

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

KOLLEKTORLARI MÜRƏKKƏB DEFORMASIYAYA MƏRUZ QALAN QAZ-KONDENSAT VƏ YÜNGÜL NEFT YATAQLARININ İŞLƏNİLMƏ GÖSTƏRİCİLƏRİNİN PROQNOZLAŞDIRILMASI VƏ İNTERPRETASIYASI METODLARI

İxtisas: 2525.01- Neft və qaz yataqlarının işlənməsi və istismarı

İxtisas: 3338.01 – Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın
işlənməsi

Elm sahəsi: Texnika elmləri

Məhəmməd Asəf oğlu Camalbəyov

Elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim
edilmiş dissertasiyanın

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

Bakı – 2022

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universiteti "Tətbiqi riyaziyyat" elmi tədqiqat institutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçilər:

fizika-riyaziyyat elmləri
doktoru, professor **F.Ə.Əliyev**

Rəsmi opponentlər:

texnika elmləri doktoru,
professor **A.M.Quliyev**
Texnika elmləri doktoru,
professor **M.H.Məmmədova**
Texnika elmləri doktoru,
E.X.Əzimov
Texnika elmləri doktoru,
professor **Q.Q.İsmayılov**
Texnika elmləri doktoru,
professor **N.B.Ağayev**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən BED 2.03/2 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

Texnika elmləri doktoru,
dosent **A.Ə.Süleymanov**

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

Texnika elmləri namizədi,
dosent **Y.Y.Şmonçeva**

Elmi seminarın sədri:

Texnika elmləri doktoru,
dosent **A.Ə.Süleymanov**

İmzaları təsdiq edirəm

ADNSU-nun Elmi katibi, dosent



A handwritten signature in black ink, appearing to be "N.T.Əliyeva".

N.T.Əliyeva

İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

İşin aktuallığı. Dərində yatan kollektorlarla təmsil olunan qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının işlənməsi karbohidrogen sisteminin mürəkkəb termodinamik çevrilmələri ilə müşayiət olunur. Bundan başqa, işlənmə prosesində kollektor süxurlarının deformasiyası ilə məsaməli mühitin tutum-keçiricilik xarakteristikalarının dəyişməsi də əlavə olaraq layda süzülmə proseslərinə öz təsirini göstərir. Qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının işlənməsi zamanı karbohidrogen sistemlərinin termodinamik xüsusiyyətlərinin və məsaməli mühitin reologiyasını nəzərə almadan işlənmə məsələlərinin həlli, işlənmənin düzgün strategiyasının seçilməsi mümkün deyil. Buna görə, süxur-kollektorların reoloji xüsusiyyətlərinin lay proseslərinə təsir dərəcəsi və xarakteri haqda biliklərimizin dərinləşdirilməsi və uyğun olaraq işlənmə nəzəriyyəsinin təkmilləşdirilməsi işlənilmənin elmi əsaslarının inkişafının əsas istiqamətlərindəndir.

Hazırda qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının işlənilməsi nəzəriyyəsi xeyli inkişaf etdirilmişdir. Mürəkkəb termodinamik xüsusiyyətlərə malik karbohidrogen sistemlərinin təbii kollektorlarda süzülməsinin riyazi modelləşdirilməsinin fundamental prinsipləri yaradılmışdır. Qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının işlənilməsinin əsas göstəricilərinin proqnozlaşdırılması üçün metodlar işlənilib hazırlanmışdır. Qaz-kondensat və qismən yüngül neft yataqlarının işlənməsi zamanı lay proseslərinin əsas qanunauyğunluqlarının təyini üçün mühüm tədqiqat işləri aparılmışdır. Buna baxmayaraq istər xəzər regionu, istərsə bütün dünyada istismara cəlb olunan yeni karbohidrogen yataqlarında kollektorların reoloji xüsusiyyətlərinin kəskin təzahürü işlənmə nəzəriyyəsinin lay süxurlarının deformasiyası baxımından təkmilləşdirilməsini, quyu-lay sisteminin hidrodinamik tədqiqatı nəticələrinin və işlənmə üzrə mədəm məlumatlarının interpreasiyası üçün yeni, səmərəli üsulların yaradılmasını tələb edir.

Beləliklə, dərin kollektorlarla təmsil olunan qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının işlənilməsi zamanı süxur skeletinin relaksasiyalı elastiki, bəzən isə sürüngənli deformasiyaya məruz

qalması bu cür yataqların işlənməsi zamanı süzülmə prosesinə deformasiyanın təsirinin geniş tədqiq edilməsini, deformasiya zamanı relaksasiyanın təsirini nəzərə almaqla prosesin qaz-hidrodinamik modelinin, işlənmənin əsas göstəricilərinin proqnozlaşdırılması üçün alqoritmlərin və habelə mədən məlumatlarının müxtəlif məsələlərin həlli məqsədilə interpretasiya metodlarının işlənilməsini hazırlanmasını aktuallaşdırır. Bundan başqa getdikcə daha dərin qatlarda daha yüksək başlanğıc təzyiqlə açılan qaz-kondensat və yüngül neft laylarında yüksək süzülmə sürətləri işlənmə prosesinə ətalət qüvvələrinin təsirinin tədqiqini də aktual etməkdədir.

Bu istiqamətdə aparılan çoxsaylı tədqiqat işləri mövcud olsa da həmin işlər əsasən neft və qaz yataqlarını əhatə edir. Relaksasiyalı qaz-kondensat və yüngül neft laylarının işlənməsi prosesində kollektorların tutum və keçiricilik xüsusiyyətlərinin dəyişmələrinin süzülmə prosesinə təsiri xüsusiyyətlərinin əsaslı tədqiqinə ehtiyac var. Bu tip laylarda qaz-kondensat və yüngül neftlərin süzülmə proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi, işlənmə göstəricilərinin proqnozlaşdırılması alqoritmlərinin hazırlanması; quyu və layın hidrodinamik tədqiqatları nəticələri və işlənmə üzrə mədən məlumatlarının interpretasiyası kimi məsələlərin həlli aktuallaşır.

Yuxarıda qeyd olunanlar dissertasiya işinin mövzusunun aktual olmasını təsdiqləyirlər.

İşin məqsədi. Dissertasiya işinin əsas məqsədi süzülmə prosesində ətalət qüvvələrinin nəzərə alınması ilə qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli kollektorlara malik qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının müxtəlif geo-texnoloji rejimlərdə işlənməsinin əsas parametrlərinin proqnozu üçün hesablama alqoritmlərinin, quyunun hidrodinamik tədqiqatı nəticələrinin və mədən məlumatlarının müxtəlif məqsədlər üçün səmərəli interpretasiya üsullarının işlənilməsini hazırlanması və quyu-lay sisteminin kompüter-imitasiya modellərinin yaradılmasıdır.

Tədqiqatın əsas məsələləri:

1. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli məsaməli mühitdə qaz-kondensat sistemi və yüngül neftlərin süzülməsi proseslərinin hidrodinamik modelinin yaradılması, xətti və qeyri-xətti süzülmə qanunları əsasında quyuya

axın məsələsinin tədqiqi.

2. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli kollektorlu qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının tükənmə rejimində işlənmə göstəricilərinin proqnozu üçün alqoritmlərin yaradılması və tükənmə prosesinin baxılan halda xüsusiyyətlərinin tədqiqi.

3. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli laylarda qaz-kondensat və yüngül neftlərin quyuya su ilə sıxışdırılması proseslərinin əsas göstəricilərinin proqnozu üçün alqoritmlərin yaradılması və baxılan halda prosesin xüsusiyyətlərinin tədqiqi.

4. Qaz-kondensat qarışıqlarının və yüngül neftlərin quyuya axını məsələsinin quyudibi zonasında (və ya quyuya yaxınlığında) və drenaj zonasının quyudan uzaq hissəsində süxurların keçiriciliyinin və deformasiya xüsusiyyətlərinin fərqlənməsinin nəzərə alınması ilə həlli; işlənmə prosesinə layın reoloji qeyri-bircinsliyinin və skin-effektin təsirinin öyrənilməsi.

5. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli kollektorlarla təmsil olunan yüngül və buxarlanmayan neft yataqlarının qaz-lift və dərinlik nasosları ilə, o cümlədən ştanqlı nasosla işlənməsində quyuya-lay sisteminin kompüter-imitasiya modellərinin yaradılması.

6. Lay sistemi energetikasının aktivlik dərəcəsinin qiymətləndirilməsi üçün xüsusi meyarların tapılması və lay rejiminin birmənalı təyini üçün səmərəli üsulun işlənməsi.

7. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli kollektorlarla təmsil olunan qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının müxtəlif işlənmə məsələlərinin həlli üçün mədən məlumatlarının interpretasiyası üçün daha səmərəli metodikaların yaradılması. O cümlədən:

- lay-kollektorların reoloji xarakteristikasının (suxur skeletinin deformasiyası nəticəsində keçiricilik və məsaməliyin dəyişmə əmsallarının, keçiricilik və məsaməliyin dəyişmə qanununun) təyini metodikaları;

- lay-kollektorların tutum-kollektor xüsusiyyətlərinin (məsaməlik və keçiriciliyin) təyini metodikaları;

- yatağın başlanğıc balans ehtiyatlarının təyini metodikası;
- lay rejimlərinin təyini metodikası;
- quyunun dinamik qidalanma konturunun (drenaj zonasının) və durğun zonaların təyini metodikası.

Qoyulan məsələlərin həll üsulları. Dissertasiyada qoyulan məsələlər qazhidrodinamika nəzəriyyəsinin, riyazi fizika, hesablama riyaziyyatı, riyazi və kompüter modelləşdirməsi metodlarının tətbiqi ilə həll edilmişdir. İşlənmiş üsul və alqoritmlər kompüter proqramlarında tətbiq edilmiş, model və praktik nümunələr üzərində yoxlanmışdır.

Elmi yenilik.

1. Modifikasiya edilmiş binar model əsasında qaz-kondensat və yüngül neftlərin qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli laylarda xətti və qeyri-xətti qanunla süzülməsi zamanı quyuya axın prosesinin hesablanma alqoritmləri işlənmişdir.

2. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının tükənməyə işlənməsi prosesinin əsas göstəricilərinin müxtəlif texnoloji rejimlərdə proqnozlaşdırılması üçün səmərəli alqoritmlər işlənmişdir.

3. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli kollektorlarda qaz-kondensat qarışıqları və yüngül neftlərin quyuya su ilə sıxışdırılması proseslərinin göstəricilərinin müxtəlif geo-texnoloji rejimlərdə proqnozlaşdırılması alqoritmləri təklif edilmişdir.

4. Quyudibi zonasında (və ya quyuya yaxınlığında) və drenaj zonasının quyudan uzaq hissəsində sükurların keçiriciliyinin və reoloji xüsusiyyətlərinin fərqlənməsinin nəzərə alınması ilə qaz-kondensat qarışığının və yüngül neftlərin quyuya axınının hesablanması alqoritmləri yaradılmışdır.

5. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli kollektorlarla təmsil olunan yüngül və buxarlanmayan neft yataqlarının qaz-lift və dərinlik nasosları ilə, o cümlədən ştanqlı nasosla işlənməsində quyuya-lay sisteminin kompüter-imitasiya modelləri yaradılmışdır.

6. İlk dəfə olaraq qaz, qaz-kondensat və neft yataqlarında lay

energetikasını xarakterizə edən xüsusi parametrlər tapılmışdır. Bu göstəricilər “lay energetikasının aktivlik meyarları” (LEAM) və ya qısaca “aktivlik meyarları” (AM) adlandırılmışdır.

7. Aktivlik meyarları əsasında mədən məlumatlarından istifadə etməklə qaz, qaz-kondensat və neft yataqlarının işlənməsinin istənilən mərhələsində lay rejiminin birmənalı təyini üçün yeni üsul işlənmişdir. Üsul patentləşdirilmişdir.

8. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli kollektorlarla təmsil olunan qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında mədən məlumatlarının (o cümlədən quyuların hidrodinamiki tədqiqatı nəticələrinin) interpretasiyası üçün analogi üsullarla müqayisədə daha dəqiq və daha etibarlı metodikalar yaradılmışdır, o cümlədən:

- layın reoloji xarakteristikasının (suxurların deformasiyası nəticəsində keçiricilik və məsaməliyin dəyişmə əmsallarının) təyini metodikaları işlənmişdir;

- layın effektiv keçiriciliyinin (o cümlədən işlənmənin əvvəlinə olan qiymətinin) təyini metodikası verilmişdir;

- məsaməlik əmsalının (o cümlədən onun işlənmənin əvvəlinə olan qiymətinin) təyini metodikası işlənmişdir;

- işlənmənin istənilən mərhələsində (o cümlədən ilkin mərhələsində) qaz, qaz-kondensat və neft (o cümlədən yüngül neft) yataqlarında karbohidrogenlərin ilkin balans ehtiyatlarının təyini metodikası işlənmişdir;

- lay rejimlərinin təyini üçün qaz, qaz-kondensat və neft (o cümlədən yüngül neft) yataqlarında LEAM-nın ədədi qiymətlərinin hesablanması üçün alqoritm təklif edilmişdir;

- layı drenaj edən quyuların dinamiki qidalanma konturunun və layın durğun zonaların təyini metodikası işlənib hazırlanmışdır.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Qaz-kondensat və yüngül neftlərin qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli laylarda ətalət qüvvələrinin nəzərə alınması ilə müxtəlif texnoloji rejimlərdə quyuya axın prosesinin hesablanması alqoritmləri.

2. Qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında karbohidrogen qarışıqlarının müxtəlif subasqı rejimlərində (o cümlədən elastiki, sərt

subasqı və verilən tempdə yer səthindən kontur arxasına suvurma rejimi) quyuya sıxışdırılması proseslərinin proqnozlaşdırılması üçün işlənmiş alqoritmlər.

3. Quyuətrafı zonanın fərqli reologiyası və kollektor xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması ilə qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında işlənmə proseslərinin əsas göstəricilərinin hesablanması alqoritmləri.

4. Lay energetikasını xarakterizə edən xüsusi göstəricilər- “lay energetikasının aktivlik meyarları” (LEAM) və bu göstəricilər əsasında qaz, qaz-kondensat və neft yataqlarında lay rejiminin birmənalı təyini üçün yeni yanaşma.

5. Qaz, qaz-kondensat və neft yataqlarında LEAM-nın ədədi qiymətlərinin hesablanması metodikaları.

6. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli kollektorlarla təmsil olunan qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında mədən məlumatlarının, o cümlədən quyuların hidrodinamik tədqiqatı nəticələrinin interpretasiyası üçün analoji metodikalarla müqayisədə daha dəqiq və etibarlı metodikalar. O cümlədən:

- lay süxurlarının sıxılma xarakteri və sıxılma dərəcəsi kimi reoloji xüsusiyyətlərinin təyini metodikaları;

- lay-kollektorların kollektor-tutum xüsusiyyətlərinin təyini metodikaları;

- qaz, qaz-kondensat və neft (o cümlədən yüngül neft) yataqlarında başlanğıc balans ehtiyatlarının hesablanması metodikası;

- qaz, qaz-kondensat və neft (o cümlədən yüngül neft) yataqlarında lay rejimlərinin təyini üçün yeni üsul;

- qaz-kondensat və yüngül neft layını drenaj edən quyuların dinamik qidalanma konturu və durğun zonaların təyini metodikası.

İşin praktik əhəmiyyəti. İşdə təklif olunan hesablama alqoritmləri qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli kollektorlara malik qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının müxtəlif geo-texnoloji rejimlərdə işlənməsinin əsas göstəricilərinin proqnozlaşdırılmasına imkan verirlər. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli layların

işlənməsi prosesində qaz-kondensat və yüngül neft kimi karbohidrogen sistemlərinin süzülməsinin müəyyən edilmiş ümumi qanunauyğunluqları bu tip yataqların işlənilməsinin analizində istifadə oluna bilər.

İlk dəfə tapılmış olan lay energetikasını xarakterizə edən “aktivlik meyarları” qaz, qaz-kondensat və neft (o cümlədən yüngül neft) yataqlarında su hövzəsinin aktivlik dərəcəsinin qiymətləndirilməsinə imkan verir. LEAM-na əsaslanan yeni yanaşma lay rejiminin işlənməyə dair mədən məlumatları əsasında işlənmənin ixtiyari mərhələsində bir mənalı təyini təmin edir.

Yaradılmış mədən məlumatlarının interpretasiyası üçün digər üsullar qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının işlənməsi zamanı:

- lay rejiminin birmənalı təyini üçün LEAM-nın hesablanmasına;
- layın reoloji xüsusiyyətlərinin təyini;
- layın effektiv keçiriciliyinin təyini;
- layın məsaməlik əmsalının təyini;
- işlənmənin ilkin mərhələsində ilkin karbohidrogen ehtiyatlarının hesablanmasına;
- quyunun dinamik qidalanma konturu radiusunun hesablanmasına və layda durğun (işlənməyə cəlb olunmamış) zonaların təyiniyə imkan verirlər.

Alınan nəticələrinin tətbiqi. İşlənmiş alqoritmlər və yaradılmış üsullar model və praktik misallar üzərində yoxlanılmış, “X-Oil ver.1.0.0” adlı Azərbaycan Respublikası Müəllif Hüquqları Agentliyində 01/C-5817-11 nömrəli müəlliflik şəhadətnaməsilə 19.10.2011 tarixdə qeydiyyatdan keçmiş kompüter proqram təminatında tətbiq edilmişdirlər.

Verilmiş alqoritmlər əsasında yüngül neft (xüsusi halda buxarlanmayan neft) yataqlarının dərinlik nasosları ilə istismarında nasos-quyu-lay sisteminin kompüter-imitasiya modeli işlənmişdir. Bunun əsasında layın ştanqlı nasos və dalma nasosu ilə işlənməsinin kompüter simulyatoru yaradılmışdır. Alınan alqoritmlər və kompüter simulyatorundan SOCAR-da istifadə olunmaqdadır.

