

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

Əlyazması hüququnda

FEYZULLAYEV BABƏK XASAY OĞLU

**FLÜİDLƏRİN QEYRİ-BİRCİNS LAYLARDA ÇOXFAZALI
SÜZÜLMƏSİ ŞƏRAİTİNDƏ HİDROTERMODİNAMİKİ
PROSESLƏRİN MODELLEŞDİRİLMƏSİ**

İxtisas: 2525.01– Neft və qaz yataqlarının işlənməsi və istismarı

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

BAKI – 2017

İş Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətinin
"Neftqazəlmütədqıatlayihə" institutunda yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər:

AMEA-nın müxbir üzvü,
texnika elmləri doktoru, professor
Q.İ. Calalov

Rəsmi opponətlər:

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

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

Aparıcı təşkilat:

Bakı Dövlət Universitetinin Tətbiqi
riyaziyyat Elmi-Tədqıqat İnstitutu

Dissertasiyanın müdafəsi "29" yanvar 2018-ci ildə saat 14³⁰-da AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun nəzdindəki D.01.081 Dissertasiya Şurasının iclasında olacaq.

Ünvan: AZ1143, Azərbaycan, Bakı şəh., H.Cavid pr. 119

Faks: (+99412) 537 22 85

E-mail: gia@azdata.net

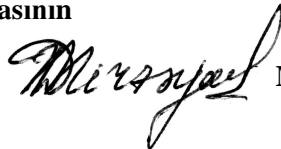
Dissertasiya ilə AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat "____" dekabr 2017-ci ildə göndərilmişdir.

D.01.081 Dissertasiya Şurasının

Elmi katibi, texnika üzrə

fəlsəfə doktoru



Mirzəyeva D.R.

İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

Tədqiqat mövzusunun aktuallığı. Neft və qaz yataqlarının layihələndirilməsi və səmərəli işlənməsi əsasən obyektin, lay və quyuların hidroqaz-termodinamik xüsusiyyətləri və süzülmə-tutum parametrləri haqqında dürüst məlumatların mövcudluğundan asılıdır. Məlumdur ki, neft-mədən təcrübəsində layların süzülmə-tutum və digər xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsində hidroqaztermodinamiki tədqiqat üsullarından istifadə edilir. Bu üsullar geoloji-geofiziki üsullarla birlikdə tətbiq edildikdə daha etibarlı olur və tam informasiyanın alınmasına imkan verir. Bu zaman məhsuldar layın istismarının işlənmə xüsusiyyətlərinin təyini, quyuların texniki vəziyyətinə nəzarət və s. kimi məsələlərin həllinə imkan yaranır. Bu məsələlərdən ən aktualı - layın istismarının işlənmə xüsusiyyətlərinin təyiniyədir. Belə olduqda geofiziki üsullar kompleksində əsas yeri quyuların süzülmə təzyiqin, sərfin və temperaturun ölçülməsində əsaslanan termohidrodinamik tədqiqatlar tutur.

Faza keçidlərini və termodinamik effektləri nəzərə almaqla flüidlərin məsaməli mühitdə hərəkətində istilik-kütlə ötürmə hadisələrinin tədqiqi yalnız termometriya məlumatlarının interpretasiya üsullarının axtarışı mövqeyindən deyil, neft və kondensatla doymuş məsaməli mühitlərdə qeyri-stasionar istilik və kütlə ötürmə nəzəriyyəsinin inkişafında da elmi və praktiki maraqlıdır.

İşdə neft və qaz kondensat yataqlarının işlənməsi zamanı yaranan temperatur sahəsinin texnoloji göstəricilərə təsirinin qiymətləndirilməsini düzgün əks etdirən bir sıra nəzəri məsələlərin həll alqoritmlərinin yaradılması və müasir kompüter proqramlar paketlərinin hazırlanması yerinə yetirilmişdir.

İşin məqsədi:

Keçiriciliyə nəzərən qeyri-bircins neft və qaz kondensat yataqlarının istismarı mərhələsində flüidlərin qeyri-izotermik çoxfazlı süzülməsi şəraitində faza keçidlərini və termodinamik effektləri nəzərə alan hidrotermodinamiki modellərin təkmilləşdirilməsindən və bunun əsasında işlənmənin effektivliyinin qiymətləndirilməsindən ibarətdir.

Tədqiqatın əsas məsələləri:

Dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlərə baxılmışdır:

1. Tədqiqat məsələlərinin qoyuluşunun əsaslandırılması məqsədi ilə layda flüidlərin çoxfazlı qeyri-izotermik süzülməsi prosesinin öyrənilməsinin müasir vəziyyətinin analizi

2. Neft yatağının işlənməsi mərhələsində faza keçidlərini və termodinamik effektləri nəzərə almaqla, istilik və kütlə ötürmə proseslərinin üç

ölçülü riyazi modellərinin təkmilləşdirilməsi və ədədi həll alqoritmlərinin, hesablama proqramları paketlərinin hazırlanması və konkret misallar timsalında tədqiqi

3. Deformasiya olunan, keçiriciliyə nəzərən qeyri-bircins qazkondensat yataqlarının işlənməsi zamanı layda faza keçid proseslərindən yaranan termodinamik effektləri nəzərə alan hidrotermodinamiki modelin yaradılması və həll alqoritmünün proqram realizəsi

4. Çoxfazlı flüidin qərarlaşmamış qeyri-izotermik süzülməsi şəraitində deformasiya olunan layların termohidrodinamik modellərinin variasiya qoyuluşlu parametrik identifikasiya üsulunun yaradılması

5. Yatağın işlənmə tarixi bərpası prosesində süzülmə-tutum parametrlərinin və nisbi faza keçiricilikləri funksiyalarının identifikasiyası və bunun əsasında proqnoz dövrü üçün işlənmə göstəricilərinin təyini

Elmi yeniliklər:

Kompleks nəzəri tədqiqatlar aparılmış və aşağıdakı elmi nəticələr alınmışdır:

- faza keçidlərini və termodinamiki effektləri nəzərə almaqla, keçiriciliyə nəzərən qeyri-bircins layda qazlı mayenin fəza axınını xarakterizə edən dəyişən əmsallı qeyri-xətti xüsusi törəməli differensial tənliklər sisteminin verilmiş şərtlər daxilində şəbəkə üsulu vasitəsilə həll alqoritmı qurulmuş və yatağın istənilən nöqtəsində temperaturun və işlənmə göstəricilərinin dəyişmə xarakterini təyin etməyə imkan verən proqram paketi yaradılmışdır;

- ilk dəfə olaraq qazkondensat qatışığının məsaməli mühitdə üçölçülü süzülməsi zamanı faza keçid prosesindən yaranan istiliyi, termodinamik effektlərdən və istilik selinin konduktiv və konvektiv daşınmasını nəzərə almaqla, layda yaranan qərarlaşmamış termodinamik proseslərin yeni riyazi modeli və həll alqoritmı yaradılmış və konkret misallar timsalında realizə edilmişdir;

- ilkin geoloji və mədən məlumatlarının qeyri-dəqiqliyi və çatışmazlığı şəraitində qərarlaşmamış qaz rejimində flüidi və kollektoru xarakterizə edən lay parametrlərinin təzyiqdən asılılığını nəzərə almaqla, yataqlarda gedən süzülmə proseslərinin hidrotermodinamiki modellərinin müasir optimal idarəetmə üsulu əsasında parametrik identifikasiyasının ümumi metodikası işlənilmişdir.

Müdafiə olunan müddəalar:

Dissertasiya işində aşağıdakı müddəalar müdafiə olunur:

- neft və qazkondensat yataqlarının işlənməsi şəraitində baş verən

faza keçidlərini, barotermrik effekti, konduktiv və konvektiv istilik ötürməni nəzərə almaqla, layda yaranan qərarlaşmamış hidrotermodinamiki proseslər üçün yaradılmış riyazi modellər və alqoritmlər və onların proqram realizəsi;

- ilkin məlumatların çatışmazlığı və qeyri-dəqiqliyi şəraitində keçiriciliyə nəzərən qeyri-bircins və işlənilmə prosesində kollektoru deformasiya olunan məsaməli mühitdə çoxfazlı flüidin qərarlaşmamış çoxölçülü süzülməsi proseslərinin hidrotermodinamiki modellərinin təkmilləşdirilmiş parametrik identifikasiyası üsulu.

Qoyulmuş məsələlərin həll üsulları:

İşdə alınmış əsas nəticələr çoxfazlı flüidin məsaməli mühitdə süzülməsi proseslərinin riyazi modelləşdirilməsinə əsaslanır. Məsələnin həllində yeraltı hidrotermoqazdinamikanın, termodinamikanın, riyazi fizikanın və hesablama riyaziyyatının müasir üsullarından istifadə edilmişdir.

