270.

7. Feyzullayev, X.A., Məhərrəmov, S.D. Tükənmə rejimində bir neçə izolə edilmiş qaz layının eyni quyular şəbəkəsi ilə istismarı prosesinin modelləşdirilməsi // – Bakı: Azərbaycan Neft Təsərrüfatı

Jurnalı, – 2016. №12, – s.24-28.

8. Фейзуллаев, Х.А., Халилов, М.С., Кулиев Э.А., Магеррамова С.Д. Моделирование газового воздействия на газоконденсатный пласт на завершающей стадии разработки // – Москва: Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, – 2018. №8, – с.48-52.

9. Maharramova, S.D., Salimova, S.A. Investigation into the impact of gas components in gas-condensate system on phase transformation in reservoir condition // Books of Abstracts, “Information technologies in solving modern problems of geology and geophysics”, VII International Scientific Conference of Young Scientists and Students, Dedicated to the 80th anniversary of Institute Geology and Geophysics, Azerbaijan National Academy of Sciences, – Baku: – 15 – 18 October, – 2018, – p.72-74.

10.Feyzullayev, X.A., Maharramova, S.D., Salimova, S.A., Aliyeva G.E. Modeling the process of the flowing as into the horizontal well in unstable condition of the gas layer // International conference dedicated to the 90th anniversary of academician Azad Mirzajanzade, – Baku: – 13 – 14 December, – 2018, – p.395-398.

11.Фейзуллаев, Х.А., Магеррамова, С.Д., Фейзуллаева, Н.М., Самедова, Г.Е. Моделирование процесса газожидкостного течения на газоконденсатном пласте с горизонтальной скважиной при неустановившемся режиме // Тезисы докладов XIV Международной научно-практической конференции “Новые идеи в науках о Земле”, – Том V, “Инновационные направления и цифровые технологии поисков, разведки и разработки, моделирование и подсчет запасов месторождений углеводородов”. – Москва: – 2 – 5 апреля, – 2019, – с.107-110.

12.Магеррамова, С.Д. Моделирование процесса газожидкостного течения в газоконденсатном пласте к горизонтальной скважине при неустановившемся режиме // – Москва: Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, – 2019. №9, – с.46-52.

13. Məhərrəmovə, S.D., Səmədovə, G.E., Səlimovə, S.A. Neft-qazkondensat yataqlarının neftlilik zonasının işlənilmə üsullarının

proqnoz nəticələrinin müqayisəli analizi // Gənc Alim və Mütəxəssislərin II Beynəlxalq Elmi Konfransı, – Bakı: – Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, SOCAR, – 03 – 06 mart, – 2020, – s.260-261.

14.Мареппрамова, С.Д. Повышение эффективности процесса извлечения конденсата на газоконденсатных месторождениях при различных режимах разработки // – Баку: SOCAR Proceedings, – 2021. №3, – с.63-67.

15.Məhərrəmov, S.D. Üfüqi quyuya qərarlaşmış rejimdə qaz axını prosesinin modelləşdirilməsi // – Bakı: Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, – 2023. №2, – s.21-27.

16.Məhərrəmov, S.D., Səlimova, S.A. Qərarlaşmış rejimli qazkondensat layının horizontal quyu ilə işlənilməsində texnoloji göstəricilərin qiymətləndirilməsi // “Heydər Əliyev və Azərbaycan neft strategiyası: Neft-qaz geologiyası və geotexnologiyalarında irəliləyişlər” mövzusunda Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans, – Bakı: – 23 – 26 may, – 2023, – s.831-835.

Müştərik müəlliflərlə yerinə yetirilən işlərdə müəllifin şəxsi rolu:

- [2-5, 12,14,15] -işlərini müstəqil yerinə yetirib,
- [1,8]-məsələnin qoyuluşu, həlli və təhlilində iştirak edib.
- [6,7,9,10,11,13,16]- işində iştirak etmək payı bərabərdir.



Dissertasiyanın müdafiəsi 20 may 2025-ci il tarixində saat 11⁰⁰-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.03 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

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

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

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

Avtoreferat "18" aprel 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 15.04.2025

Kağızın formatı: A5

Həcm: 36379

Tiraj: 100