Dissertasiyada alınmış nəticələr əsasında işlənmiş ştanqlı nasosların nasos-quyu-lay sistemində işinin kompüter simulyatoru

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin qaz-neft mədən fakültəsində tədris prosesində istifadə olunur. Dissertasiyada alınmış bəzi həllər “Azneft” İB-də tətbiq olunmuşdur. Bu haqda aktlar dissertasiyaya əlavə edilmişdir.

Aprobasiya. Dissertasiya işinin əsas nəticələri bir sıra ölkə və beynəlxalq miqyaslı seminar və konfranslarda məruzə edilmişdir:

- “İdarəetmə və optimallaşdırmanın sənayedə tətbiqi” II beynəlxalq konfransı (The Second International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications, COIA-2008), Bakı, Azərbaycan 2-4 iyun 2008;

- Türk ölkələri ümumdünya riyaziyyat cəmiyyətinin III konqresi (The Third Congress of the World Mathematical Society of Turkic Countries), Almatı, 30 iyun- 4 iyul 2009;

- Türk dünyası riyaziyyat cəmiyyətinin IV konqresi (The 4th Congress of the Turkic World Mathematical Society), Bakı, 1-3 iyul 2011;

- “İdarəetmə və optimallaşdırmanın sənayedə tətbiqi” III beynəlxalq konfransı (The 3rd International Conference on Control And Optimization with Industrial Applications, COIA 2011), Bilkent Universiteti, Ankara, 22 – 24 avqust 2011;

- 10-cu “Analitik mexanika, dayanıqlıq və idarəetmə” Beynəlxalq Çetaev konfransı (“Аналитическая механика, устойчивость и управление”. X Международная Четаевская конференция), Kazan, 12–16 iyun 2012;

- “Elm tutumlu texnologiyalarda kompüter modelləşdirilməsi” («Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях. КМНТ-2012») beynəlxalq elmi-texniki konfransı, Xarkov, 24-27 aprel 2012;

- “Neftqazçıxarmada yeni texnologiyalar” II Beynəlxalq elmi-təcrübi konfransı, Bakı, “Neftqazəlimtədqiqatlayihə” İnstitutu. 06-07 sentyabr 2012;

- Nobel qardaşlarının 1-ci beynəlxalq elmi-innovativ konfransı (Nobel Brothers’ 1st International Research-Innovative Conference), Bakı, 22-23 oktyabr 2012;

- “İdarəetmə və optimallaşdırmanın sənayedə tətbiqi” IV beynəlxalq konfransı (The 4th International Conference On Control

and Optimization with Industrial Applications), Bolqariya, Borovets, 10–12 iyul 2013;

- «Fundamental bazis və neft və qaz yataqlarının axtarışı, kəşfiyyatı və işlənməsi» XXI Qubkin oxunuşları (XXI Губкинские чтения «Фундаментальный базис и инновационные технологии поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа»), Moskva, 24-25 mart 2016.

İşin nəticələrinin nəşr olunması. Dissertasiyanın əsas nəticələri 49-u məqalə, 1-i monoqrafıya, 2-si ixtiraya patent, 1-i müəlliflik şəhadətnaməsi, 10-u konfrans materialı və məruzə tezisi olmaqla 63 elmi işdə dərc olunmuşdur. Bəzi tədqiqat işləri ARDNŞ-nin elmi-tədqiqat işlərinin tematik planı çərçivəsində yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiya işində kollektorları mürəkkəb deformasiyaya məruz qalan- qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli kollrektorlara malik qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında işlənmə proseslərinin riyazi və kompüter modelləşdirilməsi, mədən məlumatlarının interpretasiyası üçün daha etibarlı üsulların işlənməsi və ümumiyyətlə, işlənmənin səmərəliliyinin artırılması üçün aparılan nəzəri və elmi-tətbiqi işlər istiqamətində müəllifin təcrübəsi ümumiləşdirilmişdir.

Müəllifin şəxsi töhfəsi. Bütün aparılan tədqiqatlarda məsələlərin qoyuluşu, onların həlli əsasən müəllif tərəfindən müstəqil olaraq əldə edilmişdir. Müəllif tərəfindən, həmçinin alınan həllərin kompüter tətbiqi həyata keçirilmiş, proseslərin kompüter simulyasiyası işlənilib hazırlanmışdır; yaradılmış simulyator ilə kompüter eksperimentləri, nəticələrin təhlili və interpretasiyası müəllif tərəfindən müstəqil aparılmışdır. Dissertasiyada qaz-lift prosesinə elmi məsləhətçi F.Ə.Əliyev, həmmüəlliflər M. X.İlyasov və N.B.Ağayev ilə birgə baxılmış, bə məsələ ilə bağlı kompüter hesablamaları Bakı Dövlət Universiteti Tətbiqi Riyaziyyat elmi-tədqiqat institutunun əməkdaşları tərəfindən aparılmışdır. Quyuətrafı zonada reologiyanın fərqliliyinin nəzərə alınması ideyası elmi məsləhətçi A.M.Quliyevə məxsusdur. Dissertasiya işində yaradılmış mədən məlumatlarının interpretasiyası üsulları, onların kompüter

tətbiqləri və həmçinin onların ədədi tədqiqatları müəllifə məxsusdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi Giriş, 6 fəsil, Əsas nəticələr, Ədəbiyyat siyahısı və Əlavələrdən ibarətdir. Dissertasiya ümumilikdə 14 cədvəl, 139 şəkil və 220 mənbədən ibarət olan ədəbiyyat siyahısı daxil olmaqla kompüter yazısı ilə 300 səhifə həcmindədir.

Müəllif dissertasiya üzərində işlərin yerinə yetirilməsi zamanı verdikləri dəyərli tövsiyələr və göstərdikləri diqqətə görə elmi məsləhətçilər AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru, professor mərhum A.M.Quliyevin xatirəsini hörmətlə anır və akademik F.A.Əliyevə özünün dərin minnətdarlığını bildirir.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə dissertasiyanın əsas müddəaları verilmiş, dissertasiyanın mövzusu üzrə aparılmış tədqiqatların aktuallığı əsaslandırılmış, işin elmi yenilikləri, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəlar, qoyulmuş məsələlər və onların həll üsulları göstərilmişdir.

Birinci fəsilə kollektorları qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli deformasiyaya uğrayan qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının işlənməsinin qazhidrodinamikası, işlənmə prosesinə lay sükurlarının reoloji xüsusiyyətlərinin təsirinin öyrənilməsi, quyu-lay sisteminin hidrodinamik tədqiqatı nəticələrinin və işlənməyə dair mədən məlumatlarının interpretasiyası üsullarının işlənməsi sahəsində mövcud tədqiqat işlərinin analizi təqdim olunur. Göstərilmişdir ki, getdikcə daha dərinə yatan neft, və qaz-kondensat yataqlarının istismara açılması süzülmə nəzəriyyəsinin daha da təkmilləşdirilməsini, işlənməyə dair mədən məlumatlarının və quyuların hidrodinamik tədqiqatı nəticələrinin interpretasiyası üçün yeni metodların işlənməsini tələb edir.

N.S.Qudok (1958), V.M.Dobrinin (1963), V.N.Şelkaçov (1965), A.T.Qorbunov (1967), İ.A.Burlakov və N.P.Fursova (1963), N.N.Pavlova (1975), N.V.Şestakov və b. (1977) kimi bir sıra eksperimental tədqiqatlarla müəyyən edildi ki, hətta effektiv təzyiğin (yəni məsamə daxili və dağ təzyiqləri fərqlinin) kiçik artımı belə kollektorun əhəmiyyətli dərəcədə deformasiyasına və nəticədə layın

məsaməlik və keçiriciliyinin dəyişməsinə səbəb ola bilər. T.K. Ramazanov (2005)-də Bulla-dəniz və Bahar yataqları misalında tədqiqat nəticələri bunu bir daha nümayiş etdirir.

Mühitin sıxılmasının xətti elastiki qanunla dəyişməsinə fərz edərək məsaməli mühitdə elastiki mayenin süzülmə tənlikləri V.N. Şelkaçov (1959) tərəfindən verildi. Bu tədqiqatlarda yalnız məsaməliyinin dəyişilməyə məruz qalması fərz edilmişdir.

Süxurların qeyri-xətti elastiki deformasiyası şəraitində neft və qaz yataqlarının işlənmə məsələləri üzrə mühüm tədqiqatlar həmçinin M.T. Abasov, Q.İ. Cəlalov, K.N. Cəlilov, E.X. Əzimov, A.M. Quliyev (1993) tərəfindən aparılmışdır.

Q.İ. Barenblatt, A.P. Krilov (1955), V.N. Nikolaevckiy (1964), Q.V. İsakov (1964), kimi tədqiqatlarda müəlliflər diqqəti belə bir faktda çəkdilər ki, lay təzyiqinin düşməsi ilə neftli kollektorların deformasiyası bəzi hallarda dönməz xarakter daşıyır. Belə şəraitdə süzülmə elastiki-plastik rejim adlandırıldı.

Q.A. Şerbakov (1977), A.T. Qorbunov (1976), Y.P. Korotayev, L.Q. Qerov, S.N. Zakirov, Q.A. Şerbakov (1979), A. Settari (2002), A.A. İmanov, T.X. Suleymanov, F.A. Nurmamedov (2005), R.S. Qurbanov, A.F. Qasimov, A.X. Mirzəcanzadə (1967), V.Q. Yasov (1980) kimi işlər neftin və qazın elastiki-plastik rejimdə süzülməsi proseslərinin, o cümlədən iki fazalı mayenin deformasiyalı laylarda hərəkətinin (V.N. Nikolaevckiy, 1984) tədqiqinə həsr olundu.

Qazın deformasiyaya uğrayan süxurlarda süzülməsi prosesi M.T. Abasov, E.X. Əzimov, A.M. Quliyev (1976), A. Ban, K.S. Basniev, V.N. Nikolaevckiy (1961), K.S. Basniev (1964), N.V. Şestakov, D.N. Kuzmiçev, M.S. Batov, N.A. Qolovçenko (1977), A.K. Qalimov (1982), A.V. Dinkov, İ.N. Fedyuxina (1981), S.N. Zakirov, O.P. Şmıqlıya (1971), L.Q. Nakaznaya (1972), Q.N. Cəlilov, Q.İ. Cəlalov, A.M. Məmmədov və b. (1982), N.S. Ratuşnyak, V.A. Tsarev (1979), Q.A. Şerbakov (1977) tərəfindən geniş tədqiq edilmişdir. Y.P. Korotayev, L.Q. Qerov, S.N. Zakirov, Q.A. Şerbakov (1979) və eləcə də S.N. Zakirov, E.F. Morozova (1972)-də qaz yataqlarının ehtiyatlarının hesablanmasında əvvəllər təklif olunmuş metodikaların deformasiyalı kollektorlarda yararsız olması ilk dəfə olaraq göstərildi.

Sıxılmayan məsaməli mühitdə **qaz-kondensat qarışıqlarının süzülməsi** haqda əsas təsəvvürlər V.N.Nikolayevckiy (1963), M.T.Abasov, F.H.Həsənov, F.H.Orucəliyev (1966) tərəfindən yaradılmışdır. Sıxılmayan kollektorlarda qaz-kondensat sisteminin süzülmə prosesinin ədədi modelləşdirilməsi məsələləri M.T.Abasov, Q.İ.Cəlalov, T.M.İbrahimov, A.M.Məmmədov, X.A.Feyzullayev (2002) kimi tədqiqat işlərində geniş tədqiq edilmişdir. M.T.Abasov, M.A.Camalbəyov, F.H.Orucəliyev (1985) tədqiqat işində elastiki tam çatlı kollektorlara malik qaz-kondensat yataqlarının işlənmə göstəricilərinin proqnozlaşdırılması üçün hesablama sxemləri alınmışdır. Fərz edilmişdir ki, məsaməlik və keçiricilik yalnız lay təzyiqinin funksiyasıdır, buna görə də layın tutum-kollektor xüsusiyyətlərinin dəyişməsi lay təzyiqinin düşməsi ilə ani baş verir. Lakin, bir sıra tədqiqat nəticələri, o cümlədən Y.M.Molokoviç (1980), M.T.Abasov, M.A.Dünyamalıyev, A.M.Quliyev (1995), M.T.Abasov, Q.N.Cəlilov, Z.A.Kərimov, D.P.Mirzəyeva (2000), A.M. Quliyev, B.Z.Kazımov (2009), A.M.Svalov (2012) və digərlərigöstərdi ki, kollektorun lay təzyiqinin düşməsinə reaksiyası müəyyən zaman parçasında baş verə bilər. Eksperimental tədqiqatlarla təsdiqləndi ki, layın tutum və kollektor xüsusiyyətlərinin dəyişməsi mürəkkəb xarakter daşıyır (P.T.Şmıqlıya, V.A.Çernıx, Q.S.Kupin, 1984).

Tarixən son dövrlərdə açılan **yüngül neft yataqlarının** sayının artması və uyğun olaraq, hasil olunan neftin ümumi miqdarında yüngül neftin payının artması süzülmə proseslərinin riyazi modelləşdirilməsində yüngül neftlərin PVT xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması ilə işlənmə nəzəriyyəsinin inkişaf etdirilməsi məsələlərini aktuallaşdırdı. M.T.Abasov, X.İ.Dadaşzadə, M.A.Camalbəyov (1990), N.Sanchez, S.A.Maraven (1992), A.H.El-Banbi, (2001), M.O.Sanni, A.C.Gringarten (2008) kimi işlər məhz yüngül neft yataqlarının işlənməsi məsələlərinə həsr edilmişdir.

Neftin və qazın relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli kollektorlarda süzülmə prosesinin tədqiqinə həsr edilmiş bir çox iş mövcuddur. Bunlardan Y.M.Molokoviç, P.P.Osipov (1987), M.T.Abasov, Q.N.Cəlilov, Z.A.Kərimov, D.P.Mirzəyeva (2000), M.A.Dünyamalıyev (2002), S.E.Tağiyeva

(2007), A.M. Quliyev, B.Z.Kazımov (2009) və digər işləri göstərmək olar. Bu tədqiqatların nəticələri göstərdi ki, işlənmə göstəricilərinin proqnozlaşdırılmasında lay süxurlarının relaksasiyasının nəzərə alınması proqnozun dəqiqliyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edə bilər.

Quyu-lay sistemlərinin hidrodinamik və kompüter modelləşdirilməsi sahəsində görülən işlərin ədəbiyyatda təhlili bu sahədə elmi-tədqiqat işlərinin aparılmasına ciddi ehtiyacın olduğunu göstərdi. F.Ə.Əliyev, V.B.Larin (2009), Fikrət Ə. Əliyev, N.A.İsmailov (2013), M.M.Mütəllibov, R.T.Zülfüqarova, L.I.Əmirova (2015) tədqiqat işləri qaz-lift üsulu ilə istismar prosesində quyu-lay sisteminin və qaz-lift prosesinin optimal idarə edilməsi problemlərinə həsr edilmiş əzsaylı işlərdəndir. Qeyd olunan tədqiqat işlərində alınan nəticələr qaz-lift istismarında quyu-lay sisteminin riyazi üsullarla optimal idarə edilməsi kimi problemin kompleks həlli üçün gələcəkdə təməl rolunu oynaya bilərlər.

Ümumiyyətlə, **mədən məlumatlarının interpretasiyası** sahəsində məsələn, M.T.Abasov, A.T.Qorbunov, A.X.Şahverdiyev (1981), R.Q.Şaqiev (1998), D.P.Mirzəyeva (2002), Y.M.Molokoviç (2006), T.Ş.Kazımova (2008), F.Sivan, D.Devogowda, R.Sigal (2013) və başqa bu kimi çox sayda tədqiqat işləri mövcud olsa da bunlar əsasən neft və qaz yataqlarındakı problemlərə həsr edilmişdir.

Deformasiyaya məruz qalan, o cümlədən qeyri-xətti elastiki və relaksasiyalı kollektorlarla təmsil olunmuş qaz, qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının işlənməsinin qaz-hidrodinamikası, mədən məlumatları və o cümlədən quyuların hidrodinamik tədqiqatı nəticələrinin interpretasiyası sahəsində çap olunmuş işlərin təhlili mürəkkəb deformasiyaya məruz qalan qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngənli kollektorlara malik qaz-kondensat və yüngül neft laylarının işlənməsinin riyazi modelləşdirilməsinin, mədən məlumatlarının və quyuların hidrodinamik tədqiqatı nəticələrinin interpretasiyası üçün yeni, daha etibarlı üsulların yaradılmasının və nasos-quyu-lay sistemlərinin kompüter-imitasiya modelləşdirilməsi kimi məsələlərin aktual olmasını göstərdi.

İkinci fəsil qeyri-xətti elastiki və relaksasiyalı sıxılan məsaməli mühitlərdə qaz-kondensat qarışığı və yüngül neftlər kimi mürəkkəb

karbohidrogen sistemlərinin süzülmə proseslərinin modelləşdirilməsinə həsr olunub. Mövcud yanaşmalar təhlil olunur və dissertasiya işində tətbiq olunan həll üsulu seçilir.

Məlumdur ki, nəzəri olaraq layın hidrodinamik modelinin dəqiqliyi layda lay flüidlərinin süzülmə prosesini təsvir edən riyazi modelin prosesi nə dərəcədə dəqiq əks etdirməsindən asılıdır. Süzülmə tənləklərinin süzülmə prosesinin dəqiq əks etdirməsi dedikdə prosesi xarakterizə edən amillərin nə dərəcədə tam nəzərə alınması nəzərdə tutulur. Bu amillərdən işlənmə prosesində lay təzyiqinin düşməsi ilə əlaqədar lay parametrlərinin dəyişməsinə (yəni layın deformasiyasını), neftin termodinamik xüsusiyyətlərinin dəyişilməsini, fazalar arasındakı kütlə mübadiləsi və b. göstərmək olar. Lakin, prosesdə iştirak edən parametrlərin sayının artırılması modelin dəqiqliyinin mütənasib olaraq artması demək deyil. Çünki modelə daxil olan hər bir parametrlərin özünün təyin edilməsi xətası, daha doğrusu bu parametrlər üçün əldə olunan qiymətlərin etibarlılığı anlayışı mövcuddur. Buna görə də fiziki prosesin daha dolğun ifadə etdirilməsi məqsədilə parametrlərinin sayının maksimum artırılması modeli həddən artıq mürəkkəbləşdirir və onun etibarlılıq kimi vacib göstəricisini aşağı salır. Məsələn, məlumdur ki, layın məsaməliyi, keçiriciliyi, onun reoloji xüsusiyyətləri və bir sıra digər parametrləri real layda koordinatdan asılı olaraq dəyişir. Lakin fiziki prosesin etibarlı riyazi modelinin yaradılması üçün həmin parametrlərin layı bütövlükdə ifadə edən orta qiymətlərindən istifadə edilməsi məqsədəuyğun sayılır.