Alınmış nəticələrin mötəbərliyi:

Dissertasiya işində aparılan tədqiqatlar əsasında alınmış nəticələrin mötəbərliyi bu qəbildən olan məsələlərin həllində geniş tətbiq edilən və kifayət qədər dəqiqliyə malik klassik termohidrodinamikanın modellərindən, riyazi fizikanın ədədi həll üsullarından istifadə edilməsi və test misalları ilə təsdiq edilmişdir.

İşin təcrübi əhəmiyyəti:

Dissertasiya işində alınmış elmi nəticələr neft və qazkondensat yataqlarının işlənilməsinin proqnozu, analizi zamanı istismar göstəricilərinin effektivliyini artırmaq məqsədilə və işlənilməyə qədər layihə texnoloji sənədlərin tərtibində müxtəlif növ innovasiya reqlamentlərində tətbiq oluna bilər.

İşdə təklif olunan hesablama üsulları Azərbaycan Beynəlxalq Əməliyyat Şirkəti və AMEA Geologiya İnstitutu arasında 22.12.2011-ci ildə bağlanmış №S-11-AİOC-286038 “Temperatur ölçülməsinin paylanması verici məlumatları əsasında rezervuarın dinamik xarakteristikası” adlı kontrakt işində və həmçinin **SOCAR EF 2014 № 1 ET** “Ehtiyatları çətin çıxarıla bilən yataqların işlənilməsinin innovation kompleks texniki-texnoloji üsullarının yaradılması və proqram təminatı” adlı grant layihəsinin yerinə yetirilməsində istifadə edilmişdir.

İşin aprobasiyası:

Dissertasiya işinin əsas müddəaları və nəticələri müzakirə olunmuşdur:

- Azərbaycanın ümummillə lideri Heydər Əliyevin 90 illiyinə həsr olunmuş “Fundamental və tətbiqi Geologiya elmi: Nailiyyətlər, perspektivlər, problemlər və onların həlli yolları” mövzusunda Gənc alim və tələbələr

rin 5-ci beynəlxalq konfransında (Bakı ş. ,14-15 noyabr 2013-cü il)

- AMEA və ARDNŞ dəstəyi ilə keçirilən “Fundamental və tətbiqi elmlərin (yer, texnika və kimya elmləri) aktual problemlərinin həllində multidissiplinar yanaşmaların rolu” mövzusunda Gənc alim və mütəxəssislərin 1-ci beynəlxalq elmi konfransında (Bakı ş.,15-16 oktyabr 2014-cü il)

- Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin təşkilatçılığı ilə Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetində keçirilmiş doktorant və gənc tədqiqatçıların XIX Respublika elmi konfransında (Bakı ş, 07-08 aprel 2015-ci il)

- Gənc alim və mütəxəssislərin AMEA-nın 70 illiyinə həsr edilmiş "Akademik elm həftəliyi - 2015" adlı beynəlxalq multidissiplinar forumunda (Bakı ş., 2015-cı il)

- Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Geologiya və Geofizika İnstitutunun “Neft və qaz yataqlarının işlənilməsi və istismarı” seksiyasının seminarında (Bakı ş., 2017-cı il)

İşin bəzi nəticələri Azərbaycan MEA-nın fəaliyyəti haqqında hesabatına mühüm nəticələr kimi daxil edilmişdir (Bakı, 2016-cı il).

Nəticələrin dərci: Dissertasiya işinin mövzusu üzrə 10 iş dərc olunmuşdur, onlardan 6-sı məqalə, 4 -ü konfrans materiallarıdır.

İşin strukturu və həcmi:

Dissertasiya girişdən, dörd fəsildən, nəticələrdən və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İş 138 səhifəlik mətnlə və 61 sayda şəkillə şərh edilmişdir. İstifadə edilmiş mənbələrə 121 sayda ədəbiyyat daxildir.

Minnətdarlıq:

Müəllif dissertasiya işinin yerinə yetirilməsində tədqiq olunan məsələlərin qoyuluşuna, dəyərli məsləhətlərinə, alınmış nəticələrin müzakirəsinə və göstərdiyi daimi diqqətə görə elmi rəhbəri AMEA-nın müxbir üzvü, t.e.d., prof. Q.I.Calalova dərin minnətdarlığını bildirir.

İŞİN MƏZMUNU

Giriş hissədə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış və işin elmi yenilikləri şərh edilmişdir.

Birinci fəsildə məsələli mühütdə neft və qazkondensat sisteminin süzülməsinin düz və tərs məsələlərinin həll üsullarının icmalı və analizi verilmişdir.

Flüidlərin izotermik süzülməsi şəraitində hidrodinamik tədqiqat üsullarının inkişafına M.T.Abasov (1993), B.H.Şelkaçov, Q.N.Cəlilov, A.M.Quliyev (2009), Q.İ.Calalov (2017), N.C.Cəfərov, A.A.Abbasov, Q.İ.Barenblatt (1972), K.S.Basniyev, Yu.P.Borisov, S.N.Buzinov (1973), S.Q.Volpin, S.Q.Kamenet-

skiy, A.P.Krılov, L.Q.Kulpin, A.X.Mirzəcənzadə (1999), C.N.Zakirov(1988), M.A. Pudovkin, T.Ş.Salavatov (2016), İ.D.Umrixin (1973), İ.A.Çarnıy, E.B.Çekalyuk (1965), R.Q.Şaqiyev, A.S.Grinqarten, D.P.Bourdet, S.R.Eaurlouher, M.Economiedes, R.N.Horner, M.Muskat, N.J.Ramey və b. xidmət göstərmişlər. Həmin müəlliflər tərəfindən məlumatların avtomatlaşdırılmış emalı sisteminin yaradılması və quyuların mənimsənilməsində layın hidrodinamik parametrlərinin (hidrokeçiricilik və skin-faktor) və quyudibi zonanın parametrlərinin (hidrokeçiricilik və quyudibi zonanın radiusu) hidrodinamik tədqiqatlar məlumatları əsasında təyini üsulları işlənmişdir.

Neft laylarında temperatur hadisələrini daha dərindən öyrənməyə E.B.Çekalyukun nəzəri və eksperimental tədqiqat işləri təkan vermişdir. Onun tərəfindən ilk dəfə termodinamik effektlər nəzərə alınmaqla məsaməli mühitdə sıxılan mayenin axını üçün enerjinin saxlanması tənliyi alınmış və bu da quyuların termometriyası nəzəriyyəsində bütün gələcək tədqiqatların əsasını qoymuşdur. Layda neftin süzülməsi zamanı termodinamik effektlərlə səciyyələnən temperatur anomaliyalarının qeyd olunması və istifadəsinin mümkünlüyü V.F.Kondraşkin, Q.V.Kostryukov, A.X.Fatkullinin Romaşkin yatağında apardıqları eksperimental tədqiqatları ilə təsdiq edilmişdir.

Yu.V.Kapırın (1970), A.İ.Markov, N.N.Neprimerov (1978), L.Z.Pozin, M.D.Rozenberq, E.V.Teslyuk (1985), Q.F.Trebinin (1970) və b. tədqiqatlarında quyuların termometriyasının nəzəriyyə və metodikasının əsasları işlənmiş, termometriya ilə həll olunan əsas geoloji – mədən məsələlərinin əhatə dairəsi müəyyən edilmişdir. Qquyuların qazıma və əsaslı təmirindən sonra mənimsənilməsi və sınaqdan keçirilməsi zamanı onların termometriyası İ.L.Dvorkin, A.İ.Filippov (2011), R.A.Valiullin, A.Ş.Ramazanov (2004) və b. işlərində öz inkişafını tapmışdır. Bu tədqiqatların informativliyi quyuların keçid iş rejimləri ilə səciyyələnən qeyri-stasionar sahələrin istifadəsinə əsaslanır.

V.E.Karaçinski (1975) quyu işə düşdükdən sonra dəyişən debit halında layların termohidrodinamik zondlaması üçün təqribi ifadələr almışdır. V.S.Boyko, V.M.Doroşenko, Q.D.Savenkov, O.M.Çarıyevin işləri layda neftin süzülməsi zamanı faza çevirmələrini nəzərə almaqla qərarlaşmış temperatur sahələrinin tədqiqinə həsr edilmişdir.

Məsaməli mühitdə süzülmə zamanı temperatur hadisələrinin laboratoriya şəraitində eksperimental tədqiqatlarına Yu.A.Balakirevin, Yu.V.Kapırının, O.Q.Limanskinin, V.N.Petuxovun, Q.F.Trebinin, R.Əsədullayevin və b. işləri həsr edilmişdir.

M.T.Abasov, A.M.Quliyev, E.X.Əzimov (1993) və b. tərəfindən

aparılan tədqiqat işlərində lay və quyuların hidrotermodinamik tədqiqatları nəticələrinin interpretasiya üsulları inkişaf etdirilmişdir. Eksperimental, analitik və mədən tədqiqatlarının nəticələrinin birgə istifadəsi neftin quyuya stasionar axınının yeni tənliyini almağa və layda real temperatur şəraitini nəzərə almaqla, müxtəlif rejimlərdə quyuların tədqiqi nəticələrinin kompleks emalının ümumiləşdirilmiş metodologiyasını təklif etməyə imkan vermişdir.

Quyuların termohidrodinamik tədqiqində termodinamik effektlər hesabına layda və quyu lüləsində axının temperatur dəyişməsinin nəzərə alınması və istifadəsinə həsr edilmiş E.Paul Wages (1982), R.C.Smit (1991), P.J.Steffensenin işlərini quyuya su vurulması qurtarıqdan sonra, termoqramların təhlili zamanı Coul-Tomson effektinin nəzərə alınmasının zəruriliyi göstərilmişdir. Coul-Tomson effektinin təsiri laya qaz vurulduğu zamanı araşdırılmış, drosselləşdirmə effektinin başlıca rolu qiymətləndirilmişdir. J.S.Ahluwalla, J.O.Wilkesin (1987) lay və quyu lüləsində qazın temperaturunun dəyişmə mexanizmini tədqiq etmişlər və layda quyu yaxınlığında qazın temperaturuna Coul-Tomson effektinin böyük təsiri olduğunu göstərmişlər. Bu işdə həmçinin quyu dayandıqdan sonra təzyiqin bərpasına qazın temperaturasının dəyişməsinin təsiri araşdırılmışdır. S.G.Dias (1991), A.S.Bannwart, K.V.Serran və b. quyuların hidrodinamik sınaqları zamanı Coul-Tomson effektini nəzərə almaqla qaz temperaturunun dəyişməsinin qararlaşmamış təzyiq sahəsinə təsirini araşdırmışlar. Rajiv Sagar (1991), Dale R.Doty (1991), Zelimir Schmidt (1991) Coul-Tomson effektini nəzərə almaqla quyu lüləsində qaz-maye axınının temperaturunun paylanması tədqiq etmiş və qarışıqdakı qazın çəki hissəsinin quyuda temperatur dəyişməsinə kəmiyyətə böyük təsir etməsini əsaslandırmışlar.

Layın istismar xüsusiyyətlərini təyin etdikdə termometriyanın effektivliyinin aşağı olmasının səbəbləri - quyunun işə düşməsi, dayandırılması və mənimlənməsinə xas olan keçid rejimləri üçün quyuda qeyd olunan temperatur sahəsinə müəyyən amillərin təsiri və layda termohidrodinamik sahələrin nəzəri cəhətdən kifayət qədər öyrənilməməsidir. E.B.Çekalyukun termohidrodinamik zondlama üsulu avadanlığın olmaması, laydan çıxan mayenin debitinin sabit saxlanılmasının mürəkkəbliyi və aparılan tədqiqatların uzun müddətli olması səbəblərindən geniş tətbiqini tapmamışdır. Hazırda quyuda təzyiq və temperaturun uzun müddətli (bir neçə aylıq) qeydiyyatı üçün geofiziklərin və neftçilərin arsenalında avtonom avadanlıq dəsti vardır.

Quyu termometriyasında lif-optik rabitə xətləri əsasında yaradılmış temperatur vericilərin (datçiklərinin) istifadəsinə başlanılmaqla əlaqədar temperatur sahələrinin monitorinqi əsasında neft laylarının tədqiqi və neftqaz ya-

taqlarında kernlərin istilikkeçirməsinin geotermiki və petrofiziki üsulla öyrənilməsi üçün optik skanlaşma texnologiyasından istifadə geotermiki və petrofiziki tədqiqatların effektivliyini kəskin surətdə artırılmasına və elmi kontinental quyuların qazılmasında yer qabığının istilik rejimi haqqında unikal informasiyanın alınmasına imkan yaratmışdır. Optik skanlaşma üsulunun tətbiqi ilə dərin və çox dərin quyuların 2400-dən artıq kern nümunələrinin istilik xassələri öyrənilmişdir. İstilikkeçirmə haqqında müfəssəl məlumatlar ilk dəfə termoqradiyentin lokal şaquli variyasiyalarının interpretasiyası və istilik axınının sıxlığının şaquli variyasiyası haqqında dəqiq informasiyanın alınmasını təmin etmişdir.

Hazırda lay və quyuların tədqiqatı məlumatlarının interpretasiyası əsasən birfazlı flüid, izotermik radial axın, bircinsli lay, şaquli quyu və s. kimi bir sıra sadələşmələrə yol verən sadə modellərə əsaslanır. Neft və qazkondensat yataqlarının tədqiqində çoxfazlı fluidlərin süzülməsi şəraitində termohidrodinamik üsulların nəzəri əsaslarının inkişafına və təkmilləşdirilməsinə praktikada real zəruriyyət yaranmışdır. O, cümlədən faza keçidlərini və termodinamik effektləri nəzərə almaqla birfazlı və çoxfazlı sistemlərdə istilik və kütləötürmə proseslərinin qərarlaşmış və qərarlaşmamış modellərin yaradılması, onların işlənilmə məsələlərinin həllinə tətbiqi və konkret yatağın işlənilməsinə nəzarətin elmi əsaslarının yaradılması mühüm aktuallığa malikdir. Bu istiqamətdə işdə böyük aktuallığa malik bir sıra hidrotermodinamik məsələlər həll edilmişdir.

İkinci fəsildə birfazlı və həmçinin çoxfazlı fluidlərin məsaməli mühitdə süzülməsi prosesində lay temperaturunun paylanma qanunauyğunluğu və onun işlənilmənin texnoloji göstəricilərə təsirləri öyrənilmişdir.

Keçiriciliyə nəzərən anizotrop neft layında bircins mayenin maili istiqamətlənmiş quyuya qeyri-izotermik qərarlaşmış süzülməsi şəraitində layda temperatur paylanmasının təyininin fəza məsələsinin həllinə baxılmışdır. Bu zaman aşağıdakı fərziyyələr qəbul olunmuşdur: maili quyu açılma dərəcəsinə və xarakterinə görə tamdır və kifayət qədər böyük uzunluğa malik horizontal layın bütün qalınlığını əhatə edir; neftin süzülməsi Darsi qanununa tabedir; layın tavanı və dabanı keçirməzdir; layın sərhədində təzyiqlər p_k (const) və quyu lüləsi üzrə ortalaşdırılmış təzyiqlər p_q (const) -dir; lay boyunca başlanğıc təbii temperatur paylanması sabitdir; maye və məsaməli mühitin temperaturu layın istənilən nöqtəsində eynidir; konvektiv istilikötürmə ilə müqayisədə layın radial istiqamətdə istilik keçirməsi nəzərə alınmır; layda temperatur dəyişməsinin lay və mayeni səciyyəvləndirən parametrlərə təsiri nəzərə alınmır; quyunun işə düşməsi və dayandırılması onun maili lüləsi ətrafındakı stasionar təzyiqlər sahəsi ilə xarakterizə olunur.

Baxılan məsələ müəyyən ilkin verilənlər əsasında ədədi üsulla həll edil-

miş, lay və quyu divarında təzyiq və temperaturun paylanma profilləri və işlənilmənin digər texnoloji göstəriciləri proqnozlaşdırılmışdır. Temperaturun kəskin azalması əsasən quyu ətrafı zonada baş verir, quyu ətrafı zonadan uzaqlaşdıqca isə temperaturun azalma tempi demək olar ki, baş vermir. Təzyiq əsasən quyu divarında və ona yaxın zonada kəskin azalır.

Maili quyunun şaqulidən meyl bucağının artması, neftin temperaturunun aşağı düşməsinə gətirib çıxarır.

Layın qalınlığı üzrə keçiriciliyə görə anizotropiyanın artması layda temperaturun azalmasına səbəb olur və bu tendensiya işlənilmə müddətinin böyük qiymətlərində daha qabarıq özünü göstərir.