Eyni fikri modeldə iştirak edən lay flüidlərini xarakterizə edən digər parametrlər, o cümlədən karbohidrogen sistemini təşkil edən komponentlərin sayı haqda da söyləmək olar. Bu baxımdan, qaz-kondensat və yüngül neftlərin süzülməsinin əsasən iki tip qaz-hidrodinamik modeli mövcuddur. Hər iki model sistemin iki fazalı olması və fazalararası kütlə mübadiləsini nəzərə alır. Birinci model karbohidrogen qarışıqına çoxkomponentli sistem kimi baxırsa, ikinci tip modeldə çoxkomponentli karbohidrogen sistemi iki komponentli, daha doğrusu, iki psevdo-komponentli iki fazalı, yəni binar sistem kimi təsəvvür edilir.

Süzülmənin çoxkomponentli modelinin mürəkkəbliyi, ona

daxil olan parametrlərin təyininin çətin olması onun etibarlığını aşağı salır və praktikada geniş tətbiq olunmasına mane olur. Lakin, karbohidrogen sistemlərinin binar modeli əsasında süzülmə məsələlərinin analitik və ya psevdo-analitik həllinə nail olmaq mümkündür. Bu, bir sıra məsələlərin, o cümlədən maddə məlumatlarının interpretasiyası məsələlərinin həllinə imkan verir. Buna görə də işlənmə məsələlərinin həllində nisbətən sadə və daha etibarlı olan binar modeldən daha geniş istifadə olunur. Qeyd olunanları nəzərə alaraq, dissertasiya işində layın hidrodinamikasının binar model əsasında qurulması məqsəduyğun hesab edilir.

Keçiriciliyi və məsaməliyi təzyiqlik və zamandan asılı olaraq dəyişən məsaməl mühitdə qaz-kondensat qarışığının hərəkət tənlikləri radial axın üçün aşağıdakı kimi yazılır:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ r \left[\frac{f_g(\rho_k) p \beta [1 - c(p) \bar{\gamma}(p)]}{\mu_g(p) Z(p) p_{at}} + \frac{f_k(\rho_k) S(p)}{\mu_k(p) a(p)} \right] k(p, t) \frac{\partial p}{\partial r} \right\} = \quad (2.1)$$

$$- \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \left[\frac{(1 - \rho_k) p \beta [1 - c(p) \bar{\gamma}(p)]}{z(p) p_{at}} + \rho_k \frac{S(p)}{a(p)} \right] m(p, t) \right\}$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ r \left[\frac{f_g(\rho_k) p \beta c(p)}{\mu_g(p) Z(p) p_{at}} + \frac{f_k(\rho_k)}{\mu_k(p) a(p)} \right] k(p, t) \frac{\partial p}{\partial r} \right\} = \quad (2.2)$$

$$- \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \left[\frac{\rho_k}{a(p)} + (1 - \rho_k) \frac{p \beta c(p)}{Z(p) p_{at}} \right] m(p, t) \right\}$$

Qaz-kondensat sistemində analogi olaraq, binar model konsepsiyası əsasında yüngül neftlər üçün işə hərəkət tənlikləri aşağıdakı kimi yazılmışdır:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ r \left[\frac{f_g(\rho_n) p \beta c_n(p)}{\mu_g(p) Z(p) p_{at}} + \frac{f_n(\rho_n)}{\mu_n(p) a(p)} \right] k(p, t) \frac{\partial p}{\partial r} \right\} = \quad (2.3)$$

$$- \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \left[\frac{\rho_n}{a(p)} + (1 - \rho_n) \frac{p \beta c_n(p)}{z(p) p_{at}} \right] m(p, t) \right\}$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ r \left[\frac{f_g(\rho_n) p \beta [1 - c_n(p) \bar{\gamma}(p)]}{\mu_g(p) \varepsilon(p) p_{at}} + \frac{f_n(\rho_n) S(p)}{\mu_n(p) a_n(p)} \right] k(p, t) \frac{\partial p}{\partial r} \right\} = \quad (2.4)$$

$$- \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \left[\frac{(1 - \rho_n) p \beta [1 - c_n(p) \bar{\gamma}(p)]}{z(p) p_{at}} + \rho_n \frac{S(p)}{a_n(p)} \right] m(p, t) \right\}$$

Burada ρ_k , ρ - uyğun olaraq məsamələrin maye kondensatla və neftlə doyma əmsalı; m - layın məsaməlik əmsalı; k - lay süxurlarının mütləq keçiricilik əmsalı; f_k, f_n, f_g - uyğun olaraq kondensat, neft və qazın nisbi faza keçiricilikləri; μ_k, μ_n, μ_g - kondensat, neft və qazın dinamik özlülük əmsalları; $S(p)$ - qazın maye kondensatda (və ya neftdə) həllolma əmsalı; $a(p)$ - kondensatın (və ya neftin) həcm əmsalı; $c(p), c_n(p)$ - uyğun olaraq qazda potensial maye kondensatın və neftin buxarlanmış komponentlərinin miqdarı, $c_\gamma(p)$ - kondensatın p təzyiqində qazda xüsusi çəkisi; β - temperatur düzəlişi əmsalı; $z(p)$ - qazın ifrat sıxılma əmsalı; P_{at} - atmosfer təzyiqi; t - zaman.

Fəsilə, dərinədə yatan layların reoloji modelləri sahəsində olan işlər araşdırılır, qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli süxurların deformasiyası nəticəsində layın kollektor-tutum parametrlərinin təzyiq və zamandan asılılıqlarını ifadə edən tənliklər yazılır. Qeyri-xətti elastiki laylar üçün keçiricilik və məsaməliyin təzyiqdən asılılıqlarının ifadə eilməsi üçün eksponensial qanun qəbul edilir:

$$m = m_0 \exp[a_m(p - p_0)]. \quad (2.5)$$

$$k = k_0 \exp[\beta_k(p - p_0)], \quad (2.6)$$

Burada k_0 , m_0 - keçiricilik və məsaməliyin p_0 başlanğıc lay təzyiqindəki qiymətləridir; β_k , a_m - keçiricilik və məsaməliyin təzyiqdən asılılıq əmsallarıdır.

Məlumdur ki, bəzi hallarda dağ süxurlarında deformasiya elastiki deyil, relaksasiyalı, bəzən isə sürüngenli deformasiya qanunlarına tabe olur. Bu, o deməkdir ki, əgər elastiki deformasiyada mühitin sıxılması təzyiqin dəyişməsi ilə dərhal baş verirsə, relaksasiyalı süxurlarda isə təzyiqin düşməsindən sonra

deformasiyanın baş verməsi üçün müəyyən zaman- relaksasiya zamanı tələb olunur. Dissertasiyada relaksasiyalı laylar üçün məsaməlik və keçiriciliyin dəyişməsinin ifadəsi üçün uyğun olaraq

$$m + \tau_m \frac{\partial m}{\partial t} = m_0 \exp[\beta_{sp}(p - p_0)] \quad (2.7)$$

və

$$k + \tau_k \frac{\partial k}{\partial t} = k_0 \exp[\beta_k(p - p_0)] \quad (2.8)$$

tənliklərindən istifadə edilmişdir. Süxurların sürüngenli deformasiyası sahəsində mövcud elmi nəticələri nəzərə alaraq bu tip laylarda məsaməlik və keçiriciliyin təyini üçün aşağıdakı tənliklər tətbiq edilmişdir:

$$m(r, t) = m_0 \left[1 + a_m(p - p_0) + m_1 \int_0^t e^{-\frac{t-\tau}{\tau_m}} (p - p_0) d\tau \right], \quad (2.9)$$

$$k(r, t) = k_0 \left[1 + \beta_k(p - p_0) + k_1 \int_0^t e^{-\frac{t-\tau}{\tau_k}} (p - p_0) d\tau \right], \quad (2.10)$$

harada ki, k_1 , m_1 - sürüngenlik parametrləri ($m_1 = 1/\mu$ - həcmi axıcılıq); τ_m, τ_k - uyğun olaraq, sürüngenli mühitin məsaməlik və keçiriciliyinin relaksasiya zamanıdır.

Qaz-kondensat qarışığı və neftin süzülmə proseslərində ədədi və təqribi həlləri müqayisə etmiş, süzülmə məsələlərinin həllində ortalaşdırma üsulunun tətbiqinin məqsədəuyğunluğunu təsdiq edən M.T.Abasov, M.A.Rəsulov, X.A.Feyzullayev (1991) və M.S.Aslanov, B.Z.Kazımov, S.E.Tağıyeva (2008) kimi tədqiqat işlərinə əsaslanaraq ortalaşdırma üsulunun tətbiqi, fiktiv təzyiq funksiyasının daxil edilməsi və quyu ətrafında ətalət qüvvələrinin nəzərə alınması ilə qaz-kondensat və neftlərin mürəkkəb deformasiyaya məruz qalan qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli məsaməli süxurlara malik laylarda qyuyuya axın məsələsinin analitik həlli metodikası verilmişdir. Bu metodikaya görə yuxarıda yazılan (2.5), (2.6), (2.7), (2.8), (2.9), (2.10) reoloji modelləri əsasında qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı

elastiki və relaksasiyalı sürüngenli kollektorlarda qaz-kondensat qarışığı və yüngül neftlərin binar model təsəvvürləri çərçivəsində yazılmış (2.1)-(2.2) (vəya (2.3)-(2.4)- neft layı üçün) hərəkət tənliklərinin həlli alınmış və debitin təyini üçün ifadə verilmişdir.

Bunun üçün $H = \int \varphi(p, \rho_k) dp + C$ funksiyası daxil edilmiş və (2.1) (vəya (2.3)- neft layı üçün) hərəkət tənliyinin sağ tərəfinə koordinata görə ortalaşdırma tətbiq edilmiş və müvafiq sərhəd şərtləri daxilində fiktiv (psevdo) təzyiq H -a nəzərən həll edilmiş və Darsi qanunu əsasında debitin ani qiymətinin təyini üçün ifadə aşağıdakı kimi yazılmışdır:

$$q_g = \frac{2\pi h(H_k - H_s)}{\ln \frac{R_k}{r_s} - \frac{1}{2}} \quad (2.11)$$

Burada h - layın qalınlığıdır; İntegralaltı funksiya φ qaz-kondensat sistemi üçün $\varphi = \left[\frac{f_g(\rho_k) p \beta [1 - c(p) \bar{\gamma}(p)]}{\mu_g(p) Z(p) p_{at}} + \frac{f_k(\rho_k) S(p)}{\mu_k(p) a(p)} \right] k(p, t)$, yüngül neftlər üçün isə $\varphi = \left[\frac{f_n(\rho)}{\mu_n(p) a(p)} + \frac{f_g(\rho) p \beta c_n(p)}{\mu_g(p) Z(p) p_{at}} \right] k(p, t)$; $k(p, t)$ isə (2.6) vəya (2.8) və ya (2.10) qanunundan təyin edilir.

Quyunun debitinin təyini məqsədilə (2.11)-in tətbiqi üçün fiktiv (psevdo) təzyiqlər fərqi $(H_k - H_s)$ -dən həqiqi təzyiqlər fərqinə keçid tələb olunur. Bu məqsəd üçün aşağıdakı approksimasiyaedici loqarifmik funksiya təklif edilmişdir:

$$\varphi = a \ln \bar{p} - b \quad (2.12)$$

Burada a və b əmsalları φ integralaltı funksiyanın quyunu qidalanma konturu və quyudibindəki, uyğun olaraq φ_k və φ_s qiymətlərindən aşağıdakı kimi təyin edilir:

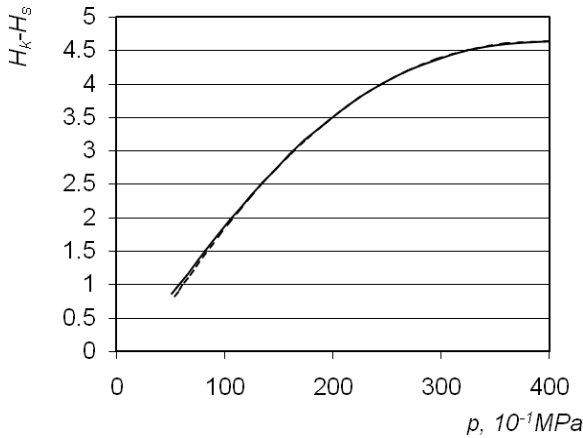
$$a = \frac{\varphi_k - \varphi_s}{\ln \frac{\bar{p}_k}{\bar{p}_s}}, \quad b = \frac{\varphi_k - \varphi_s}{\ln \frac{\bar{p}_k}{\bar{p}_s}} \ln \bar{p}_k - \varphi_k \quad (2.13)$$

Burada \bar{p}_k və \bar{p}_s uyğun olaraq quyunun qidalanma konturunda və quyudibindəki təzyiqlərin başlanğıc təzyiqə nisbətləridir. Göstərilmişdir ki, (2.12) funksiyası ilə approksimasiyanın xətası çox

kiçikdir (Şəkil 2.1).

(2.12) və (2.13)-ün nəzərə alınması ilə (2.11) aşağı şəkildə yazıla bilər:

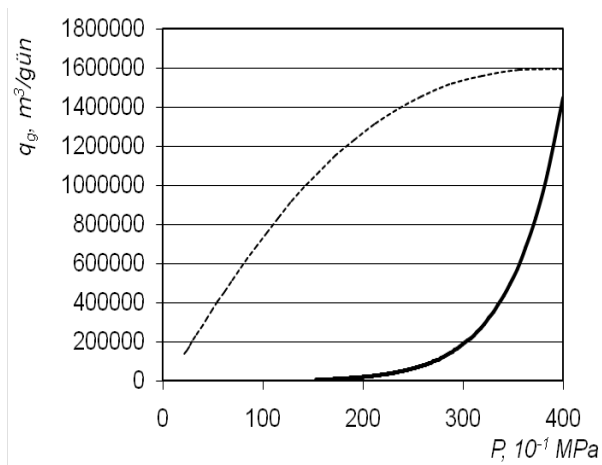
$$q = \frac{2\pi h \left\{ \frac{\varphi_k - \varphi_s}{\ln \frac{p_k}{p_s}} \left[\frac{\ln p_k^{p_k}}{\ln p_s^{p_s}} - p_k + p_s \right] - \left(\frac{\varphi_k - \varphi_s}{\ln \frac{p_k}{p_s}} \ln p_k - \varphi_k \right) (p_k - p_s) \right\}}{\ln \frac{R_k}{r_s} - \frac{1}{2}} \quad (2.14)$$



Şəkil 2.1. φ funksiyasının ədədi integrallanması (----- əyrisi) ilə və loqarifmik aproksimasiyanın tətbiqi ilə (____ əyrisi) hesablanmış $H_k - H_s$ -in lay təzyiqindən asılılıq əyriləri.

Yuxarıda verilən ifadələr əsasında kompüter proqramı yazılmışdır. Bu proqramla bəzi ilkin kompüter tədqiqatları aparılmışdır. Hesablamalar başlanğıc lay təzyiqi 40.0 MPa, kontur radiusu 1000 m olan, tək mərkəzi quyu ilə işlənən hipotetik qaz-kondensat yatağı üçün “Bulla-dəniz” yatağının VII horizontu V blokunun qaz-kondensat qarışığının termodinamiki məlumatlarından istifadə edilməklə yerinə yetirilmişdir. Deformasiyanın təsirinin müşahidə edilməsi üçün hesablamalar iki variant- deformasiyanın nəzərdən atıldığı hal üçün və məsaməliyin dəyişmə əmsalı $a_m = 0.002$

1/MPa olan sıxılan lay üçün aparılmışdır. Bu zaman keçiricilik və məsaməlik əmsalları nisbətinin $\beta_k / a_m = 10$ olduğu qəbul edilmişdir. Hər iki variantda işlənməyə depressiyanın 1.0 MPa-a bərabər sabit qiymətində baxılmışdır. Alınan nəticələr ümumiyyətlə, binar model təsəvvürləri çərçivəsində sıxılan kollektorlarla təmsil olunan qaz-kondensat və yüngül neft laylarında süzülmə proseslərinin modelləşdirilməsi və tədqiqini nümayiş etdirməklə yanaşı, süxurların deformasiyası nəticəsində məsaməlik və keçiriciliyin dəyişməsinin işlənmə prosesinə təsirinin təkcə kəmiyyətcə deyil, həm də keyfiyyət baxımından ciddi olmasını göstərdi. Bunu Şəkil 2.2-də nümayiş etdirilən qeyri-xətti sıxılan və sıxılmayan laylarda qazın debitinin lay təzyiqindən asılıq əyrilərinin müqayisəsindən də görmək mümkündür.