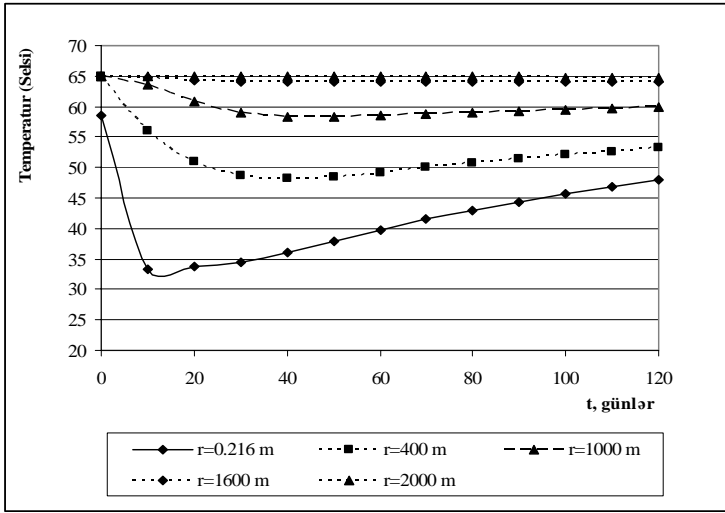
Bu fəsildə həmçinin, keçiriciliyə görə qeyri-bircins layda bircins mayenin mərkəzi quyuya qeyri-izotermik qərarlaşmamış fəza süzülməsi zamanı temperatur sahəsinin təyini məsələsinə baxılmış, bircinsli mayenin qeyri-stasionar rejimdə süzülməsi zamanı istilik kütləötürmə tənliyində adiabatik həddin nəzərə alınmaması hesabına stasionar süzülmə halı ilə müqayisədə temperatur sahəsinin dəyişməsində kəskin fərq müəyyənləşməmişdir.

Layın keçiriciliyə görə qeyri-bircinsliliyi nəzərə alınmaqla qazlı mayenin quyuya qərarlaşmamış fəza axınında lay və flüid ilə əlaqəli qəbul edilmiş fərziyyələr saxlanılmaqla temperatur sahəsinin təyini məsələsinə baxılmışdır. Fərz olunur ki, keçiriciliyə görə qeyri-bircins R_k radiuslu silindirik formalı lay, R_q radiuslu mərkəzi quyu ilə istismar olunur. Layın işlənilmədən əvvəl başlanğıc təzyiqi, temperaturu və neftlədoymu uyğun olaraq p_0 , T_0 və s_0 -dir. Qəbul olunur ki, istismarın ilk anından quyu gövdəsində ortalaşdırılmış təzyiq ani olaraq p_q -yə qədər azalır, sonradan istismar prosesində sabit qalır.

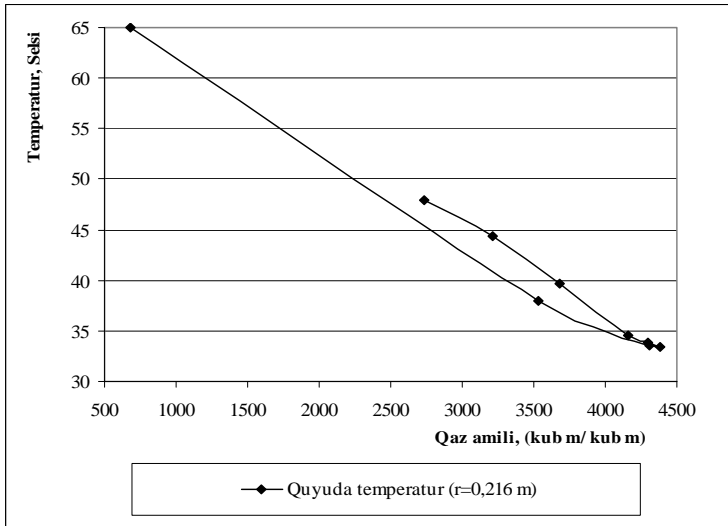
$k(r, z) = k_0 e^{z/H}$ qəbul etməklə lay təzyiqi və temperaturun, neftlədoymanın lay üzrə paylanması və onların işlənilmə müddətindən asılı olaraq dəyişməsi tədqiq edilmişdir.

İşlənilmənin başlanğıc mərhələsində təzyiq düşgüsünün quyuda intensiv olması və zaman keçdikcə onun zəifləməsi tendensiyasına uyğun olaraq layın neftdoymuluğu da quyuda ilkin olaraq azalır, sonra isə artır. Həmçinin, işlənilmənin ilk mərhələsində quyuda temperatur kəskin düşür və sonra isə quyunun işlənilmə prosesində onun tədricən artması müşahidə olunur (şək.1). İşlənilmənin ilk anında neftdən böyük həcmdə həll olunmuş qaz ayrılaraq neftin quyuya axmasına müqavimət göstərir. Sonra temperaturun artması ilə neftin quyuya axmasına müqavimət azalır və bu da nəticədə quyunun məhsuldarlığının artmasına gətirib çıxarır. Qaz amili artdıqca quyuda temperaturun azalması (onun anomaliyası) müşahidə edilir (şək.2). Uzun müddət işləyən quyuda temperatur

sahəsi stabilləşəndən, sonra qaz-maye qarışığının qazsızlaşması temperaturun artmasına (temperatur anomaliyaları) şərait yaradır və temperaturun histerizis əyrisi formasında artması baş verir.



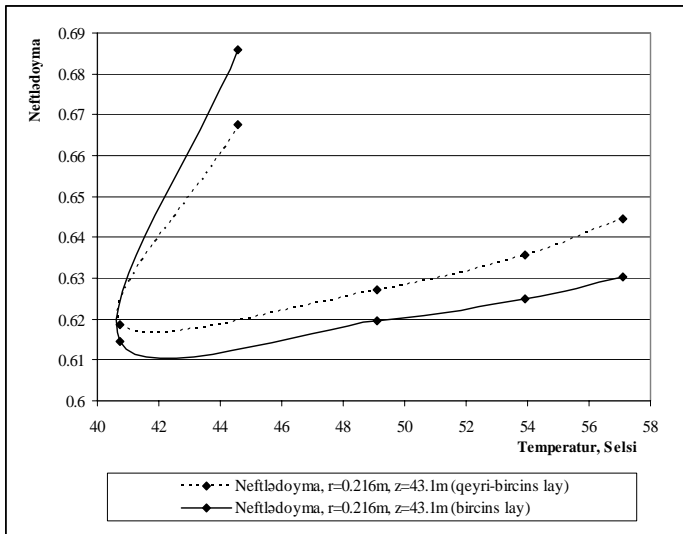
Şək.1. r-in fiksə olunmuş və $z=43,1m$ qiymətlərində lay temperaturunun zamandan asılı dəyişməsi



Şək.2. r-in fiksə olunmuş və $z=43,1m$ qiymətlərində temperaturun qaz amilindən asılı dəyişməsi

Lay təzyiqli neftin qazladoyma təzyiqindən aşağı olan yataqların işlənməsi prosesində Coul-Tomson effekti ilə yaranan temperatur sahəsinin təyini məsələsi də tədqiq edilmişdir. Qazlı mayenin süzülməsi zamanı lay temperaturunun ilk mərhələdə kəskin aşağı düşməsi, süxur skeletini və onu doyduran mayelərin istilik tutumları ilə bağlı formalaşır. Zaman keçdikcə mənfi temperatur anomaliyası maksimal həddə çatır. İlk mərhələnin nə qədər davam edəcəyi qazsız zonanın ölçüsü və konvektiv istilik kütləötürmənin sürəti ilə təyin olunur. İkinci mərhələdə, yəni işlənilmənin müəyyən mərhələsindən sonra, temperatur yüksəlir və müəyyən andan sonra temperatur anomaliyası müsbət olur. Temperaturun zamandan asılı belə dəyişməsi layda neftin qazsızlaşması prosesi ilə səciyyələndiyi üçün, onu layın doyma xarakterinin qiymətləndirilməsi kimi istifadə etmək olar. Temperatur anomaliyası lay boyunca qeyri-bircins və bircins layların hər birində müəyyən fərqlə özünü göstərir. Həmcinin quyuda və layda istismar zamanı temperaturun anomal dəyişmə qanunauyğunluğu neftlədoymanın ilkin olaraq azalması və sonradan artması ilə müşayiət olunur (şək.3).

Neft hasilatının zamandan asılı olaraq dəyişməsində də uyğun şəkildə eyni tendensiya özünü göstərir, lakin qeyri-bircins layda bircins layla müqayisədə temperaturun zəif düşməsi hasilatın neftə görə daha yüksək olmasının təminatıdır.



Şək.3. Quyuda neftlədoymanın temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi

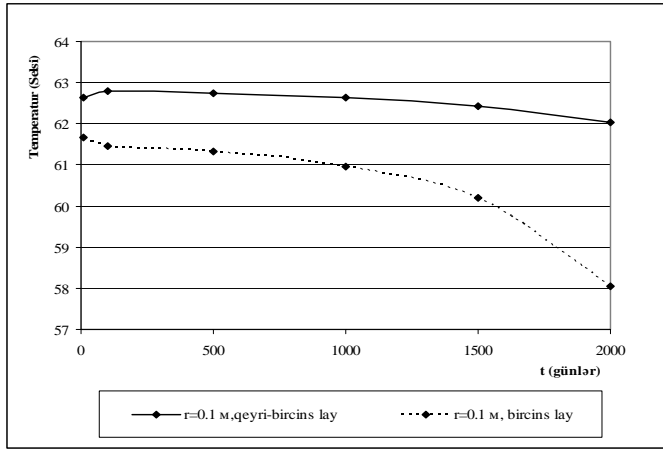
Beləliklə, neft yatağının işlənməsi prosesində yaranan temperatur sahəsinin təyini üçün təklif olunan riyazi modellərin işlənilmiş proqram təminatı istənilən anda layın istənilən nöqtəsində təzyiq, neftlədoyma və temperaturun dəyişməsinə təyin etməyə imkan verir. Alınan nəticələr termodinamik effektlər nəzərə alınmaqla neftin layda fəza süzülməsi zamanı temperatur sahəsinin formalaşması haqqında mövcud olan məlumatları tamamlayır və quyu məlumatlarının interpretasiyasının etibarlılığı və dəqiqliyinin artırılması üçün istifadə oluna bilər.

Üçüncü fəsildə drossel effekti nəzərə alınmaqla qeyri-bircins layda qazkondensat qarışığının qərarlaşmamış fəza süzülməsi şəraitində istilik və kütləköçürmə prosesləri araşdırılmışdır.

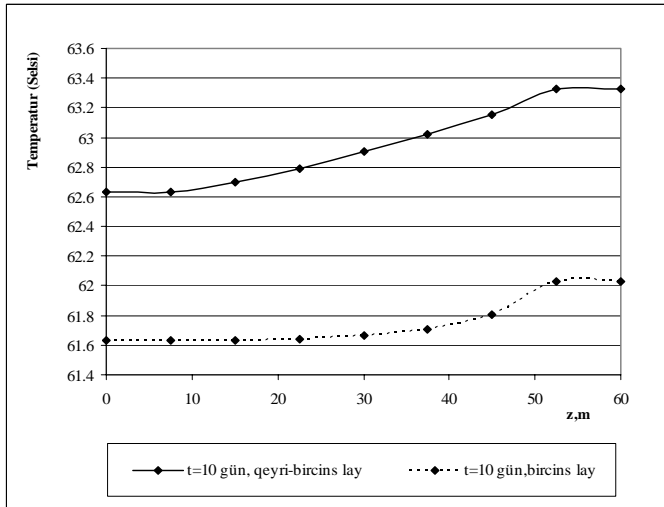
Fərz olunur ki, R_k radiuslu silindirik formalı kürəvi lay, R_q radiuslu mərkəzi quyu ilə $Q_q(t)$ debiti istismar olunur. Layın işlənmədən əvvəl başlanğıc təzyiqi, temperaturu və kondensatladoyumu uyğun olaraq p_0 , T_0 və S_0 -dir və aşağıdakı fərziyyələr qəbul olunmuşdur: quyu açılma dərəcəsinə, xarakterinə nəzərən tamdır və kifayət qədər böyük uzunluğa malik horizontal layın tam qalınlığını əhatə edir; qazkondensat qarışığının süzülməsi Darsi qanununa tabedir; layın tavanı və dabanı keçirməzdir; lay boyunca başlanğıc təbii temperatur paylanması sabitdir; fluidin və məsaməli mühitin temperaturu layın istənilən nöqtəsində eynidir; kapilyar effektlər nəzərə alınmır; süxurun istilikötürmə xüsusiyyətinin təsiri nəzərə alınmır; konvektiv istilikötürmə ilə müqayisədə layın radial istiqamətdə istilik keçirməsi nəzərə alınmır; layda temperatur dəyişməsinin lay və mayeni xarakterizə edən parametrlərə təsiri nəzərə alınmır.

Layın mütləq keçiriciliyinin $k(r, z) = k_0 e^{z/H}$ qanununa tabe olduğu qəbul edilərək müəyyən məlumatlar əsasında lay təzyiqi və temperaturun, kondensatladoymanın lay üzrə paylanması və onların işlənmə müddətindən asılı olaraq təyini və həmcinin, işlənmənin digər texnoloji göstəriciləri proqnozlaşdırılmışdır.

Lay temperaturunun başlanğıc vəziyyətindən kəskin azalması əsasən layın çıxışında (quyuda) alınır. İşlənmə vaxtı artdıqca temperaturun azalması hesabına retroqrad kondensatın quyuətrafı zonada çökməsi artır. Bircins layda temperaturun qeyri-bircins layla müqayisədə kəskin düşməsi baş verir və bircins layda işlənmə müddəti artdıqca quyuda temperaturun azalması intensivliyi artır (şək.4). İşlənmə zamanının qeyd olunmuş qiymətində lay çıxışında (quyuda) lay hündürlüyü üzrə temperaturun lay tavanından dabanına doğru quyu divarında artması müşahidə olunur. Qeyri-bircins layda bu tendensiya bircins layla müqayisədə daha intensiv baş verir (şək.5).

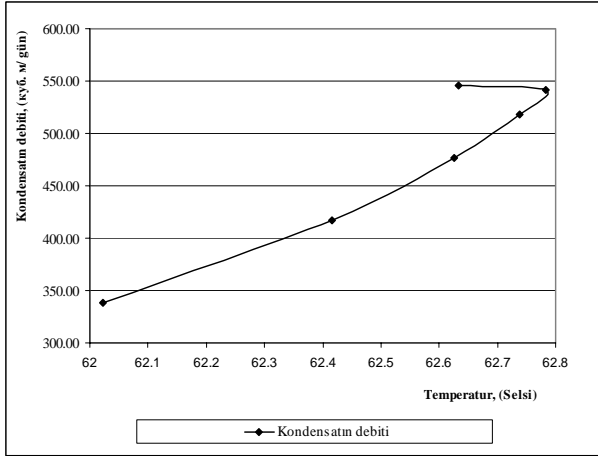


Şək.4. Layda temperaturun zamandan asılı olaraq dəyişməsi ($z=30$ m)



Şək.5. Layın hündürlüyü üzrə temperaturun dəyişməsi

Qeyri-bircins layda istismar quyusunda quyudibi təzyiqinin başlanğıc lay təzyiqinə nəzərən iki dəfə azalması şəraitində quyudibi zonada temperaturun layın başlanğıc temperaturu ilə müqayisədə kəskin soyuması quyudibi zonada qazkondensat amilinin artmasına və retroqrad kondensatın böyük həcmdə toplanmasına və nəticədə layın kondensata görə başlanğıc debitinin demək olar ki, yarıya qədər azalmasına gətirir (şək.6).



Sək.6. Quyunun kondensata görə hasilatının temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi

Bu fəslin sonunda lay təzyiği kondensatlaydoyma təzyiqindən aşağı olan keçiriciliyə nəzərən qeyri-bircins qazkondensat yataqlarının işlənilməsi prosesində yaranan termodinamik effektlərin layın çıxışında istilik mübadiləsi və ümumi istilikkeçirmə əmsallarının lay temperaturunun dəyişməsinə təsiri məsələsi araşdırılmışdır.

Fərz edək ki, keçiriciliyə görə qeyri-bircins R_k radiuslu silindirik formalı kürəvi qazkondensat layı R_q radiuslu mərkəzi quyu $Q_q(t)$ debiti istismar olunur. Layın işlənilmədən əvvəl başlanğıc təzyiği, temperaturu və kondensatlaydoymu uyğun olaraq p_0 , T_0 və s_0 -dir.

Qəbul olunur ki:

-quyu açılma dərəcəsinə, xarakterinə nəzərən tamdır və kifayət qədər böyük uzunluğa malik horizontal layın tam qalınlığını əhatə edir;

- layın sərhədi, tavanı və dabanı keçirməzdir;

- qaz və maye kondensatın süzülməsi Darsi qanununa tabedir;

- flüidinin və məsaməli mühitin temperaturu layın istənilən nöqtəsində eynidir;

-layda temperatur dəyişməsinin lay və mayeni səciyyələndirən parametrlərə təsiri nəzərə alınmır;

- kondensat və qaz fazalarının özlüklüyü və sıxlığı yalnız təzyiqdən asılıdır;

-layın tavan və dabanından istilik ötürülməsinin lay temperaturunun

dəyişməsinə təsiri nəzərə alınmır;

- layın temperatur sahəsinə mühitin istilikkeçirmə xüsusiyyətlərinin və barotermik effektin təsiri nəzərə alınır.