Şəkil 2.2. Sıxılan (bütöv xətt, $a_m = 0.002$ l/MPa) və sıxılmayan (qırıq-qırıq xətt) laylarda debitin lay təzyiqindən asılı dəyişməsi

Fəsilə riyazi induksiya üsulundan istifadə etməklə qeyri-ənənəvi yolla-ətalət qüvvələrinin nəzərə alınması ilə quyuya axın məsələsi həll edilmiş, axının Forxheymer qanuna tabe olduğu halda debitin hesablanması üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır:

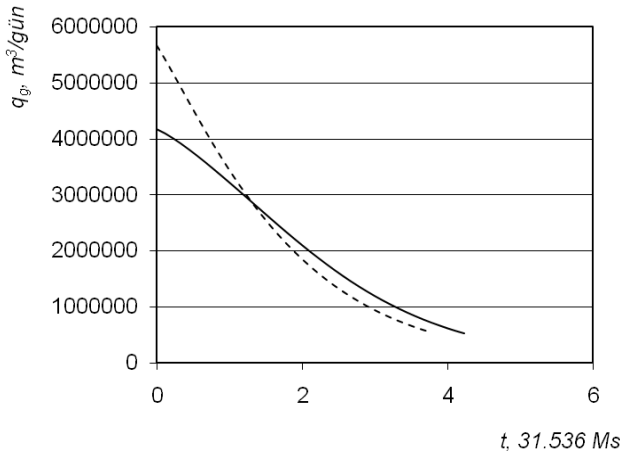
$$q = \frac{2\pi h}{2B} \left\{ -A + \sqrt{A^2 + 4B \left\{ \frac{\varphi_k - \varphi_s}{\ln \frac{p_k}{p_s}} \left[\frac{\ln p_k^{p_k}}{\ln p_s^{p_s}} - p_k + p_s \right] - \left(\frac{\varphi_k - \varphi_s}{\ln \frac{p_k}{p_s}} \ln p_k - \varphi_k \right) (p_k - p_s) \right\}} \right\} \quad (2.15)$$

burada $A = \ln \left(\frac{R_k}{r_s} \right) - \frac{1}{2}$; $B = \frac{k(p)}{\mu(p)} b \left(\frac{1}{r_s} - \frac{1}{R_k} - 2 \frac{R_k - r_s}{R_k^2} + \frac{R_k - r_s}{R_k^2} + \frac{R_k^3 - r_s^3}{3R_k^3} \right) -$

məsaməli mühiti xarakterizə edən sabitdir.

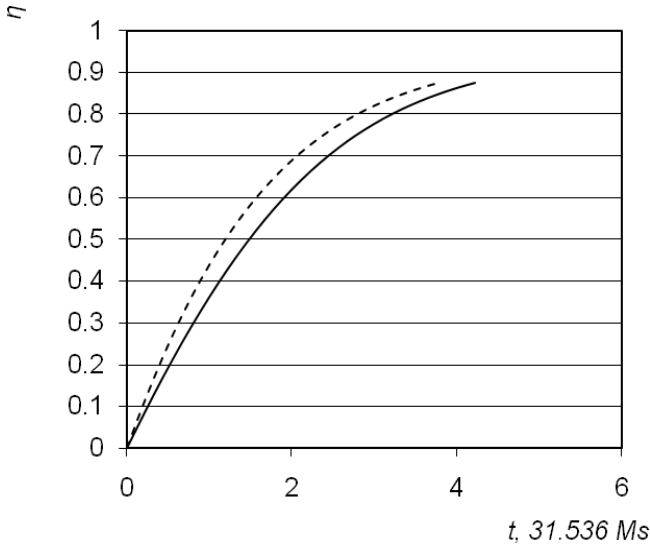
(2.15) ifadəsi əsasında ətalət qüvvələrinin prosesə təsirini qiymətləndirmək üçün bəzi kompüter hesablamaları aparılmış, ətalət qüvvələri nəzərə alındıqda və axın Darsi qanununa tabe olduğu hallarda işlənmə prosesini xarakterizə edən göstəricilərin dinamikaları müqayisə edilmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, ikihədli və Darsi qanunu ilə süzülmə zamanı lay təzyiqləri arasındakı fərq işlənmə müddətində 22 faizə çata bilər. Süzülmənin qeyri-xəttiliyinin nəzərə alınması baxılan halda qazın başlanğıc debitinin 26% aşağı düşməsinə səbəb olur (Şəkil 2.3)



Şəkil 2.3. Ətalət qüvvələri nəzərə alındıqda (bütöv xətt) və nəzərə alınmadıqda (qırıq-qırıq xətt) qazın debitinin zamandan asılı dəyişmə əyriləri

İşlənmənin müəyyən anından etibarən (baxılan halda $t = 1.35$ il) ətalət qüvvələrini nəzərə alan variantda debit digər variantdakından yüksək olur. Buna baxmayaraq ətalət qüvvələri bütün işlənmə müddətində qazvermə əmsalı η -nın cari qiymətlərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır (Şəkil 2.4).



Şəkil 2.4. Ətalət qüvvələri nəzərə alındıqda (bütöv xətt) və nəzərə alınmadıqda (qırıq-qırıq xətt) qazvermə əmsalının zamandan asılı dəyişmə əyriləri

Üçüncü fəsil relaksasiyalı deformasiyaya məruz qalan kollektorlarla təmsil olunan qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının işlənmə göstəricilərinin hesablanması üsullarına həsr edilmişdir. Bundan əvvəlki fəsilə qeyri-xətti elastiki kollektorlarla təmsil olunmuş qaz-kondensat yatağında qaz-kondensat qarışığının quyuya axını məsələsi həll edilmiş, qaz-kondensat yatağının tükənməyə işlənməsi zamanı cari lay göstəricilərinin hesablanması üçün alqoritm verilmişdir. Həmin metodika əsasında relaksasiyalı və sürüngenli süxurlara malik qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının

müxtəlif lay rejimlərində, o cümlədən tükənmə, elastiki subasqı, sərt subasqı və yer səthindən laya müəyyən tempə vurulan su ilə sıxışdırma məsələləri həll edilmiş, bu rejimlərdə işlənmənin əsas göstəricilərinin hesablanması üçün alqoritmlər işlənmişdir.

Qazın və kondensatın material balansı tənliklərindən istifadə etməklə elastiki-relaksasiyalı kollektorlara malik olan qaz-kondensat yatağında tükənmə prosesini modelləşdirməyə imkan verən aşağıdakı diferensial tənliklər sistemi alınmışdır:

$$\frac{dp}{dt} = - \frac{\frac{q_g}{\Omega_0 \Omega} (\alpha_4 + \frac{\alpha_2}{G}) - (\alpha_2 \alpha_3 + \alpha_1 \alpha_4) \frac{1}{\Omega} \frac{\bar{m}(p) - \bar{m}}{\tau_m}}{(\alpha_5 + \alpha_6) \alpha_4 + (\alpha_7 + \alpha_8) \alpha_2},$$

$$\frac{d\rho_k}{dt} = - \frac{\frac{q_g}{\Omega_0 \Omega G} + (\alpha_7 + \alpha_8) \frac{dp}{dt} + \alpha_3 \frac{1}{\Omega} \frac{\bar{m}(p) - \bar{m}}{\tau_m}}{\alpha_4}.$$

Burada qaz-kondensat amili $G = \frac{\bar{\mu}(p)a(p)p\beta [1 - c(p)\bar{\gamma}(p)] + \frac{S(p)}{\psi(\rho_k)}}{z(p)p_{at} \left(\frac{1}{\psi(\rho_k)} + \frac{\bar{\mu}(p)a(p)p\beta c(p)}{z(p)p_{at}} \right)}$,

$$\frac{1}{\psi(\rho_k)} = \frac{f_g}{f_k}; \bar{\mu}(p) = \frac{\mu_k}{\mu_g}; \alpha_1 = (1 - \rho_k) \frac{p\beta}{z(p)p_{at}} [1 - c(p)\bar{\gamma}(p)] - \rho_k \frac{S(p)}{a(p)},$$

$$\alpha_2 = \frac{p\beta}{z(p)p_{at}} [1 - c(p)\bar{\gamma}(p)] - \frac{S(p)}{a(p)}, \quad \alpha_3 = \rho_k \frac{1}{a(p)} - (1 - \rho_k) \frac{p\beta c(p)}{z(p)p_{at}},$$

$$\alpha_4 = \frac{1}{a(p)} - \frac{p\beta c(p)}{z(p)p_{at}}, \quad \alpha_5 = (1 - \rho_k) \left\{ \frac{p\beta}{z(p)p_{at}} [1 - c(p)\bar{\gamma}(p)] \right\}', \quad \alpha_6 = \rho_k \left[\frac{S(p)}{a(p)} \right]',$$

$$\alpha_7 = \rho_k \left[\frac{1}{a(p)} \right]', \quad \alpha_8 = (1 - \rho_k) \left[\frac{p\beta c(p)}{z(p)p_{at}} \right]'; \quad \langle \langle \rangle \rangle - p - y \text{ə görə törəməni bildirir.}$$

Burada quyunun debiti (2.14) və ya (2.15) ifadəsi ilə müəyyən edilir.

Analoji ifadələr müvafiq material balansı tənlikləri əsasında yüngül neftlər üçün də alınmışdır. Alınmış hesablamə ifadələri və alqoritmlər əsasında kompüter proqramı yazılmış, onun köməyi ilə qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında tükənmə prosesinə relaksasiyanın və sürüngenliyin təsirinin öyrənilməsi üçün bir sıra

komputer eksperimentləri aparılmış və baxılan lay rejimlərində relaksasiyalı elastiki, sürüngənli deformasiyanın işlənmə prosesinə təsiri xüsusiyyətləri geniş tədqiq edilmişdir. O cümlədən:

1. Qaz-kondensat yatağında tükənmə prosesinə relaksasiyanın təsirinin öyrənilməsi üçün bir sıra komputer eksperimentləri aparılmışdır. Hesablamalar relaksasiya zamanının müxtəlif qiymətlərində qaz hasilatının ilkin balans ehiyatından ildə 10%-ə bərabər olan halı üçün aparılmışdır. Relaksasiyanın işlənilmə prosesinə olan təsirinin tədqiqi üçün tükənmə prosesi relaksasiya zamanının üç müxtəlif qiymətində, $\tau_m = 0, 1.0, 3.0$ və 5.0 il, modelləşdirilmişdir. Bununla yanaşı müqayisə üçün qeyri-xətti elastiki (yəni, $\tau_m = 0$) və sıxılmayan lay variantlarına da baxılmışdır. Sıxılmayan lay variantı istisna olmaqla, bütün hallarda məsaməliyin elastiki dəyişmə əmsalının qiyməti $a_m = 0.0025$ 1/MPa götürülmüşdür. Müəyyən edilmişdir ki, relaksasiyalı kollektorlara malik qaz-kondensat yataqlarında relaksasiya zamanının baxılan bütün qiymətlərində prosesin əvvəlində işlənmə özünü sıxılmayan laydakı kimi aparır, lakin prosesin sonrakı mərhələlərində işlənmə göstəricilərinin dəyişmə əyriləri həm kəmiyyətə, həm də keyfiyyətə elastiki layın eyniadlı əyrilərinə yaxınlaşırlar.

Lay süxurlarının relaksasiyasının quyunun məhsuldarlıq əmsalına təsirinin öyrənilməsi üçün yatağın verilən depressiyada işlənməsi prosesinə də baxılmışdır. Hesablamalar yuxarıda qeyd olunan variantlarda qəbul edilmiş ilkin verilənlər əsasında depressiyanın 1.0 MPa-a bərabər sabit qiymətində aparılmışdır. Bundan başqa, əlavə olaraq zəif sıxılan elastiki layda da işlənmə prosesinə baxılmışdır. Bu halda bütün digər şərtlər eyni olmaqla məsaməliyin elastiklik əmsalı $a_m = 0.0075$ 1/MPa götürülmüşdür. Məlum olmuşdur ki, sabit depressiyada qeyd olunan variantlar üzrə qaz-kondensat yatağının işlənməsi zamanı quyunun qaza görə debitinin sıxılmayan layda dinamikası bütün sıxılan laylardakından xaraktercə fərqlənir. Belə ki, əgər sıxılan laylarda debitin azalması prosesin əvvəlindən müşahidə olunursa, sıxılmayan layda onun müəyyən müddət ərzində sabit qalması görünür.

2. Relaksasiyalı süxurlarla təmsil olunan yüngül neft

laylarında tükənməyə işlənmə prosesinin kompüter modeli üzərində tədqiqatlar aparılmış, məsaməlik və keçiriciliyin relaksasiyalı dəyişməsinin işlənmə prosesinə təsiri xüsusiyyətləri geniş öyrənilmişdir. Bu məqsədlə qeyri-xətti elastiki və relaksasiyalı elastiki laylarla təmsil olunmuş yüngül neft yataqlarının 1.0 və 4.0 MPa depressiyalar (quyu sabit depressiyada istismar olunur) ilə tükənməyə işlənmə proseslərinə baxılmışdır. Müqayisə üçün sıxılmayan lay üçün də hesablamalar yerinə yetirilmişdir. Hesablamalarda sıxılan laylar üçün $\beta_k / a_m = 10$ olmaqla məsaməliyin elastiki dəyişmə əmsalı a_m 0.001, 0.005 və 0.01 1/MPa, relaksasiyalı laylar üçün isə relaksasiya zamanının qiyməti 5 il qəbul edilmişdir.

Quyunun məhsuldarlıq əmsalının cari qiymətinin onun başlanğıc qiymətinə nisbətində bərabər olan nisbi məhsuldarlıq əmsalının lay təzyiqindən asılılığının tədqiqi göstərdi ki, deformasiyanın qeyd olunan parametərə təsiri keyfiyyət xarakteri daşıyır. Bu zaman, nisbi məhsuldarlıq əmsalının elastiki layda qiyməti relaksasiyalı laydakından həmişə aşağıdır. Sıxılmayan və zəif sıxılan laylarda məhsuldarlıq əmsalının dəyişməsi nisbətən çox sıxılan laylarda həmin parametrenin dəyişməsindən xaraktercə bir qədər fərqlənirlər. Belə ki, təzyiqin aşağı qiymətlərində çox sıxılan laydan fərqli olaraq sıxılmayan və zəif sıxılan laylarda məhsuldarlıq əmsalının azalma tempinin əhəmiyyətli dərəcədə aşağı düşməsi və onun müəyyən müddət ərzində sabitləşməsi müəyyən olunmuşdur. Qeyd edilmişdir ki, relaksasiyalı laylarda yüksək depressiyalarda cari məhsuldarlıq əmsalı daha aşağı depressiya variantına nəzərən daha yüksək qiymət alır. Bundan başqa, relaksasiyalı layda depressiyanın məhsuldarlıq əmsalının dəyişməsinə təsiri daha güclüdür, nəinki sıxılmayan laylarda.

Sıxılmayan, elastiki və relaksasiyalı laylarda lay təzyiqinin, toplanmış neft hasilatından asılılıq ayrılmasının təhlilindən görünür ki, toplam hasilatın hər hansı eyni qiymətində relaksasiyalı layda təzyiqin cari qiymətləri elastiki laydakından az, sıxılmayan laydakından isə yüksək olur. Lakin, təbiidir ki, prosesin əvvəlində reaksasiyalı layda məsamədaxili təzyiq ədədi qiymətcə və eləcə də xaraktercə sıxılmayan laydakı ilə üst-üstə düşsə də, prosesin

sonlarına o, eləlik laydakı təzyiqa yaxınlaşır. Bir sözlə, relaksasiyalı lay işlənmənin əvvəlində özünü sıxılmayan laydakı kimi, işlənmənin sonuna isə elastiki lay kimi aparır, ki, bu da relaksasiyanın təbiətindən irəli gəlir.

3. Relaksasiyalı kollektorlara malik qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında karbohidrogen qarışıqlarının müxtəlif geo-texnoloji rejimlərdə su ilə sıxışdırılması məsələləri həll edilmişdir. Subasqı rejimlərinde işlənmənin əsas göstəricilərinin hesablanması üçün alqoritmlər verilmişdir. Bu alqoritmlər əsasında kompüter proqram təminatı hazırlanmış və baxılan lay rejimlərinde relaksasiyanın işlənmə prosesinə təsiri öyrənilmişdir. Bu məqsədlə həm qaz-kondensat, həm də yüngül neft yataqlarının subasqı rejimlərinde işlənməsi üçün bir sıra model hesablamaları aparılmışdır. Alınan nəticələr relaksasiyanın prosesə təsiri xüsusiyyətlərini nümayiş etdirmişdir. Məsələn, yüngül neftlərin su ilə sıxışdırılması prosesinin tədqiqində relaksasiyalı layla elastiki layın müqayisəsi birincidə neftvermə əmsalının nisbətən yüksək olmasını göstərdi. Bu, gözləniləndir. Belə ki, elastiki layla müqayisədə yüksək cari debittlər relaksasiyalı layda nisbətən yüksək cari neftvermə əmsallarını təmin etməli idi. Neftvermə əmsallarının baxılan variantlarda ədədi qiymətlərinin müqayisəsindən görmək mümkündür ki, məsələn, işlənmənin 15-ci ilində relaksasiyalı layda neftvermə əmsalı 0.72-yə bərabərdir. Bu, elastiki layın eyni andakı neftvermə əmsalından 24% yüksəkdir. Neftvermə əmsalı özünün 0.5 qiymətini relaksasiyalı layda 9.1 ilə, elastiki layda isə 12.5 ilə almış olur. Nəhayət, relaksasiyalı layda baxılan şərtlər daxilində son neftvermə əmsalı 0.88-ə 20.4 il ərzində çatırsa, elastiki layda neftvermə əmsalının bu qiymətini əldə etmək üçün 26 il tələb olunur.

Bundan başqa, nəticələr göstərdi ki, yüngül neft yataqlarında kollektorların relaksasiyasının karbohidrogen qarışığının su ilə sıxışdırılması prosesinə təsiri təkcə kəmiyyət deyil, bəzən hətta keyfiyyət xarakteri daşıyır. Belə ki, işlənmənin 2.5-ci ilində relaksasiyalı layda təzyiqa qısa müddətli cüzi artımı müşahidə olunur. Qeyd olunan effekt kollektorun relaksasiya zamanı, keçiricilik və məsaməliyinin dəyişməsi, laya daxil olan suyun dəyişmə dinamikası kimi amillərin lay proseslərinə kompleks

təsirinin nəticəsidir.

Analoji tədqiqatlar qaz-kondensat yatağı üçün də aparılmışdır. Bu halda işlənmə prosesi depressiyanın dörd müxtəlif qiymətində 0.5, 1.0, 1.5 və 4.0 MPa qiymətlərində tədqiq edilmişdir. Hesablama nəticələri göstərdi ki, işlənmə prosesi lay təzyiqinin az düşməsi fonunda gedir. Məsələn, depressiya 0.5 MPa olduqda bütün işlənmə müddətində lay təzyiqi 34.0 MPa-a düşür ki, bu da başlanğıc lay təzyiqinin yalnız 15 faizini təşkil edir. 10 atm depressiyada bu fərq 27.5%-ə bərabər olur. Depressiya 2.0 və 4.0 MPa olduqda isə lay təzyiqi özünün başlanğıc qiymətinə nəzərən uyğun olaraq 46 və 73 faiz enmiş olur. Bu rəqəmlərin müqayisəsindən görmək olar ki, depressiya böyüdükcə lay təzyiqinin enmə dinamikasının qeyri xəttiliyi güclənir. Bu, intensiv hasilatda laya daxil olan suyun sərfi ilə hasilat arasında “sinxronluğun” pozulması, daxil olan suyun layın məhsuldar hissəsində təzyiq düşküsünü kompensasiya edə bilməməsi və eyni zamanda keçiriciliyin pisləşməsi səbəbindən suyun sərfinin mütləq mənada aşağı düşməsi ilə bağlıdır. Belə ki, əgər 0.5 MPa depressiyada laya daxil olan suyun sərfi işlənmə müddətində əsasən sabit qalırsa, nisbətən yüksək depressiyalarda məhsuldar hissəyə daxil olan suyun sərfinin müəyyən müddətdən sonra kəskin azalması baş verir.

4. Sürüngenli qranulyar kollektorlarla təmsil olunmuş qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında qaz-kondensat qarışıqlarının və yüngül neftlərin su ilə quyuya sıxışdırılması proseslərinin əsas göstəricilərinin hesablanması üçün alqoritmlər işlənib hazırlanmışdır. Həmin alqoritmlər əsasında sürüngenliyin qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında müxtəlif geo-texnoloji rejimlərdə işlənmənin əsas göstəricilərinə təsiri tədqiq edilmişdir.

Qaz-kondensat qarışığının relaksasiyalı sürüngenli məsaməli mühitdə süzülməsi prosesi zamanı lay təzyiqinin düşməsi məsaməli mühitin qazla doymuş boşluqları həcmnin azalması ilə yanaşı onun mütləq keçiriciliyinin pisləşməsi ilə də müşayiət olunur. Qaz veriminin artması baxımından məsamələr həcmnin azalması faydalıdır. Aparılan kompüter tədqiqatları nəticələrindən məlum oldu ki, sürüngenli laylarda qazvermə əmsalı elastiki laydakından yüksəkdir və bu zaman kollektorun sürüngenliyi artdıqca qazvermə

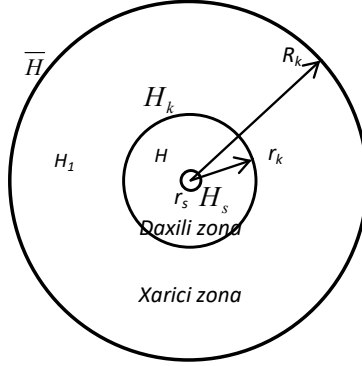
əmsalı yüksək olur.

Sürüngenli süxurlara malik olan yüngül neft layının tükənmə prosesi də tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, Sürüngenliyin bütün qiymətlərində və bütün işlənmə müddətində cari lay təzyiqli sürüngenliyi nəzərə alınmayan layla müqayisədə daha yüksək olur. Bütün işlənmə dövründə neftin cari debitlərinin yüksək olması sürüngenli laylarda cari və son neftvermə əmsalının elastiki laydakından əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olmasını təmin edir.

Dördüncü fəsilə quyudibi zonasında (və ya quyuyaxınlığında) və drenaj zonasının quyudan uzaq hissəsində süxurların kollektor xassələrinin və reoloji xüsusiyyətlərinin fərqlənməsinin nəzərə alınması ilə qaz-kondensat qarışıqlarının və yüngül neftlərin quyuya axını məsələləri tədqiq edilmişdir. Quyuyətrafi zonasının çirklənməsi nəticəsində layın bu hissəsində keçiriciliyin pisləşməsi (Skin-effektin təzahürü), ümumiyyətlə layın kolmatasiyası nəticəsində quyunun drenaj zonasında zonal qeyri-bircinsliyin yaranması, və ya quyudibi zonaya müxtəlif təsir üsullarının tətbiqi nəticəsində quyuyətrafi zonasının kollektor xüsusiyyətlərinin dəyişməsi və digər bu kimi hallarda bu məsələ aktuallaşır. Qeyd olunan hallarda, yəni quyunun drenaj zonasının zonal qeyri-bircins olmasını nəzərə almaqla quyuya qaz-kondensat qarışıqlarının və yüngül (buxarlanan) neftlərin axını məsələsi həll edilmiş, qaza və neftə görə quyuyətrafi debitinin hesablanması üçün alqoritmlər işlənilib hazırlanmışdır.

Bu zaman R_k radiuslu zonanı drenaj edən radiusu r_s olan quyuya baxılır. Bu, sxematik olaraq Şəkil 4.1-də təsvir edilmişdir. Radiusu R_k olan drenaj zonası müxtəlif reoloji xüsusiyyətlərə malik iki hissədən ibarətdir- r_k radiusuna malik daxili (quyuyətrafi) zona və R_k ilə məhdud olan xarici zona.

$H = \int \varphi(p, \rho) dp + C$ inteqralını qəbul etməklə daxili və xarici zonada qazın (qaz-kondensat yataqlarında) və ya neftin (yüngül neft yataqlarında) quyuya axını ortalaşdırma üsulu ilə xəttləşdirilmiş aşağıdakı tənliklərlə ifadə olunur:



Şəkil 4.1. Quyuyu və müxtəlif reologiyaya malik iki zonadan ibarət olan drenaj zonasının sxematik təsviri

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial H}{\partial r} \right) = -\Phi(t), \quad (4.1)$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial H_1}{\partial r} \right) = -\Phi_1(t) \quad (4.2)$$

Burada H Xristianoviç funksiyasına analoji funksiyadır. (4.1) və (4.2) tənliklər sistemi aşağıdakı sərhəd şərtlərində həll edilir:

$$\begin{aligned} r = r_s, \quad H = H_s; \\ r = r_k, \quad H = H_k, \end{aligned} \quad (4.3)$$

Aşağıdakı əlavə şərtlərə və işarələmələrə maliklik:

$$r = r_k, \quad \frac{\partial H}{\partial r} = \frac{\partial H_1}{\partial r}, \quad (4.4)$$

$$r = R_k, \quad \frac{\partial H_1}{\partial r} = 0 \quad (4.5)$$

və

$$r = R_k, \quad H_1 = \bar{H}_k. \quad r = r_k \quad \text{-da isə} \quad H_1 = H_k \quad \text{-dir.} \quad (4.6)$$

(4.1) və (4.2) tənliklər sisteminin yuxarıda verilən sərhəd şərtlərində həllindən quyudibinə axın sərfinin ani qiymətinin təyini üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır:

$$q_g = 2\pi h \frac{\frac{\bar{H}_k - H_k}{R_k^2 \ln \frac{R_k}{r_k} - \frac{1}{2}(R_k^2 - r_k^2)} \left(r_k^2 - \frac{1}{2} \frac{R_k^2 - r_k^2}{\ln \frac{R_k}{r_k}} \right) - \frac{\bar{H}_k - H_k}{\ln \frac{R_k}{r_k}} + \frac{H_k - H_s}{\ln \frac{r_k}{r_s}}}{r_k^2 - \frac{1}{2} \frac{r_k^2 - r_s^2}{\ln \frac{r_k}{r_s}}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left(r_s^2 - \frac{1}{2} \frac{r_k^2 - r_s^2}{\ln \frac{r_k}{r_s}} \right) + \frac{H_k - H_s}{\ln \frac{r_k}{r_s}}. \quad (4.7)$$

Qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında zonal qeyri-bircins layın hər iki zonası üçün material balansı tənlikləri yazılmış və onların əsasında layın hər iki zonasında işlənmənin əsas parametrlərinin proqnozu üçün adi diferensial tənliklər sistemləri alınmışdır. Bu tənliklər sistemləri ilə (4.7) ifadəsinin birgə istifadəsi əsasında debitlərin hesablanması üçün alqoritmlər işlənmişdir. Həmin alqoritmlər kompüterdə tətbiq edilmiş, daxili zonanın ölçüsünün qaz-kondensat və neft quyularının məhsuldarlığına təsirinin öyrənilməsi üçün bir sıra kompüter tədqiqatları aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, qeyri-bircins yüngül neft layında təzyiğin zamandan asılılıq əyrisi $p(t)$ bir sınıma nöqtəsinə malik olmaqla bircins layın $p(t)$ əyrisindən fərqlənir. İşlənmənin əvvəlində lay təzyiqinin yüksək tempələ düşməsi müşahidə olunsa da, müəyyən zaman anından etibarən onun enmə xarakteri dəyişir. Bunu qaz-kondensat yatağının analoji əyrisində görmək mümkün deyil. Qeyd edək ki, qeyri-bircins yüngül neft layında $p(t)$ əyrisinin xarakteri layın daxili zonasındakı təzyiç paylanması prosesi ilə əlaqədardır. İşlənmənin əvvəlində xarici zonadan daxili zonaya axının yaranması və onun özünü göstərməsi üçün gərək olan zaman parçası ərzində lay təzyiqi yüksək tempələ düşür. Lakin müəyyən zamandan sonra daxili zonada həyəcanlanma sərhəddinin xarici zonaya çatması ilə, daha doğrusu r_k sərhəddini keçməsilə daxili zonaya neftin axını başlayır ki, bu da təzyiğin düşmə xarakterinə öz təsirini göstərir. Məhz bu səbəbdəndir ki, yüngül neft layını drenaj edən quyuda debitin

prosesin əvvəlində yüksək tempə azalması, lakin, təzyiqin müəyyən qiymətindən sonra isə debitin azalma xarakterinin dəyişməsi müşahidə olunur.

Qeyd olunan effekt qaz-kondensat yatağında da baş verir, lakin qazın özlülüyünün neftlə müqayisədə çox kiçik olması daxili zonada təzyiq paylanması dövrünün çox qısa olmasını şərtəndirir. Bu səbəbdən qaz-kondensat yatağı üçün analoji əyridə qeyd olunan effekt müşahidə olunmur.

Bəşinci fəsil qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli kollektorlarla təmsil olunan yüngül neft (xüsusi halda buxarlanmayan neft) yataqlarının mexanikləşdirilmiş üsullarla istismarında quyu-lay sisteminin modelləşdirilməsi problemlərinə həsr edilmişdir. O cümlədən quyu-lay sistemində qaz-lift və dərinlik nasosları (ştanqlı və eləcə də ştanqsız) ilə neft (o cümlədən yüngül neft) yataqlarının işlənmə proseslərinin ilk dəfə olaraq imitasiya modelləşdirilməsi metodlarının tətbiqi ilə quyu-lay sistemlərinin kompüter-imitasiya modelləri qurulmuşdur. Bunlar əsasında yaradılmış kompüter simulyatoru vasitəsilə layın işlənməsi və quyunun istismar prosesinə (xüsusilə ştanqlı nasosla istismar üsulunda) müxtəlif amillərin təsiri tədqiq edilmişdir.

Quyunun qaz-lift istismarı üsulunda quyu-lay sisteminin modelləşdirilməsi üçün quyudibi zonasının riyazi təsvir edilməsi, daha doğrusu qaz-maye qarışığının yaranma prosesinin riyazi modelləşdirilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edirdi. Məsələnin həlli məqsədilə “Neft daşları” yatağında qaz-lift üsulu ilə istismar olunan 2390 saylı quyuda çoxsaylı real quyu eksperimentləri aparılmışdır. Eksperimentlərdə məqsəd baxılan prosesə qaldırıcının dalma dərinliyinin və diametrinin təsiri qanunauyğunluğunu öyrənmək, quyuya vurulan qazın sərfi, qaldırılan mayenin miqdarı, qaldırıcının dalma dərinliyi və onu diametri arasındakı asılılığı formulə etmək olmuşdur. Quyuda aparılan kompleks tədqiqatlar nəticəsində axtarılan çoxdəyişənli funksiya üçün empirik ifadə alınmışdır.

Qaldırıcı boruda təzyiqin və sərfin paylanmasını ifadə edən tənlikər sistemi, quyudibi zonasında qaz-maye qarışığının (QMQ) əmələ gəlməsini təsvir edən empirik düstur və laydan quyuya flüidlərin axınını təyin edən ifadələr qapalı bir tənliklər sistem təşkil

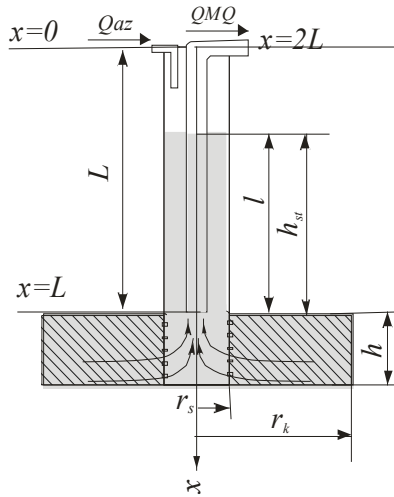
etmişlər.

QMQ-ın vertikal boruda izotermik və qərarlaşmamış hərəkəti aşağıdakı diferensial tənliklərlə ifadə etmək olar (Şəkil 5.1):

$$-\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial(\rho_c w_c)}{\partial t} + \rho_c g + \lambda_c \rho_c \frac{w_c^2}{2D}, \quad (5.1)$$

$$-\frac{\partial p}{\partial t} = c^2 \frac{\partial(\rho w_c)}{\partial x}, \quad 0 < x < L, \quad t > 0 \quad (5.2)$$

Burada $p = p(x, t)$, $w_c = w_c(x, t)$ - uyğun olaraq mayenin statik təzyiqi üzərindən izafi təzyiqi və mayenin borunun en kəsiyi üzrə ortalaşdırılmış hərəkət sürəti; c - səsin qarışıqda sürəti; ρ_c , λ , g - uyğun olaraq qarışıqın sıxlığı, borunun hidravlik müqavimət əmsali və sərbəst düşmə təcili; D - qaldırıcı borunun daxili diametridir.



Şək. 5.1. Qaz-lift quyusunun sxematik təsviri

(5.1) tənliyini xəttləşdirməklə onu aşağıdakı şəkllə gətirmək olar:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial(\rho_c w_c)}{\partial t} + 2a\rho_c w_c, \quad 2a = \frac{g}{w_c} + \frac{\lambda_c w_c}{2D}. \quad (5.3)$$

Borunun en kəsiyini sabit qəbul edərək (5.3) və (5.2)

tənliklərini təzyiç və kütlə sərfinə nəzərən aşağıdakı kimi yazarıq:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{1}{F} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2a}{F} Q \quad (5.4)$$

$$-\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{c^2}{F} \frac{\partial Q}{\partial x} \quad (5.5)$$

Qazın və qarışıqın sürətinin $w_c = \frac{dx}{dt}$ olduğunu qəbul etsək,

uzunluğu $dx = w_c dt$ olan boru parçasında sürətin özünün həmin parça üzrə orta qiymətinə bərabər sabit olmasını və zamandan asılı olmamasını qəbul etmək olar. Bu halda, (5.4)-(5.5) tənliklər sistemini aşağıdakı adi diferensial tənliklər sisteminə gətirilə bilər:

$$\frac{dQ}{dx} = \frac{2apFQ^2}{c^2 \rho^2 F^2 - Q^2} \quad (5.6)$$

$$\frac{dp}{dx} = \frac{2ac^2 \rho^2 FQ}{c^2 \rho^2 F^2 - Q^2} \quad (5.7)$$

$Q = F \rho_c w_c$ olduğunu nəzərə almaqla və birinci tənlikdə kəsrin sürət və məxrəcini $F^2 \rho^2$, ikinci tənlikdə isə $F \rho^2$ hasilinə bölməklə tənlikləri aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$\frac{dQ}{dx} = -\frac{2aw_c}{w_c^2 - c^2} Q, \quad (5.8)$$

$$\frac{dp}{dx} = -\frac{2ac^2}{F(w_c^2 - c^2)} Q, \quad (5.9)$$

buarada $c \gg w_c$. Bir halda ki, (5.8)-in məxrəci sıfıra bərabər olmur və sistemin birinci tənliyi ikincidən asılı deyil, o halda onu dəyişənlərinə ayrılma üsulu ilə ayrıca həll etmək olar. (5.8)-(5.9) tənliklər sistemi aşağıdakı başlanğıc şərtlərlə həll edilə bilər:

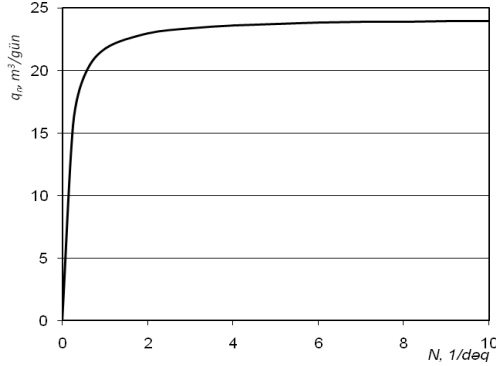
$p(x,0) = p_0, Q(x,0) = Q_0$. $x = 0$ və $x = L$ sərhədlərində isə müxtəlif şərtlər, məsələn, $p(0,t) = p_1(t), Q(0,t) = Q_0(t)$ və $p(L,t) = p_2(t), Q(L,t) = Q_2(t)$, və ya $p(0,t) = p_1 = const, Q(0,t) = Q_0(t)$ və $p(L,t) = p_2(t), Q(L,t) = Q_2(t)$ qəbul edilə bilər.

Quyudibində, yəni $x = L$ -də şərt, məsələn, $Q(L+0) = \gamma Q(L-0) + \gamma_1 \bar{Q}$ kimi də verilə bilər.