Qəbul edilmiş fərziyyələr daxilində qoyulmuş məsələnin həlli aşağıdakı qeyri-xətti xüsusi törəməli diferensial tənliklər sisteminin verilmiş şərtlər daxilində həllinə gətirilir:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[k(r, z) \psi(s, p) r \frac{\partial p}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k(r, z) \psi(s, p) \frac{\partial p}{\partial z} \right] = \frac{\partial \Phi(s, p)}{\partial t}, \quad (1)$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[k(r, z) \varphi(s, p) r \frac{\partial p}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k(r, z) \varphi(s, p) \frac{\partial p}{\partial z} \right] = \frac{\partial \varepsilon(s, p)}{\partial t}, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} C^* \frac{\partial T}{\partial t} + \sum_{i=1}^2 c_i \rho_i \vartheta_i \frac{\partial T}{\partial r} + \sum_{i=1}^2 c_i \rho_i \vartheta_i \varepsilon_i \frac{\partial p}{\partial r} - m \sum_{i=1}^2 s_i c_i \rho_i \eta_i \frac{\partial p}{\partial t} \\ = \lambda^* \left[\frac{1}{r} \left(\frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right], \end{aligned} \quad (3)$$

$$p(r, z, t) \Big|_{t=0} = p_0, \quad s(r, z, t) \Big|_{t=0} = s_0, \quad (4)$$

$$2\pi h k(r, z) \psi(s, p) r \frac{\partial p}{\partial r} \Big|_{r=R_q} = -Q_q(t), \quad (5)$$

$$\frac{\partial p(r, z, t)}{\partial r} \Big|_{r=R_k} = 0, \quad \frac{\partial s(r, z, t)}{\partial r} \Big|_{r=R_k} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial p(r, z, t)}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0, \quad \frac{\partial p(r, z, t)}{\partial z} \Big|_{z=H} = 0, \quad (7)$$

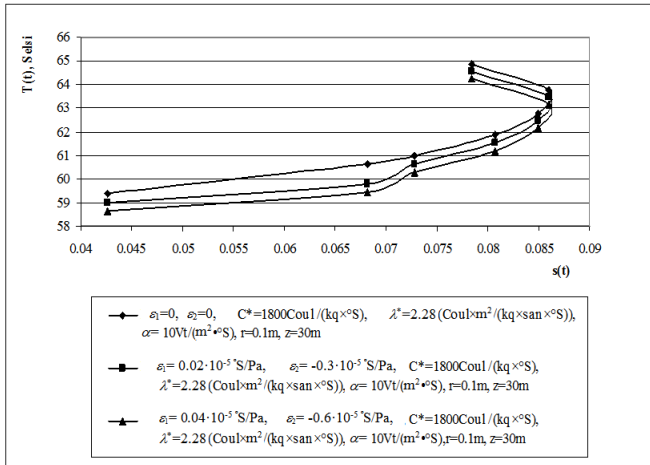
$$T(r, z, t) \Big|_{t=0} = T_0, \quad (8)$$

$$-\lambda^* \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_q} = \alpha^* (T - T_q), \quad T(r, z, t) \Big|_{r=R_k} = T_0, \quad (9)$$

$$\frac{\partial T(r, z, t)}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0, \quad \frac{\partial T(r, z, t)}{\partial z} \Big|_{z=H} = 0, \quad (10)$$

(1)-(3) diferensial tənliklər sisteminə daxil olan $\psi(s, p)$, $\varphi(s, p)$, $\Phi(s, p)$, $\varepsilon(s, p)$ - funksiyaların ifadələri və digər işarələmələr ədəbiyyatdan məlumdur.

Məsələnin həlli üçün ədədi həll üsulundan istifadə edilərək verilmiş məlumatlar əsasında lay təzyiqi və temperaturun lay üzrə paylanma xarakteri və işlənilmənin digər texnoloji göstəriciləri proqnozlaşdırılmışdır. Quyuətrafi zonada temperaturun kəskin azalması müşahidə edilir. Ümumi istilik tutumunun kiçik qiymətlərində isə temperatur anomaliyası daha qabarıq şəkildə müşahidə edilir ki, bu da quyuətrafi zonada kondensatladoymanın kəskin şəkildə azalması ilə əlaqədardır. Coul-Tomson effektinin qiymətinin dəyişməsi ilə müşahidə edilən temperatur anomaliyası özünü daha çox quyuətrafi zonada biruzə verir və ε - parametrlərinin qiyməti artdıqca temperaturlar arasındakı fərq kəskin artır. İstismar prosesində temperaturun bir qiymətinə kondensatladoymanın ikili qiyməti uyğun gəlir və bu anomaliya Coul-Tomson effektinin müxtəlif qiymətlərində özünü müəyyən fərqlə göstərir (şək.7).

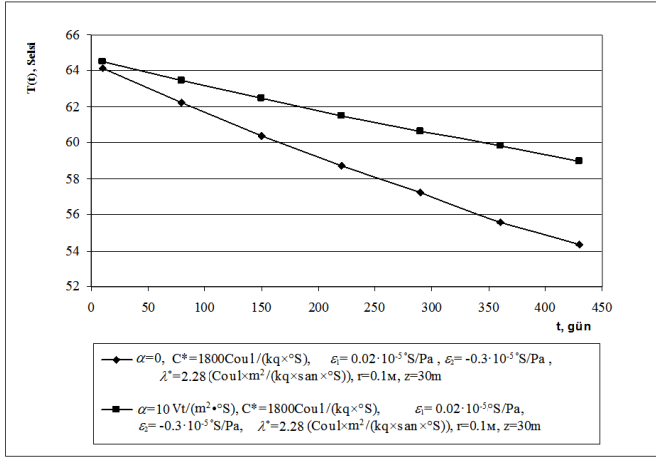


Şək. 7. Layın çıxışında flüidın temperaturunun kondensatladoymadan asılılığı

İşlənilmənin kifayət qədər böyük qiymətlərində istilikkeçirmə parametrlərinin artması ilə layın çıxışında temperaturun azalması müşahidə edilir. Radial istiqamətdə istilikkeçirmə əmsalının nəzərə alınmaması layın çıxışında temperaturun zamandan asılı olaraq daha kəskin azalmasına səbəb olur. Kondensatın debiti temperaturun azalması ilə azalır və quyuətrafi zonada retroqrad kondensatın çökməsi, maye sütununun yaranması və süzülməyə qarşı müqavimətin artması ilə səciyyələnir.

Layın çıxışında quyu ilə lay arasında istilik mübadiləsi intensivliyi

flüidin temperaturunun istismar zamanından asılı olaraq düşməsinə quyu ilə lay arasında istilik mübadiləsi olmadığı halla müqayisədə ləngidir (şək.8), nəticə etibarlı ilə quyuətrafı zonada maye kondensatın toplanması prosesi zəifləyir və kondensata görə hasilatın düşmə tempi azalır.



Şək.8. Layın çıxışında flüidin temperaturunun istilik mübadiləsi əmsalının müxtəlif qiymətlərində zamandan asılılığı

Beləliklə, qeyri-bircins layda qazkondensat qarışığının quyuya qərarlaşmamış fəza süzülməsi şəraitində yaranan termodinamiki effektləri, istilik selinin konvektiv və konduktiv daşınmasını və fəza keçid prosesində yaranan istiliyi nəzərə alan hidrotermodinamiki model təklif edilmiş və ədədi hesab alqoritmi işlənmişdir. Modelə daxil olan parametrlərin prosesə təsiri öyrənilmişdir. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində Coul-Tomson effektinin, ümumi istilik tutumu parametrlərinin, flüidin adiabatik əmsalının və ümumi istilik keçirmə əmsalının layda temperaturun dəyişməsinə fərqli təsirləri olduğu aşkar edilmiş və bunların quyu termometriyası ilə bağlı tərs məsələlərin həllində nəzərə alınmasının vacibliyi təsdiq edilmişdir.

Dördüncü fəsilə flüid və kollektorun bütün kompleks fiziki xassələrinin təzyiq və temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinə nəzərə almaqla qazkondensat qarışığının bir və ikiölçülü süzülməsinin hidrotermodinamiki modelinin ümumi identifikasiya üsulları işlənmişdir.