Həmçinin yatağın dərinlik nasosları ilə istismarında nasos-quyu-lay sisteminin kompüter-imitasiya modeli işlənmiş, bunun əsasında neft layının ştanqlı və ştanqsız nasoslar ilə nasos-quyu-lay sistemində işlənməsinin kompüter simulyatoru yaradılmışdır. Simulyatorun köməyi ilə bir sıra maşın eksperimentləri aparılmış və laydan quyuya axın və boruda statik maye səviyyəsinin bərpası proseslərinin əsas xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, qaldırıcı boruda maye sütununun hündürlüyünün statik səviyyəyə çatması assimptotik xarakter daşıyır və bu prosesə lazım olan zaman demək olar ki, lay təzyiqindən asılı deyil.

Balansir başlığının yırğalanma sayından (N) asılı olaraq nasosun verimi tədqiq edilmiş və müəyyən edilmişdir ki, yırğalanma sayının artırılması nasosun veriminin yüksəlməsinə səbəb olur. Lakin, bu artım N -in müəyyən qiymətinə qədər müşahidə olunur. N -in kiçik qiymətlərində onun artımı nasosun veriminin kəskin artmasına səbəb olursa, yırğalanma tezliyinin nisbətən böyük qiymətlərində N -in artımının nasosun veriminə təsiri xeyli zəifləyir. Yırğalanma sayının daha böyük qiymətlərində isə bu təsir demək olar ki, yox olur və verimin yırğalanma sayından asılılığı aradan qalxır (Şəkil 5.2).

Layın məhsuldarlıq əmsalı kiçik olduqda silindirin tam dolması mümkün olmur və nasosun faydalı iş əmsalı aşağı düşmüş olur. Bu halda nasosun periodik rejimə keçirilməsi aktuallaşır. Periodik rejimdə mayenin hasilatı prosesi iki hissədən ibarət olur- quyuda mayenin dinamik səviyyəsinin bərpası (nasosun gözləmə dövrü) və mayenin qaldırılması (nasosun işləmə dövrü) prosesləri. Quyunun periodik rejimdə rəşional istismarı məsələsi bu iki prosesə sərflənən optimal müddətlərin, və ya başqa sözlə, nasosun işləmə və gözləmə (quyuda neftin toplanması) dövrlərinin təyin olunmasından ibarət olur.



Şək. 5.2. Nasosun veriminin yırğalanma sayından asılılıq əyrisi

Bunu nəzərə alaraq, nasosla qaldırılan neftin maya dəyərinin minimumu şərti əsasında quyunun periodik iş rejimində nasosun gözləmə müddətinin hesablanma alqoritmi verilmişdir.

Bu zaman plunjerin bir tam tsikl yırğalanmasında hasil edilən neftin minimal maya dəyəri meyarından istifadə olunur. Yəni quyuda neftin toplanması üçün maksimal müddət elə seçilir ki, onun yer səthinə qaldırılması üçün çəkilən xərclər minimum olsun. Bu halda qaldırılan neftin maya dəyərinin hesablanması üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur:

$$M = \frac{X_d t_d + \tilde{X} \tilde{t} + X^*}{q_n(t_d + \tilde{t})}. \quad (5.10)$$

Burada t_d , X_d - mayenin quyuda toplanması müddəti və bu müddət ərzində quyunun saxlanmasına çəkilən xərclər; \tilde{t} , \tilde{X} - toplanmış mayenin qaldırılmasına sərf olunan zaman və mayenin qaldırılmasına çəkilən xərclər; X^* - quyunun işə salınması xərcləri; $q_n(t_d + \tilde{t})$ - hasil edilən neftin miqdarı.

Mayenin toplanmasına sərf olunan t_d zamanının təyini üçün $q_n(t)$ asılılığı məlum olmalıdır. Göstərilmişdir ki, laydan quyuya maye axını prosesini

$$q_n = q_0 \exp(\alpha t) \quad (5.11)$$

eksponensial ifadəsi ilə approksimasiya etmək olar.

Burada

$$\alpha = \frac{\ln \frac{q^*}{q_0}}{t^*}$$

seçilmiş nöqtələr üsulu ilə təyin edilir. Seçilmiş nöqtə kimi quyuya axın prosesində statik səviyyənin bərpası zamanından kiçik hər hansı bir t^* anı və həmin andakı q^* axın sərfinin qiyməti götürülür; $q_0 - t = 0$ anında laydan quyuya axın sərfinin qiymətidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, $M(t_d)$ asılılığı çökək əyridir. O halda maya dəyərinin minimum qiyməti $M(t_d)$ funksiyasının törəməsinin sıfıra bərabər nöqtəsinə uyğun olacaq. Onda, (5.11) nəzərə alınmaqla (5.10) tənliyindən maya dəyərinin minimumu, yəni $\frac{dM}{dt_d} = 0$ şərtindən

t_d -nin hesablanması üçün aşağıdakı ifadəni asanlıqla almaq mümkündür:

$$t_d = \frac{-\alpha \left(\tilde{t} + \frac{\tilde{X}\tilde{t} + X^*}{X_d} \right) - \sqrt{\left[\alpha \left(\tilde{t} + \frac{\tilde{X}\tilde{t} + X^*}{X_d} \right) \right]^2 - 4\alpha \frac{\tilde{X}\tilde{t} + X^*}{X_d} (\alpha\tilde{t} + 1)}}{2\alpha} \quad (5.12)$$

(5.12) düsturu qaldırılan neftin maya dəyərinin minimum qiymətinə uyğun olan nasosun maksimum gözləmə zamanını hesablamağa imkan verir. Bu düsturla periodik rejimdə nasosun gözləmə (fasilə) dövrünü hesablamaq mümkündür.

Fəsil üzrə alınan nəticələr proqram təminatında tətbiq edilmişdir. Bu proqramla real mədən məlumatları əsasında aparılan kompüter tədqiqatları göstərdi ki, digər şərtlər nəzərə alınmazsa, “Azneft” İB-nin ştanqlı nasosla istismar edilməkdə olan quyularının böyük bir qisminə periodik rejimə keçid əhəmiyyətli iqtisadi səmərə verə bilər.

Altıncı fəsil qaz-kondensat və yüngül neft (xüsusi halda-uyğun olaraq qaz və neft) yataqlarında işlənməyə dair mədən məlumatlarının, o cümlədən quyuların hidrodinamiki tədqiqatı nəticələrinin interpretasiyası məsələlərin həllinə həsr edilmişdir.

1. Lay rejimlərinin təyini üçün yeni üsul. İlk dəfə olaraq lay

energetikasının aktivlik dərəcəsinə xarakterizə edən xüsusi parametrlər tapılmışdır. Müəyyənləşdirilmişdir ki, $\bar{\Omega}_p = \frac{\bar{\Omega}}{\bar{p}}$ və

$\bar{\Omega}_m = \frac{\bar{\Omega}}{\bar{m}}$ parametrlərinin qiyməti ilə lay energetikasını xakteri

arasında sərt əlaqə mövcuddur, harada ki, $\bar{\Omega}$ - layın məhsuldar hissəsinin məsamələr həcmnin cari qiymətinin onun başlanğıc (yəni, başlanğıc lay təzyiqinə uyğun) qiymətinə nisbəti, $\bar{m} = \frac{m(p)}{m_0}$ -

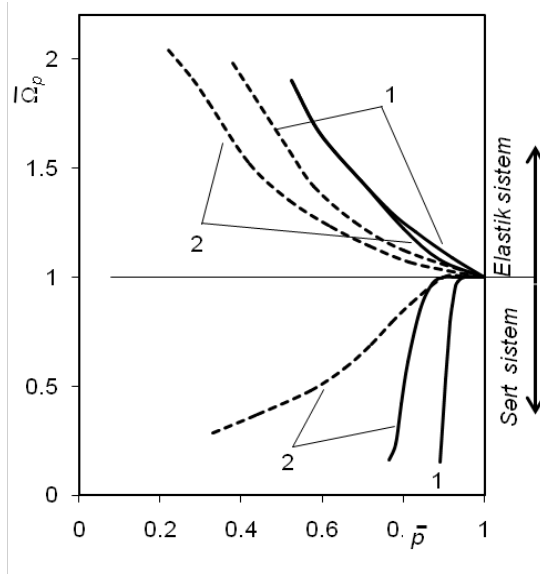
məsaməlik əmsalının cari qiymətinin onun başlanğıc (yəni, başlanğıc lay təzyiqinə uyğun) qiymətinə nisbəti, $\bar{p} = \frac{p}{p_0}$ isə cari lay təzyiqinin

başlanğıc lay təzyiqinə nisbətidir.

Qeyd olunan parametrlərin tədqiqi məqsədlə qaz-kondensat və yüngül neft yataqları üçün müxtəlif geo-texnoloji rejimlərdə çoxsaylı kompüter hesablamaları aparılmışdır. Müxtəlif lay rejimləri, hasilatın müxtəlif qiymətlərində, sıxılan və sıxılmayan kollektorlar üçün $\bar{\Omega}_p$ parametrinin \bar{p} -dən asılılığı tədqiq edilmişdir. Nəticələr Şəkil 6.1-də nümayiş etdirilir.

Qrafikdən görüldüyü kimi, $\bar{\Omega}_p(\bar{p})$ əyriləri kəskin olaraq iki tipə bölünür: birincilər- lay təzyiqinin enməsi ilə ədədi qiyməti artanlar, ikincilər isə- əksinə, azalanlar. Bu hal kollektorların elastiklik dərəcəsi və hasilat tempindən asılı deyil. Birinci tip əyrilər layın məhsuldar hissəsinin məsamələr həcmnin azalması əsasən süxurların sıxılması hesabına baş verən hal üçün xarakterikdir. Bu halda lay flüidlərinin hərəkəti lay sisteminin elastiklik ehtiyatının hesabına baş verir. Bu zaman lay təzyiqinin (\bar{p}) daha intensiv düşməsi $\bar{\Omega}$ -nin azalmasını üstələyir. Bu, $\bar{\Omega}_p$ -nin bütün baxılan variantlarda kəskin artmasına gətirib çıxarır.

Bunun nəticəsində “elastiki” (qaz və elastiki subasqı) lay sistemlərində lay təzyiqinin düşməsi ilə $\bar{\Omega}_p$ -nin ədədi qiyməti böyüyür, sərt subasqı rejimdə isə əksinə, $\bar{\Omega}_p$ -nin azalması müşahidə edilir.

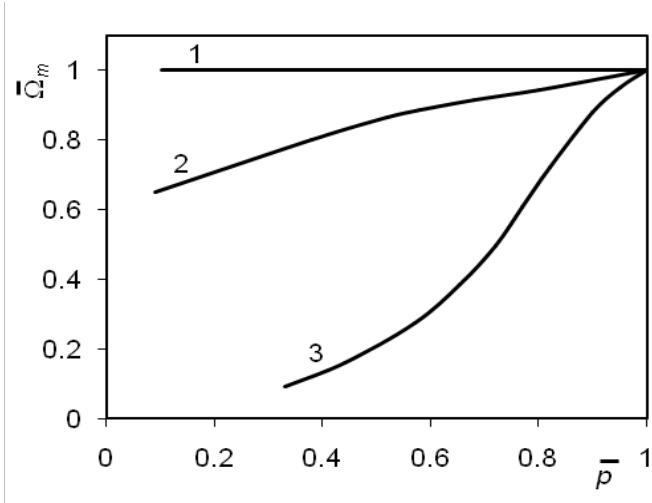


Şəkil 6.1. $\bar{\Omega}_p$ -nin ölçüsüz \bar{p} -dən asılılığı. ----- - layın sıxılması nəzərə alınır ($a_m = 0.01 \text{ 1/MPa}$), _____ - layın sıxılması nəzərə alınmır. 1, 2- illik hasilat başlanğıc ehtiyatın 10 və 20 %-ini təşkil edir

İkinci parametr olan $\bar{\Omega}_m$ -in tədqiqindən məlum oldu ki, bu parametr mahiyyətə mühitin elastiklik göstəricisidir. Şəkil 6.2-də $\bar{\Omega}_m(\bar{p})$ əyriələrindən görünür ki, yataqların subasqı rejimlərində işlənməsi $\bar{\Omega}_m$ -in qiymətinin azalması ilə müşayiət olunur. Maraqlıdır ki, energetik sistemin sərtlik dərəcəsinin artması ilə $\bar{\Omega}_m$ -in qiyməti daha da az olur. Tükənmə rejimində (yəni su hövzəsi olmadıqda) $\bar{\Omega}_m$ vahidə bərabər olaraq sabit qalır.

$\bar{\Omega}_p$ və $\bar{\Omega}_m$ parametrlərinin fiziki mahiyyətini nəzərə alaraq onlar “lay energetikasının aktivlik meyarları”, və ya sadəcə “aktivlik

meyarları” adlandırılmışdır. Alınan nəticələri ümumiləşdirərək $\bar{\Omega}_p$ və $\bar{\Omega}_m$ aktivlik meyarları ilə lay rejiminin təyini üçün aşağıdakı cədvəl qurulmuşdur (Cədvəl 6.1).



Şəkil 6.2. Müxtəlif lay rejimlərində $\bar{\Omega}_m$ -in \bar{p} -dən asılılığı. 1- qaz rejimi, 2 və 3- elastiki və sərt subasqı rejimləri

Cədvəl 6.1.

Lay rejiminin $\bar{\Omega}_p$ və $\bar{\Omega}_m$ aktivlik meyarları vasitəsilə təyin edilməsi.

$\bar{\Omega}_p$	$\bar{\Omega}_m$	Lay rejimi
>1	=1	Tükənmə
>1	<1	Elastiki subasqı rejimi
<1	<1	Sərt subasqı rejimi

Beləliklə, konkret yataqda lay energetikasının xarakterinin Cədvəl 6.1 üzrə təyini üçün $\bar{\Omega}_p$ və $\bar{\Omega}_m$ aktivlik meyarlarının həmin yataq üçün ədədi qiymətlərinin hesablanması tələb olunur.

Lay rejiminin təyini üçün təklif olunan yanaşmanın tətbiqi məqsədilə qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının aktivlik meyarlarının ədədi qiymətlərinin mədən məlumatları əsasında hesablanması üçün ifadələr alınmışdır. Qaz-kondensat yatağı üçün onlar aşağıdakı şəkildədir:

$$\bar{\Omega}_p = \frac{\frac{\bar{Q}_g - \alpha_0}{\alpha_p - \frac{S(p)}{a(p)}} - \frac{\bar{Q}_k - \alpha_0^*}{\alpha_p^* - \frac{1}{a(p)}}}{\frac{\alpha_p^*}{\alpha_p^* - \frac{1}{a(p)}} - \frac{\alpha_p}{\alpha_p - \frac{S(p)}{a(p)}}} \cdot \frac{p_0}{p}$$

və

$$\bar{\Omega}_m = \frac{\frac{\bar{Q}_g - \alpha_0}{\alpha_p - \frac{S(p)}{a(p)}} - \frac{\bar{Q}_k - \alpha_0^*}{\alpha_p^* - \frac{1}{a(p)}}}{\frac{\alpha_p^*}{\alpha_p^* - \frac{1}{a(p)}} - \frac{\alpha_p}{\alpha_p - \frac{S(p)}{a(p)}}} \cdot \frac{1}{e^{a_m(p-p_0)}}$$

Burada $\alpha_p = \frac{p\beta}{z(p)p_{at}} [1 - c(p)\bar{\gamma}(p)]$; $\alpha_0 = \frac{p_0\beta}{z_0 p_{at}} [1 - c_0\bar{\gamma}_0]$; $\alpha_0^* = \frac{p_0\beta c_0}{z_0 p_{at}}$;

$$\alpha_p^* = \frac{p\beta c(p)}{z(p)p_{at}}; \bar{Q}_g = \frac{Q_g}{\Omega_0}, \bar{Q}_k = \frac{Q_k}{\Omega_0};$$

Q_g, Q_k - lay təzyiqinin p qiymətinə uyğun ana qaz və kondensat hasilatı. “0” indeksli parametrlər başlanğıc lay təzyiqinə uyğundurlar.

Analoji ifadələr yüngül neft və xüsusi hal kimi, buxarlanmayan neft yataqları üçün də alınmışdır.

Müəyyən edilmişdir ki, yataqda yüksək aktivlik dərəcəsinə malik subasqı sisteminin olmasından asılı olmayaraq istənilən halda işlənmənin əvvəlində layın energetik sistemi özünü elastiki sistem kimi aparır. Bu effekt, su hövzəsinin aktivləşməsində ətalət effekti ilə

əlaqədardır.

Lay rejiminin təyininin yeni üsulu və aktivlik meyarlarının mədən məlumatları əsasında hesablanması metodikası artıq tükənməkdə olan, haqqında yetərinə məlumatlar olan “Bahar” və “Cənub” yataqları nümunəsində real yataq üçün yoxlanmış və onun etibarlılığı təsdiqlənmişdir.

Bundan başqa, qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında mədən məlumatlarının interpretasiyası üçün aşağıdakı metodikalar işlənmişdir:

2. Karbohidrogenlərin başlanğıc balans ehtiyatlarının hesablanması metodikası. Verilən metodika təzyiğin düşməsi prinsipinə və material balansı tənliklərinə əsaslanır. Material balansı tənlikləri ilkin balans ehtiyatı, toplam hasilat və orta lay təzyiği arasında asılılığı ifadə edirlər. Bu yanaşma ehtiyatların hesablanmasında yatağın konturlarının təyini üçün əlavə kəşfiyyat quyularının qazılmasından imtina etməyə imkan verir. Metodikanın tətbiqi üçün debitin iki müxtəlif lay təzyiqində ölçülmüş qiymətləri və bu təzyiqlərdə karbohidrogen sisteminin PVT məlumatları tələb olunur.

Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı plastiki laylarda qaz-kondensat və yüngül neftlər üçün binar model əsasında material balansı tənlikləri yazılmışdır. Bu tənliklərdən məsamədaxili təzyiğin zamana görə dəyişməsi ($\frac{dp}{dt}$) ilə quyunun

debiti (q - uyğun olaraq qaz-kondensat və ya yüngül neft layında qaza və ya neftə görə debitdir) və layın məsamələr həcmi əlaqələndirən $\frac{dp}{dt} = f(q, \Omega_0, m, p, \rho)$ şəklində ifadələr alınmışdır. Bu ifadələrin p_2, p_1 və t_1, t_2 sərhədlərində təqribi inteqrallanmasından qazla (və ya neftlə) doymuş boşluqların başlanğıc həcmi Ω_0 -in təyini üçün aşağıdakı ifadə yazılmışdır:

$$\Omega_0 \approx \frac{[K(p, \rho)_{i2} q_{i2} + K(p, \rho)_{i1} q_{i1}] T}{2(p_1 - p_2)}$$

Burada $T = (t_2 - t_1)$ - zaman parçası, $K(p, \rho)_{i1}, K(p, \rho)_{i2}, q_{i1}, q_{i2}$ - K -nin və quyunun debitinin müvafiq olaraq t_1 və t_2 zamanlarında

qiymətləridir. $K(p, \rho)$ isə baxılan lay modeli və karbohidrogen sisteminə uyğun ifadələrlə təyin olunur. Məsələn, qaz-kondensat sistemi üçün $K(p, \rho)$ aşağıdakı kimidir:

$$K = \frac{\frac{1}{\bar{m}(p)}(\alpha_4 + \frac{\alpha_2}{G})}{(\bar{\alpha}_5 \cdot \alpha_4 + \bar{\alpha}_8 \cdot \alpha_2) - (\alpha_2 \bar{\alpha}_3 + \bar{\alpha}_1 \alpha_4) \cdot a_m}.$$

Burada $\bar{\alpha}_1, \alpha_2, \bar{\alpha}_3, \alpha_4, \bar{\alpha}_5, \bar{\alpha}_8$ - konkret karbohidrogen sistemini xarakterizə edən təzyiqdən asılı məlum parametrlərdir (yığcamlıq üçün burada açıqlamırıq).

Cari debitlərin praktikada dəqiq ölçülməsi sıçrayışlar səbəbindən çətinlik törədirsə sonuncu düsturu daha asan ölçülən inteqral göstərici olan hasilatla ($Q_{t_1 t_2}$) aşağıdakı şəkildə ifadə etmək olar:

$$\Omega_0 \approx \frac{[K(p, \rho)_{t_2} + K(p, \rho)_{t_1}] \cdot Q_{t_1 t_2}}{2(p_1 - p_2)}, \quad (6.1)$$

harada ki, $Q_{t_1 t_2}$ - $(t_2 - t_1)$ zaman intervalında hasilatdır.

Ω_0 təyin olunduqdan sonra qazın, kondensatın, neftin və neftdə həll olmuş qazın başlanğıc balans ehtiyatları uyğun olaraq aşağıdakı ifadələrlə hesablanı bilər:

$$V_{g0} = \left\{ \frac{p_0 \beta}{z(p_0) p_{at}} [1 - c(p_0) \bar{\gamma}(p_0)] \right\} \Omega_0, \quad V_{c0} = \frac{p_0 \beta c(p_0)}{z(p_0) p_{at}} \Omega_0;$$

$$V_{n0} = \frac{1}{a(p_0)} \Omega_0, \quad V_{s0} = \frac{S(p_0)}{a(p_0)} \Omega_0.$$

Qeyd olunmalıdır ki, lay təzyiqinin kondensasiyanın başlanma təzyiqindən və ya, neft yataqlarında doyma təzyiqindən kiçik olduqda məsələnin qazla və ya maye ilə (neft yataqlarında) doyma əmsalının təyini üçün də uyğun ifadələr verilmişdir.

Karbohidrogenlərin başlanğıc balans ehtiyatlarının hesablanması üçün verilən ifadələr və alqoritmlər ehtiyatları əvvəlcədən məlum olan hipotetik yataqlar üçün yoxlanılmışdır. Bunun üçün həmin yatağın işlənməsini modelləşdirmək və işlənmə göstəriciləri haqda “mədən məlumatları” əldə etmək üçün əvvəlcədən bir sıra kompüter hesablamaları aparılmışdır. Alınan nəticələr işlənmiş metodikanın yüksək dəqiqliyə və etibarlılığa malik olmasını

təsdiqləmişlər;

3. Layın məsaməlik əmsalının ilkin qiymətinin, onun dəyişmə xarakterinin təyini üçün yeni metodika. Qaz-kondensat və yüngül neft karbohidrogen sistemlərinin material balansı tənlikləri əsasında layın ilkin məsaməlik əmsalı, onun lay təzyiqindən asılı olaraq dəyişmə xarakterinin təyini üçün metodikalar işlənmişdir. (6.1) ifadəsi əsasında məsaməliyin ədədi qiymətinin və onun dəyişmə xarakterinin təyini mümkündür. Nəzərə alsaq ki, $\Omega(p) = \Omega_0 \bar{m}(p)$, onda (6.1) aşağıdakı kimi yazılır:

$$\Omega(p) \approx \frac{[K^*(p, \rho)_{t_2} + K^*(p, \rho)_{t_1}] \cdot Q_{t_2}}{2(p_1 - p_2)}, \quad (6.2)$$

harada ki, $K^* = \frac{(\alpha_4 + \frac{\alpha_2}{G})}{[(\alpha_5 + \alpha_6) \cdot \alpha_4 + (\alpha_7 + \alpha_8) \cdot \alpha_2]}$. Burada $K^*(p, \rho)_{t_2}$, $K^*(p, \rho)_{t_1}$ - K^* -nin uyğun olaraq t_2 və t_1 zamanlarında qiymətidir.

Birinci yaxınlaşmada \bar{m} -in təzyiqdən asılılığını nəzərdən ataraq Ω_0 -ın (6.1) ilə hesablanmış qiymətindən istifadə etməklə (6.2) ifadəsindən $\bar{m}(p) = \frac{\Omega(p)}{\Omega_0}$ -nin təzyiqdən asılılıq qanununu təyin

etmək olar. Bunun üçün $\bar{m}(p)$ asılılığının qrafiki qurulur, bundan sonra işə alınan əyri məlum metodlardan biri ilə aproksimasiya edilir. Aydınır ki, əyrinin başlanğıc lay təzyiqinə ekstropolyasiyası məsaməlik əmsalının başlanğıc qiymətini verəcək.

Məsaməlik əmsalı və Ω bəlli olduqdan sonra $\Omega = 2\pi R_k h m$ düsturundan layın hündəsi parametrləri haqda müəyyən təsəvvürlər əldə etmək olar.

Yuxarıda təsvir edilən metodikanın yoxlanması üçün qaz-kondensat yatağı nümunəsi üzərində bir sıra hesablamalar aparılıb. \bar{m} -in hesablanmış qiymətlərini onun həqiqi qiyməti ilə tutuşdurulmaqla xəta qiymətləndirilmişdir. Təzyiqin daha aşağı qiymətlərində xətanın artması müşahidə edilmiş, lakin təzyiqin daha da enməsi ilə xəta bir qədər azalmağa başlamışdır. Beləliklə, xətanın maksimal qiyməti lay təzyiqinin bütün dəyişmə intervalında və baxılan bütün variantlarda 2.7 faizi aşmamışdır. Təqdim olunan yanaşma qaz-kondensat və neft (o cümlədən yüngül neft) laylarının

tutum xarakteristikasını təyin etməyə imkan verir. Verilən həlli işlənmənin ilkin mərhələsində olan və haqqında yetərli işlənmə məlumatlarına malik olmayan yataqlara tətbiq etmək mümkündür;

4. Keçiricilik əmsalının ilkin qiymətinin və dəyişmə xarakterinin təyini metodikası. Lay-kollektorun başlanğıc keçiriciliyi, onun lay təzyiqindən asılı olaraq dəyişmə dərəcəsi və xarakterinin təyini məqsədilə qərarlaşmış rejimdə qaz-kondensat və yüngül neft quyusunun mədən tədqiqatı məlumatlarının interpretasiyası üçün metodika verilir. Təklif olunan alqoritm karbohidrogen sisteminin binar modelinə əsaslanır, hansı ki, süzülmənin ikifazalılığını, fazaların real xüsusiyyətlərini-karbohidrogen psevdo-komponentlərin faza çevrilməsi və fazalararası kütlə mübadiləsini nəzərə alır. Metodikanın tətbiqi üçün iki müxtəlif qərarlaşmış rejimdə mədən tədqiqatı məlumatları- iki müxtəlif quyudibi təzyiqi, bunlara uyğun debitlər və baxılan lay təzyiqində karbohidrogen sisteminin termodinamik xüsusiyyətləri haqda məlumatlar tələb olunur.

Keçiriciliyin başlanğıc qiymətinin təyini. Qaz-kondensat qarışığı və yüngül neftlərin sıxılan məsaməli layda quyuya axını üçün φ inteqralaltı funksiyasının (2.12) approksimasiyasını nəzərə almaqla debit üçün (2.11) ifadəsini aşağıdakı kimi yazaq:

$$q = M \{ a [\bar{p}_k \ln \bar{p}_k - \bar{p}_k - \bar{p}_s \ln \bar{p}_s + \bar{p}_s] - b (\bar{p}_k - \bar{p}_s) \}, \quad M = \frac{2\pi h}{\ln \frac{R_k}{r_s} - \frac{1}{2}}$$

İki müxtəlif p_{s1}, p_{s2} quyudibi təzyiqləri və bu təzyiqlərdə uyğun olaraq q_1, q_2 debitlərinin ölçülmüş qiymətlərindən istifadə etməklə a və b əmsallarını təyin etmək mümkündür:

$$a = \frac{\frac{q_2}{M} - \frac{q_1}{M} \frac{\bar{p}_k - \bar{p}_{s2}}{\bar{p}_k - \bar{p}_{s1}}}{\ln \frac{\bar{p}_k^{\bar{p}_k}}{\bar{p}_{s2}^{\bar{p}_{s2}}} - \bar{p}_k + \bar{p}_{s2} - \left(\ln \frac{\bar{p}_k^{\bar{p}_k}}{\bar{p}_{s1}^{\bar{p}_{s1}}} - \bar{p}_k + \bar{p}_{s1} \right) \frac{\bar{p}_k - \bar{p}_{s2}}{\bar{p}_k - \bar{p}_{s1}}}$$

$$b = \frac{a \left(\ln \frac{\bar{p}_k^{\bar{p}_k}}{\bar{p}_{s1}^{\bar{p}_{s1}}} - \bar{p}_k + \bar{p}_{s1} \right) - \frac{q_1}{M}}{\bar{p}_k - \bar{p}_{s1}}$$

(2.12)-dən $\bar{\varphi}$ -nin ifadəsini (bax: səh.20) nəzərə almaqla yazarıq: $k(p_k)f(p) = \frac{a \ln(\bar{p}_k) - b}{\bar{\varphi}}$

$k(p_k)f(p)$ əyrisinin eksrtrapolyasiyanın dəqiq olmaması səbəbindən keçiriciliyin bu ifadədən birbaşa təyini etibarlı deyil. Müəyyən edilmişdir ki, $-\ln(kf)$ -in təzyiqdən asılılığı düz xəttə oxşardır. Bu, imkan verir ki, baxılan asılılığı aşağıdakı ikihədli ilə aproksimasiya edək: $-\ln(kf) = a_1 p_k + b_1$.

Buradakı a_1, b_1 əmsallarını p_{k1} və p_{k2} kimi iki müxtəlif lay təzyiqinə uyğun $k(p_k)f(p)$ hasilinin qiymətlərindən istifadə etməklə aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$a_1 = \frac{\ln\left(\frac{k_2 f_2}{k_1 f_1}\right)}{p_{k1} - p_{k2}}, \quad b_1 = - \left[\ln(k_1 f_1) + \frac{\ln\left(\frac{k_2 f_2}{k_1 f_1}\right)}{p_{k1} - p_{k2}} p_{k1} \right]$$

a_1, b_1 əmsallarını bilməklə keçiriciliyin hər hansı lay təzyiqindəki qiymətini aşağıdakı kimi təyin edə bilərik:

$$k(p_k) = \frac{e^{-(a_1 p_k + b_1)}}{f} \quad (6.3)$$

$p_k = p_0$ -da, yəni lay təzyiqinin başlanğıc qiymətində $f = 1$ olduğundan $kf = k_0$ olur. Buna görə də keçiriciliyin başlanğıc qiymətinin təyini üçün $k_0 = e^{-(a_1 p_0 + b_1)}$ ifadəsini qəbul etmək olar.

Mədən məlumatlarının çoxluğu şəraitində ən kiçik kvadrat üsulunun tətbiqi ilə metodikanın dəqiqliyinin artırılması və başlanğıc lay təzyiqində məsamələrin maye (qaz-kondensat layında kondensatla, neft layında isə neftlə) ilə doyma əmsalı birdən kiçik olduqda faza keçiriciliyi f -in təyini alqoritmləri işlənmişdir.

Keçiriciliyin dəyişmə əmsalının təyini. Əgər (6.3) ifadəsini işlənmənin layihələndirilməsində tətbiq ediləcək hidrodinamiki modeldə istifadə olunacaq keçiriciliyin dəyişmə qanunu, məsələn,

$$k = k_0 \left(\frac{p_k}{p_0} \right)^{\beta_k} \quad \text{qüvvət qanunu ilə müqayisə etsək} \quad \frac{e^{-(a_1 p_k + b_1)}}{f} = k_0 \left(\frac{p_k}{p_0} \right)^{\beta_k}$$

alarıq. Buradan keçiriciliyin dəyişmə əmsalının $p_k < p_0$ cari lay təzyiqində qiymətinin təyini üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$\beta_k = \frac{\ln \left[\frac{e^{-(a_1 p_k + b_1)}}{k_0 f} \right]}{\ln \left(\frac{p_k}{p_0} \right)} \quad (6.4)$$

Keçiriciliyin dəyişməsinin eksponensial qanuna tabe olması halında isə keçiriciliyin dəyişmə əmsalı üçün analoji ifadə aşağıdakı

şəkildə alınır:
$$\beta_k = \frac{\ln \left[\frac{e^{-(a_1 p_k + b_1)}}{k_0 f} \right]}{p_k - p_0}, \text{ harada ki, } p_k < p_0. \quad (6.5)$$

Sonuncu ifadələrdən görünənin əksinə olaraq β_k lay təzyiqinin funksiyası deyil, konkret lay üçün sabit kəmiyyətdir. O, layın keçiriciliyinin məsamədaxili təzyiqin (daha dəqiq desək, effektiv təzyiqin) dəyişməsinə reaksiyasını xarakterizə edir. Bu, o deməkdir ki, müxtəlif lay təzyiqlərində β_k -ın (6.4) və ya (6.5) ifadəsi ilə hesablanmış bütün qiymətləri ideal halda eyni olmaıdır. Buna görə də $\beta_k(p_k)$ koordinat sistemində β_k horizontala oxşar xətlə ifadə olunacaq. Yəni, başqa sözlə desək, β_k -ın müxtəlif lay təzyiqlərində hesablanmış qiymətləri hansısa bir horizontal xəttin ətrafında nöqtələr çoxluğu təşkil edəcəkdir. Bu xəttin ordinatı β_k -ın axtarılan qiymətinə bərabər olmalıdır. Sözügedən xətt elə çəkilməlidir ki, hesablanmış nöqtələrdən hər birinə mümkün qədər yaxın olsun. Bu,

$\bar{F} = \sum_{i=1}^n (\beta_{ki} - \beta_k)^2$ funksionalının minimizasiyası anlamına gəlir:

$\bar{F} = \sum_{i=1}^n (\beta_{ki} - \beta_k)^2 \rightarrow \min$, harada ki, β_{ki} - ümumi sayı n olan hesablardan

alınan β_k -nın i -ci qiymətidir. β_k - keçiriciliyin dəyişmə əmsalının axtarılan qiymətidir.

Bir halda ki, \bar{F} funksionalının minimizasiyası

$$\frac{\partial \bar{F}}{\partial \beta_k} = -2 \sum_{i=1}^n (\beta_{ki} - \beta_k) = 0 \text{ şərti daxilində təmin edilir, o halda } \beta_k = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_{ki}}{n}$$

ifadəsini yazma bilərərik. Deməli, β_k -in həqiqi qiyməti kimi alınan hesablanmış qiymətlərin ədədi ortasını götürmək olar.

Verilən alqoritmlər müxtəlif hallarda, o cümlədən müxtəlif deformasiya dərəcələrinə malik laylar üçün yoxlanılmış, onların yüksək dəqiqlik və etibarlılığa malik olması müəyyənləşdirilmişdir;

5. Quyunun dinamik qidalanma konturu radiusunun və durğun zonaların təyini alqoritmləri. Quyunun dinamik qidalanma konturu radiusunun təyini metodikasını verilmiş və layın durğun (drenaj olunmayan) zonalarının təyini alqoritmı işlənmişdir. Quyunun dinamik qidalanma konturu radiusunun təyini üçün ölçüsüz təzyiqlərdən asılı aşağıdakı ifadə alınmışdır:

$$R_k = r_s \exp \left\{ \frac{2\pi h}{Q} T \left[a \left(\ln \frac{\bar{p}_k}{\bar{p}_s} - \bar{p}_k + \bar{p}_s \right) - b(\bar{p}_k - \bar{p}_s) \right] + \frac{1}{2} \right\}$$

Burada a və b əmsallarının qiymətləri quyunun hidrodinamik tədqiqatından p_{s1} və p_{s2} quyudibi təzyiqlərində ölçülmüş q_1, q_2 debitlərin qiymətindən aşağıdakı ifadələrlə təyin olunurlar:

$$a = \frac{\frac{1}{M} \left(q_2 - q_1 \frac{\bar{p}_k - \bar{p}_{s2}}{\bar{p}_k - \bar{p}_{s1}} \right)}{\ln \frac{\bar{p}_k}{\bar{p}_{s2}} - \bar{p}_k + \bar{p}_{s2} - \left(\ln \frac{\bar{p}_k}{\bar{p}_{s1}} - \bar{p}_k + \bar{p}_{s1} \right) \frac{\bar{p}_k - \bar{p}_{s2}}{\bar{p}_k - \bar{p}_{s1}}}$$

$$b = \frac{a \left(\ln \frac{\bar{p}_k}{\bar{p}_{s1}} - \bar{p}_k + \bar{p}_{s1} \right) - \frac{q_1}{M}}{\bar{p}_k - \bar{p}_{s1}}, \text{ harada ki, } M = \frac{2\pi h}{\ln \frac{R_k}{r_s} - \frac{1}{2}}; Q - T$$

zamanı ərzində baxılan texnoloji rejimdə toplam hasilatdır.