Qazkondensat qarışığının süzülməsinin binar modeli çərçivəsində işlənilmə prosesində deformasiya olunan layda süzülmə-tutum parametrlərinin təyini məsələsi müxtəlif zaman anlarında təzyiqin qiymətinin ölçülən və düz məsələnin həllindən hesablanan qiymətləri arasındakı J funksionalının minimumunun varyasiya məsələsi kimi qoyulur:

$$J(\alpha_1, \alpha_2) = \int_0^{\bar{T}} [p(R_q, t) - p_q(t)]^2 dt + \varepsilon_0(\alpha_1^2 + \alpha_2^2), \quad (11)$$

burada $p(R_q, t)$ və $p_q(t)$ - uyğun olaraq quyuda təzyiqin hesablanan və ölçülən qiymətləri; \bar{T} - layın işlənilmə müddəti; ε_0 - requlyarizasiya parametri; α_1 və α_2 - keçiricilik və məsaməlik funksiyalarının məlum

$$m(p) = m_0 m_1(p), \quad m_1(p) = \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\alpha_1}, \quad k(p) = k_0 k_1(p), \quad k_1(p) = \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\alpha_2}, \quad (12)$$

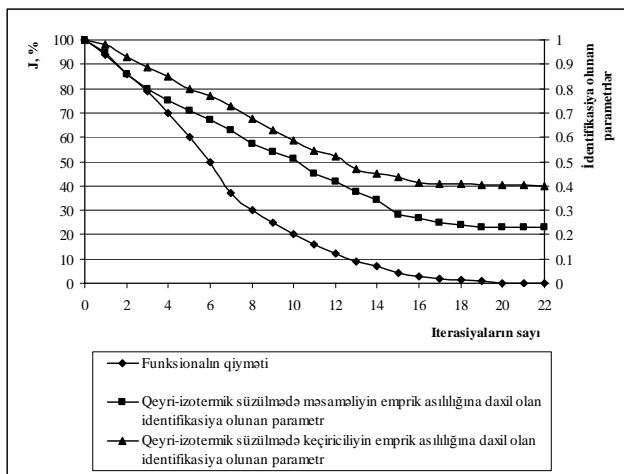
emprik formasına daxil olan hər hansı əmsallarıdır.

Burada $k(p)$, $m(p)$ - layın p təzyiqinə uyğun keçiricilik və məsaməliyin təzyiqdən asılılığını ifadə edən funksiyalar; k_0 , m_0 - keçiricilik və məsaməliyin başlanğıc lay təzyiqindəki qiymətləridir.

$J(\alpha_1, \alpha_2)$ - funksionalı keyfiyyət göstəricisidir və o, $p_q(t)$ parametrinin qiymətləri ilə xarakterizə olunan real fiziki prosesin ifadə edildiyi hidrotərmodynamiki modelin nə dərəcədə dəqiq uyğunluğunu təyin edir. Bu zaman idarəetmənin keyfiyyət göstəriciləri α_1 və α_2 parametrlərinə görə yerinə yetirilir.

$p(R_q, t)$ parametrinin qiyməti (1)-(10) sərhəd məsələsində Z oxu istiqamətində axın nəzərə alınmadıqda onun həllindən verilənlər bazası əsasında təyin edilir. α_1 , α_2 parametrlərinin qiymətləri isə (11) funksionalından həmin parametrlərə görə qoşma qradientlər üsülünün tətbiqi ilə tapılır. (1)-(10) və (11), (12) əsasında temperatur sahəsinin dəyişməsi nəzərə alınmaqla qazkondensat qarışığının süzülməsi zamanı deformasiya olunan layın məsaməlik və keçiricilik funksiyalarının identifikasiya məsələsi həll edilmişdir (şək.9). Prosesin qeyri-izotermikliyinə nəzərə alınması layın süzülmə-tutum parametrlərini qiymətləndirməyə və ilkin verilənlərin çatışmazlığı şəraitində interpretasiyanın keyfiyyətinin yoxlanılmasına və qeyri-müəyyənliyin səviyyəsinin aşağı salınmasına imkan vermişdir.

Bu fəslin davamında temperatur sahəsinin dəyişməsi nəzərə alınmaqla qazkondensat qarışığının süzülməsi zamanı qaz və kondensata görə nisbi faza keçiriciliyi funksiyalarının identifikasiya məsələsi müasir optimal idarəetmə nəzəriyyəsinin üsulları əsasında həll edilmişdir. Təklif edilən həll proseduru nisbi faza keçiriciliyi funksiyalarının doymadan asılı olaraq eksperimental tədqiqatlar nəticəsində təyin edilmiş empirik paylanma qanunlarını təqlid etməyə imkan vermişdir.



Şək.9. Qeyri-izotermik süzülmədə α_1 və α_2 parametrlərinin dəqiq qiymətinin təyini zamanı funksionalın iterasiya prosesindən asılılığı

Həmçinin, lay temperaturunun istismar göstəricilərinin faktiki məlumatlarının dəyişməsinə görə süxurun keçiriciliyinin və termodinamik parametrlərin real şəraitə uyğun identifikasiyasını yerinə yetirən varyasiya üsulu təklif edilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

Dissetasiya işində keçiriciliyə nəzərən qeyri-bircins və istismar prosesində kollektoru deformasiya olunan, dərində yerləşən neft və qazkondensat yataqlarının işlənilməsinin hidrottermodinamik modeləşdirilməsi üsullarının təkmilləşdirilməsinin kompleks nəzəri tədqiqatları aparılmışdır. Bu istiqamətdə aşağıdakı əsas nəticələr alınmışdır:

1. Məhsuldar yataqların işlənilməsi zamanı baş verən temperatur anomalıyası tədqiq edilmiş, onların kəmiyyətə qiymətləndirilməsinin daha ümumi qoyuluşda yeni alqoritmləri təklif edilmişdir və konkret proqramları yaradılmışdır ki, bu da quyu məlumatlarının interpretasiyasının etibarlılığının və dəqiqliyinin artırılmasına imkan verir.

2. İlk dəfə olaraq keçiriciliyə nəzərən qeyri-bircins məsaməli mühitdə qazkondensat qarışığının üç ölçülü süzülməsi şəraitində termodinamik effektlərdən və faza keçid prosesindən yaranan istiliyi, istilik selinin konvektiv və konduktiv daşınmasını nəzərə almaqla, yeni termodinamik riyazi model və onun həll alqoritmı yaradılaraq konkret misallar timsalında realizə edilmişdir.

3. İlk geoloji və mədən məlumatlarının qeyri-dəqiqliyi və çatışmazlığı şəraitində qərarlaşmamış qaz rejimində qazkondensat sisteminin nisbi faza keçiricilikləri funksiyalarının, süzülmə-tutum və istilik-fiziki parametrlərinin təyini üçün müasir optimal idarəetmə üsulu əsasında hidrotermodinamiki modellərin parametrik identifikasiyasının ümumi metodikası işlənmişdir.

4. Keçiriciliyə nəzərən anizotrop layda mayenin maili quyuya stasionar rejimdə süzülməsi zamanı temperatur sahəsinin paylanması təyin edən hidrotermodinamiki model təklif edilmiş və modelə daxil olan parametrlərdən əsaslı olaraq layda temperatur anomaliyalarının işlənmənin texnoloji göstəricilərinə təsiri qiymətləndirilmişdir.

5. Lay təzyiqi neftin qazla doyma təzyiqindən aşağı olan qeyri-bircins yataqların işlənməsi prosesində, flüidın fəza axını şəraitində, mayenin qazsızlaşması və drossel effektlərini nəzərə almaqla ədədi hesablama üsulu işlənmiş və onun əsasında quyuya məlumatlarının interpretasiyasının etibarlılığının və dəqiqliyinin artırılması təmin olunmuşdur.

6. Kollektoru deformasiya olunan məsaməli mühitdə qazkondensat qarışığının süzülməsi şəraitində müasir optimal idarəetmənin variasiya üsulu əsasında prosesin hidrotermodinamiki modelinin süzülmə-tutum parametrlərinə nəzərən identifikasiyası məsələsi qoyulmuş və həll edilmişdir. Süzülmə-tutum parametrlərinin qiymətlərinə kollektorun deformasiya səciyyəsinin və süzülmə prosesinin qeyri-izotermikliyinə təsiri öyrənilmişdir.