Alınmış ifadələr əsasında layın drenaj olunmayan (durğun) zonalarının işlənmə xəritəsi üzərində təyin edilməsi üçün alqoritm işlənmişdir. Alqoritm proqram təminatında tətbiq olunmuşdur.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

Qaz-kondensat qarışığı və yüngül neftlərin qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli laylarda qeyri-xətti

qanunla süzülməsinin hidrodinamik modelləşdirilməsi və işlənmə prosesinə lay-kollektorların mürəkkəb deformasiyasının təsirinin öyrənilməsi üzrə kompleks tədqiqat işləri yerinə yetirilmiş, yüngül neft yataqlarının qaz-lift və dərinlik nasoslari ilə, o cümlədən ştanqlı nasosla işlənilməsində quyu-lay sisteminin kompüter-imitasiya modeli qurulmuş, işlənmə göstəriciləri haqda mədən məlumatlarının interpretasiyası üçün daha səmərəli üsullar işlənməmişdir:

1. Qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli məsaməli kollektorlarda qaz-kondensat sistemi və yüngül neftlərin ətalət qüvvələrinin nəzərə alınması ilə quyuya süzülməsi proseslərinin hidrodinamik modelləri yaradılmışdır.

2. Lay süxurlarının mürəkkəb deformasiyasının və ətalət qüvvələrinin nəzərə alınması ilə qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarının müxtəlif texnoloji rejimlərdə tükənməyə işlənmə göstəricilərinin proqnozlaşdırılması üçün alqoritmlər yaradılmışdır.

3. Mürəkkəb deformasiyaya məruz qalan- qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli kollektorlara malik qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında müxtəlif geoloji və texnoloji rejimlərdə karbohidrogen qarışıqlarının quyuya su ilə sıxışdırılması proseslərinin əsas göstəricilərinin hesablanması üçün alqoritmlər yaradılmışdır.

4. Quyuətrafi və quyudan uzaqda layın reoloji və kollektor xüsusiyyətləri üzrə fərqliliyinin nəzərə alınması ilə qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında işlənmə prosesinin əsas göstəricilərinin hesablanması alqoritmləri yaradılmışdır.

5. Yüngül neft yataqlarının qaz-lift və dərinlik nasoslari ilə işlənilməsi prosesinin əsas göstəricilərinin hesablanması alqoritmləri işlənməmiş, quyu-lay və nasos- quyu-lay sistemlərinin imitasiya modelləri və bunların əsasında yatağın kompüter simulyatoru yaradılmışdır.

6. İlk dəfə olaraq lay energetikasının aktivlik dərəcəsinin qiymətləndirilməsi üçün "lay energetikasının aktivlik meyarları" adlandırılan parametrlər tapılmışdır. Aktivlik meyarları əsasında lay rejiminin birmənalı təyini üçün yeni üsul təklif edilmişdir.

7. Qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında aktivlik meyarlarının ədədi qiymətlərinin mədən məlumatları əsasında

hesablanması üçün metodikalar yaradılmışdır.

8. Mürəkkəb deformasiyaya məruz qalan qeyri-xətti elastiki, relaksasiyalı elastiki və relaksasiyalı sürüngenli kollektorlarla təmsil olunan qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında mədən məlumatlarının interpretasiyası üçün daha səmərəli metodikalar işlənmişdir. O cümlədən:

- layın reoloji xüsusiyyətlərinin təyini metodikası;
 - lay-kollektorların kollektor-tutum xüsusiyyətlərinin təyini metodikası;
 - qaz-kondensat və yüngül neft yataqlarında başlanğıc karbohidrogen ehtiyatlarının hesablanması metodikası;
 - qaz-kondensat və neft yataqlarında lay rejimlərinin təyini üsulu;
 - qaz-kondensat və yüngül neft layını drenaj edən quyuların qidalanma konturunun təyini metodikası.
- İşlənmiş alqoritmlər proqram təminatında tətbiq olunmuşdur.

DİSSERTASIYANIN MÖVZUSU ÜZRƏ DƏRC OLUNMUŞ ƏSƏRLƏR

Dissertasiyanın əsas müddəaları müəllifin özü və həmmüəlliflərlə birgə çap etdirdiyi nəşrlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Джамалбеков, М.А., Юсифзаде, Б.Х., Дадаш-заде, Х.И. Определение начальной проницаемости деформируемых гранулярных и трещиноватых коллекторов // АНХ, 1990, № 10, с.1-4.

2. Джамалбеков, М.А. Вытеснение газоконденсатной смеси из деформируемого пласта при заданном темпе закачки воды / Вопросы геологии и разработки нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений. Баку, ЭЛМ, 1990, с. 53-60.

3. Абасов, М.Т., Дадаш-заде, Х.И., Джамалбеков, М.А., Оруджалиев, Ф.Г. Фильтрация летучих нефтей в деформируемых коллекторах // Изв. НАН Азерб., серия Наук о Земле, 1991, № 1-2, с.63-69.

4. Абасов, М.Т., Джамалбеков, М.А., Оруджалиев, Ф.Г., Рустамова, И.А. Моделирование массообменных процессов в трещиновато-пористых коллекторах // Изв. НАН Азерб., серия

Наук о Земле, 1995, № 1-3, с.40-43.

5. Джамалбеков, М.А. Определение пластового режима глубокозалегающих газоконденсатных залежей// АНХ, 1996, № 3, с.14-18.

6. Aliev, F.A., Pyasov, M.Kh., Jamalbayov, M.A. Mathematical Simulation of Gas Lift Processes in Oil Extraction / Abstracts. The Second International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications. Baku, 2008, June 2-4.

7. Алиев, Ф.А., Ильясов, М.Х., Джамалбеков, М.А. Моделирование Работы Газлифтной Скважины // Докл. НАН Азерб., 2008, №4, с.107-116.

8. Ismailov, N.A., Namazov, M.A., Guliyev, A.P., Jamalbayov, M.A. Algorithm to solution of the optimization problem when the object is controlled by boundary conditions / Abstracts of the Third Congress of the world Mathematical Society of Turkic Countries, Almaty, June 30-July 4, 2009. p. 49.

9. Исмаилов, Н.А., Ильясов, М.Х., Джамалбеков, М.А., Гулиев, А.П., Гулиев, М.Ф. Алгоритм решения задачи оптимального управления начальными условиями в процессе газлифта // Докл. НАН Азерб., 2009, том LXV, № 6, с. 21-27.

10. Aliev, F.A., Jamalbayov, M.A., Nasibov, S.M. Mathematical modeling of the well-bed system under the gaslift operation // TWMS Journal of Pure and Applied Mathematics, 2010, V.1, №1, pp. 5-14.

11. Алиев, Ф.А., Джамалбеков, М.А., Насибов, С.М. Математическое моделирование системы скважина–пласт при газлифтной эксплуатации // Докл. НАН Азерб., 2010, том LXVI, № 3, с.3-12.

12. Джамалбеков, М.А., Исмаилов, Н.А., Насибов, С.М. Алгоритм для прогнозирования процесса газлифта в системе скважина-пласт // Докл. НАН Азерб., 2010, том LXVI, № 5, с. 44-51.

13. Алиев, Ф.А., Джамалбеков, М.А., Ильясов, М.Х. Математическое моделирование и управление газлифтом // Изв. РАН. Теория и системы управления, 2011, № 5, с. 121–130.

14. Aliev, F.A., Jamalbayov, M.A., Ismailov, N.A.

Mathematical problems of the gas-lift method in oil production / The 3-rd international conference on Control and optimization with Industrial Applications. Bilkent University, Ankara, 2011, 22-24 August, p. 152-153.

15. Aliev, F.A., Jamalbayov, M.A., Ilyasov, M.Kh. Mathematical Simulation and Control of Gas Lift // Journal of Computer and Systems Sciences International, 2011, Vol. 50, No. 5, pp. 805–814.

16. Джамалбеков, М.А., Гулиев, М.Ф. Фильтрация двухфазных углеводородных смесей в чисто трещиноватых коллекторах // Вестник Бакинского Университета, сер. Физико-математических Наук, 2011, № 2, с. 73-79.

17. Джамалбеков, М.А. Алгоритм для прогнозирования истощения залежи газированной нефти в трещиноватых коллекторах / Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы нефтегазового комплекса Казахстана». Актау, 2011, 23-25 февраля, с. 149-153.

18. Джамалбеков, М.А. Особенности истощения залежи газированной нефти в трещиноватых коллекторах // ANX, 2011, № 10, с. 34-36.

19. Джамалбеков, М.А. Методика определения коллекторских характеристик деформируемых пластов по промысловым данным // НИПИ «Нефтегаз» «Научные труды», 2011, № 4, с. 34-38.

20. Jamalbayov, M.A., Nasibov, S.M., Guliev, M.F. The Pulsation Account at Modelling of the Gaslift Process / The 4th Congress of the Turkic World Mathematical Society (TWMS), Baku, 2011, 1-3 July, pp. 440.

21. Jamalbayov, M.A. The Identification of Filtration Properties of Oil Reservoir / The 3-rd international conference on Control and optimization with Industrial Applications. Bilkent University, Ankara, 2011, 22-24 August, p.152-153.

22. Aliev, F.A., Jamalbayov, M.A., Ilyasov, M.Kh., Ismailov, N.A., Mutallimov, M.M., Gasimov, Y.S., Rajabov, M.F. Mathematical modeling and control of gas lift process: from the theory to applications / Branobel Conference Nobel Brothers' 1st

International Research-Innovative Conference. Conference Program & Abstracts, Baku, 2012, 22-23 Oct., pp.39-41.

23. Джамалбеков, М.А. К определению радиуса контура питания скважин, дренирующих нефтяных и газоконденсатных залежей по данным промысловых исследований // ANX, 2012, № 10, с. 18-22.

24. Джамалбеков, М.А., Кулиев, М.Ф. Алгоритмы для рационального размещения скважин, дренирующих газоконденсатнонефтяных залежей / Аналитическая механика, устойчивость и управление. Труды X Международной Четаевской конференции, Казань, 2012, 12–16 июня, том 4, с. 103-112.

25. Джамалбеков, М.А. Алгоритм для прогнозирования разработки газоконденсатной залежи в релаксационно-деформируемых коллекторах / Научно-техническая конференция с международным участием «Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях», Харьковский Национальный Университет имени В. Н. Каразина, 2012, 24-27 апреля.

26. Джамалбеков, М.А. Моделирование истощения газоконденсатных залежей в релаксационно-деформируемых коллекторах // Докл. НАН Азерб., 2012, том LXVIII, № 3, с. 110-118.

27. Джамалбеков, М.А. Математическая модель истощения газоконденсатной залежи в релаксационно-деформируемых коллекторах // НИПИ «Нефтегаз» «Научные труды», 2012, № 4, с.30-35.

28. Джамалбеков, М.А., Кулиев, М.Ф. Об использовании запасов углеводородов при истощении газоконденсатных залежей в релаксационно деформируемых коллекторах / “Новые технологии в нефтедобыче” Материалы II Международной научно-практической конференции. НИПИ «Нефтегаз», 2012, 06-07 сентябрь, с. 336-339.

29. Джамалбеков, М.А. Алгоритм определения радиуса контура питания и рационального расположения скважин в слабодренируемых зонах // ANX, 2013, № 1, с. 35-39.

30. Джамалбеков, М.А. Определения емкостных свойств деформируемых газоконденсатных пластов и начальных балансовых запасов в ранних стадиях разработки // ANX, 2013, № 6, с. 25-31.

31. Джамалбеков, М.А., Кулиев, М.Ф. Алгоритм для подсчета начальных балансовых запасов углеводородов газоконденсатных залежей // НИПИ «Нефтегаз» «Научные труды», 2013, № 2, с. 46-50.

32. Jamalbayov, M.A., Guliyev, M.F. The Depletion Properties of Gas-Condensate Deposit in Nonlinearly Elastic Granular Reservoirs // Proceedings of Institute of Mathematics and Mechanics, Baku: Elm, 2013, vol. XXXVIII, pp. 115-120.

33. Джамалбеков, М.А. Алгоритм для прогнозирования разработки газоконденсатных пластов при различных реологических режимах // Журнал «Мехатроника, автоматизация, управление», 2013, № 2, с. 29-33.

34. Jamalbayov, M.A. Modeling of filtration processes of condensate mixture in reological heterogeneous reservoirs / Extended Abstracts. 4th International Conference on Control and Optimization with Industrial Application, Borovets, Bulgaria, 2013, 10-12 July, pp. 42-43.

35. Джамалбеков, М.А. Разработка газоконденсатных залежей в деформируемых коллекторах: алгоритмы прогнозирования и интерпретации. Saarbruecken, Germany: Lambert Academic Publishing, 2013, 184 с.

36. Велиев, Н.А., Джамалбеков, М.А. Особенности алгоритмизации при моделировании работы глубинных насосов // ANX, 2014, № 5, с. 24-30.

37. Джамалбеков, М.А. Определение пластового режима газоконденсатных залежей в деформируемых коллекторах // НИПИ «Нефтегаз» «Научные труды», 2014, № 4, с.54-60.

38. Велиев, Н.А., Джамалбеков, М.А. Алгоритмы для управления глубинным насосом в системе скважина-пласт // ANX, 2015, № 2, с. 20-24.

39. Aliev, F.A., Jamalbayov, M.A. Basics of Simulation of Gas Lift Process in The Well-Rerservoir System // Докл. НАН Азерб.,

2015, том LXXI, № 2, с. 80-86.

40. Aliev, F.A., Jamalbayov, M.A., Guliyev M.F. Basics of Mathematical Modeling of the Gas Lift in the Well-Reservoir System / The 5th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (COIA 2015), Baku, 2015, 27-29 August, pp. 293-295.

41. Джамалбеков, М.А. Новые критерии для определения пластового режима газоконденсатных и нефтяных залежей / XXI Губкинские чтения «Фундаментальный базис и инновационные технологии поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа», РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, Москва, 2016, 24-25 марта, с. 31-39.

42. Camalbəyov, M.A. Kollektorları deformasiyaya məruz qalan qaz-kondensat yataqlarında lay rejiminin mədən məlumatları əsasında təyini üsulu. Azərb. Resp. Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Komitəsi. Sənaye Mülkiyyəti Obyektlərinin Ekspertizası Mərkəzi. Sənaye Mülkiyyəti. Rəsmi bülleten // № 12, 2016, s. 9.

43. Camalbəyov, M.A., Vəliyev, N.A. Ştanqlı nasosla təchiz olunmuş quyunun istismar üsulu. Azərb. Resp. Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Komitəsi. Sənaye Mülkiyyəti Obyektlərinin Ekspertizası Mərkəzi. Sənaye Mülkiyyəti. Rəsmi bülleten, № 8, 2017, s. 8.

44. Джамалбеков, М.А. Особенности вытеснения летучих нефтей в релаксацирующих пластах при водонапорном режиме // АНХ, 2017, № 10, с.18-23.

45. Кулиев, А.М., Джамалбеков, М.А. Прогнозирование показателей разработки залежей летучих нефтей в ползучих коллекторах // НИПИ «Нефтегаз» «Научные труды», 2017, № 03, с. 51-57.

46. Велиев, Н.А., Джамалбеков, М.А. Исследование процесса вытеснения газоконденсатной смеси водой в сложно деформируемых коллекторах // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, № 1, 2017, с. 50-54.

47. Jamalbayov, M.A., Veliyev, N.A. The Technique of Early

Determination of Reservoir Drive of Gas Condensate and Velotail Oil Deposits On the Basis of New Diagnosis Indicators // TWMS J. Pure Appl. Math., V. 8, N 2, 2017, pp.236-250.

48. Велиев, Н.А., Джамалбеков, М.А. Прогнозирование показателей разработки залежей летучих нефтей в сложно деформируемых коллекторах // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности 4/2017, с. 39-46.

49. Алиев, Ф.А., Алиев, Н.А., Гулиев, А.П., Тагиев, Р.М., Джамалбеков, М.А. Метод решения одной краевой задачи для системы уравнений гиперболического типа, описывающих движение в газлифтном процессе // РАН, Прикладная математика и механика, 2018, № 4, с. 23-28.

Həmmüəlliflərlə birgə dərc olunmuş elmi məqalələrdə müəllifin şəxsi xidməti:

[16-19, 21, 23-31, 33-34, 37, 41, 42, 44]– müəllifin sərbəst apardığı tədqiqatlar.

[35]– nəticələrin toplanması, materialın kitab şəklində tərtibatı və çapa təqdim edilməsi.

[45]– riyazi modelin qurulması, proqramın yazılması, kompüter hesablamaların aparılması və nəticələrin emalı.

[1-5, 20, 22, 32, 39, 40]- riyazi modelin qurulması, proqramın yazılması və kompüter hesablamaların aparılması.

[6-8, 10-15] – Məsələnin qoyuluşu və nəticələrin emalı.

[9, 49]- nəticələrin emalı.

[36, 38, 43, 46-48]- Məsələnin qoyuluşu, riyazi modelin qurulması, proqramın yazılması və kompüter hesablamaların aparılması.

Dissertasiyanın müdafiəsi 11 mart 2022-ci il tarixində saat 11.00-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən BED 2.03/2 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək

Ünvan: Bakı şəhəri, D.Əliyeva 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 08 fevral 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir

Çapa imzalanıb: 21 yanvar 2022

Kağızın formatı: A5

Həcm: 76126

Tiraj: 100