Dissertasiyanın əsas müddələri aşağıdakı işlərdə çap olunmuşdur:

1. Calalov Q.İ., Feyzullayev B.X. Qazkondensat qarışığının layda süzülməsi zamanı yaranan termodinamiki effektlərin temperatur sahəsinə təsiri haqqında// AMEA -nın xəbərləri, «Yer Elmləri» seriyası, 2016, №2, s. 56-64
2. Feyzullayev B.X. Qaz-kondensat yatağının differensial tükənmə prosesinin modelləşdirilməsinin yeni alqoritmi//Azərbaycanın ümummilli lideri Heydər Əliyevin 90 illiyinə həsr olunmuş “Fundamental və tətbiqi Geologiya elmi: Nailiyyətlər, perspektivlər, problemlər və onların həlli yolları” mövzusunda Gənc alim və tələbələrin 5-ci beynəlxalq konfransının materialları, 14-15 noyabr 2013-cü il, Bakı, s.97-99
3. Feyzullayev B.X. Qazkondensat qarışığının süzülməsi zamanı deformasiya olunan layın parametrlərinin identifikasiyası //AMEA və ARDNŞ dəstəyi ilə keçirilən “Fundamental və tətbiqi elmlərin (yer, texnika və kimya elmləri) aktual problemlərinin həllində multidissiplinar yanaşmaların rolu” mövzusunda Gənc alim və mütəxəssislərin 1-ci beynəlxalq elmi konfransının materialları, 15-16 oktyabr 2014-cü il, Bakı, s.47-49
4. Feyzullayev B.X. Qazkondensat qarışığının quyuya süzülməsi prosesində temperatur sahəsinin təyini// AMEA-nın 70 illiyinə həsr edilmiş gənc

alim və mütəxəssislərin "Akademik elm həftəliyi - 2015" adlı beynəlxalq multidissiplinar forumun tezislər kitabı, Bakı, s.30-32

5. Feyzullayev B.X. Neftin quyuya axını prosesində keçiriciliyə görə qeyri-bircins layda temperatur sahəsinin təyini //Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin təşkilatçılığı ilə Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetində keçirilmiş doktorant və gənc tədqiqatçıların XIX Respublika elmi konfransının materialları, 7-8 aprel 2015-ci il, Bakı, I cild, s.80-82
6. Джалалов Г.И., Фейзуллаев Б.Х. Определение температурного поля пласта при фильтрации жидкости к наклонной скважине // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2015, №1, с. 20-23
7. Джалалов Г.И., Фейзуллаев Б.Х. Определение температурного поля при разработке месторождений с пластовым давлением ниже давления насыщения нефти газом // Изв. НАН Азерб. Сер. «Науки о Земле», 2015, №1-2, с. 59-64
8. Джалалов Г.И., Фейзуллаев Б.Х. Температурное поле в неоднородном пласте при нестационарной фильтрации газированной жидкости // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2015, №4, с. 21-25
9. Джалалов Г.И., Фейзуллаев Б.Х. Моделирование процессов тепло и массопереноса при фильтрации газоконденсатной смеси в неоднородном пласте // ВНИИОЭНГ, “Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности”, 2016, №2, с.35-39
10. Джалалов Г.И., Фейзуллаев Б.Х. Исследование влияния неизотермичности фильтрации при разработки месторождения на результаты гидродинамического моделирования в процессе адаптации // ВНИИОЭНГ, “Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности”, 2017, №3, с.41-47

Həmmüəlliflərlə birlikdə yazılmış məqalələrdə tədqiqatçının şəxsi əməyi:

İş [1, 6-11] - ədədi həll algoritminin qurulması, riyazi eksperimentlərin aparılması və nəticələrin təhlili.



Фейзуллаев Бабек Хасай оглы

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ МНОГОФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ
ФЛЮИДОВ В НЕОДНОРОДНЫХ ПЛАСТАХ**

РЕЗЮМЕ

В диссертационной работе проведены комплексные теоретические исследования совершенствования методов гидротермодинамического моделирования разработки неоднородных по проницаемости, с коллекторами, деформируемыми в процессе эксплуатации, глубокозалегающих нефтяных и газоконденсатных месторождений. В этом направлении были получены следующие основные результаты:

1. Были исследованы температурные аномалии, происходящие при разработке продуктивных месторождений, а также предложены новые алгоритмы для их количественной оценки в более общей постановке, и составлены конкретные программы, которые позволяют повысить достоверность и точность интерпретации данных скважин.

2. Впервые в неоднородной по проницаемости пористой среде, с учетом термодинамических эффектов, возникающих в условиях трехмерной фильтрации газоконденсатной смеси, конвективного и кондуктивного переноса теплового потока и теплоты, возникающей в процессе фазового перехода, была разработана новая термодинамическая математическая модель и реализована на основе конкретного примера с созданием алгоритма ее решения.

3. В условиях неточности и недостаточности начальных геологических и промысловых данных, на основе современного метода оптимального управления, была разработана общая методика параметрической идентификации гидротермодинамических моделей для определения фильтрационно-емкостных параметров и теоретических функций фазовых проницаемостей газоконденсатной системы в нестационарном газовом режиме.

4. Была предложена гидротермодинамическая модель, определяющая распространение температурного поля в анизотропном по проницаемости пласте при фильтрации жидкости в наклонной скважине в стационарном режиме, и оценено влияние температурных аномалий на технологические показатели разработки, в зависимости от входящих в модель параметров.

5. Был разработан численный расчетный метод с учетом разгазирования жидкости и дроссельного эффекта в условия пространственного потока флюидов в процессе разработки неоднородных залежей, пластовым давлением, ниже давления насыщения нефти газом, и на основе чего обеспечивается высокая достоверность и точность интерпретации данных скважин.

6. В условиях фильтрации газоконденсатной смеси в пористой среде с деформируемым коллектором была поставлена и решена идентификационная задача гидротермодинамической модели процесса относительно фильтрационно-емкостных параметров на основе вариационного метода современного оптимального управления. Было изучено влияние деформационной характеристики коллектора на значения фильтрационно-емкостных параметров.

Feyzullayev Babek Khasay oglu

**MODELING OF HYDROTHERMODYNAMIC PROCESSES IN
THE CONDITIONS OF MULTIPHASE FILTRATION OF FLUIDS
IN NON-UNIFORM LAYERS**

SUMMARY

In dissertation work, complex theoretical studies were carried out to improve the methods of hydrothermodynamic modeling of the development of non-uniform on permeability, with reservoirs deformed during exploitation, deep-seated oil and gas condensate fields. In this direction, the following main results were obtained:

1. Temperature anomalies that occurred during the development of productive deposits were investigated, and also new algorithms were proposed for their quantitative evaluation in a more general setting, and specific programs were developed which allow to improve the reliability and accuracy of the interpretation of these wells.

2. For the first time, a new thermodynamic mathematical model has been developed in a non-uniform permeable porous medium, taking into account the thermodynamic effects arising in the condition of three-dimensional filtration of the gas-condensate mixture, convective and conductive heat transfer and heat transfer during the phase transition, and based on a concrete example with the creation of algorithm for its solution.

3. In the conditions of inaccuracy and insufficiency of the initial geological and field information on the basis of the modern method of optimal control, a general method of parametric identification of hydrothermodynamic models was developed to determine the filtrational and capacitor parameters and theoretical functions of the phase permeabilities of the gas-condensate system in the nonstationary gas regime.

4. The hydrothermodynamic model determining distribution of the temperature field in anisotropic by permeability layer at filtration of liquid to the inclined well in the stationary mode has been offered and influence of the temperature anomalies on technological indicators of development, in dependence entering model of parameters are estimated.

5. A numerical calculation method was developed, taking into account the fluid degassing and throttle effect in the condition of the spatial flow of fluid during the development of heterogeneous deposits whose

formation pressure is lower than the saturation pressure of oil and gas, and on its basis the reliability and accuracy of the interpretation of these well.

5. A numerical calculation method was developed, taking into account the fluid degassing and throttling effect into the conditions of the spatial flow of fluids during the development of heterogeneous deposits, reservoir pressure lower than the saturation pressure, and on the basis of which high reliability and accuracy of interpretation of these wells are ensured.

6. In the conditions of filtration of a gas-condensate mixture in a porous medium with a deformable collector, the identification problem of the hydrothermodynamic model of the process with respect to the filtrational and capacitor parameters was set and solved on the basis of the variational method of modern optimal control. The influence of the deformation characteristic of the reservoir on the values of the filtrational and capacitor parameters was studied.

Sifariş № 44. Tirajı 100 nüsxə

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

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ**

На правах рукописи

ФЕЙЗУЛЛАЕВ БАБЕК ХАСАЙ ОГЛЫ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ МНОГОФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ
ФЛЮИДОВ В НЕОДНОРОДНЫХ ПЛАСТАХ**

2525.01 – Разработка и эксплуатация нефтяных и
газовых месторождений

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание учёной степени
доктора философии по техническим наукам

БАКУ – 2017