

Uzun müddət işlənیلən yataqlarda maye hasilatının artırılması səmərəliliyinin tədqiqi

I.Z. Əhmədov, t.e.n.¹,
S.E. Tağıyeva, t.e.n.¹,
H.Q. Hüseynov, t.ü.f.d.²

¹"Neftqazəlimtədqiqatlayihə" İnstitutu,
²"Azneft" İB

Açar sözlər: neft, su və maye debitləri, mayenin sürətli çıxarılması, sistemli təhlil, sulama.

DOI.10.37474/0365-8554/2023-02-27-32

e-mail: Ilqar.Ahmedov@socar.az

Исследование эффективности увеличения добычи жидкости на длительно разрабатываемых месторождениях

И.З. Ахмедов, к.т.н.¹, С.Э. Тагиева, к.т.н.¹, Г.Г. Гусейнов, д.ф.т.н.²
¹НИПИнефтегаз,
²ПО "Азнефть"

Ключевые слова: дебиты нефти, воды и жидкости, форсированный отбор жидкости, системный анализ, обводненность.

Как известно, для месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, одним из эффективных методов увеличения нефтедобычи является форсированный отбор жидкости (ФОЖ). При этом в неоднородных и сильно обводненных пластах в разработку вовлекаются остаточные целики нефти, линзы, тупиковые и застойные зоны и малопроницаемые пропластки.

Решение о применении ФОЖ должно быть принято только после изучения взаимозависимостей между дебитом нефти, воды, жидкости, а также обводненности. С целью оценки эффективности применения метода ФОЖ были проведены исследования на основе фактических промысловых данных эксплуатации скважин на месторождениях Локбатан и Гала ПО "Азнефть". Поэтому на основе системного подхода были построены и проанализированы зависимости дебита нефти, воды и обводненности продукции от дебита жидкости по всем рассматриваемым скважинам, а также найдены математические модели.

Анализ и оценочные расчеты показали возможность прироста добычи нефти от форсировки отбора по рассматриваемой группе скважин месторождения Гала около 7 %.

Исследования, проведенные на основе промысловых данных, указывают на целесообразность применения форсированного отбора жидкости в скважинах, эксплуатируемых с верхнего отдела продуктивной толщи месторождения Гала.

The study of efficiency of increase of fluid production in long-term developed fields

I.Z. Ahmadov, Cand. in Tech. Sc.¹, S.E. Tagiyeva, Cand. in Tech. Sc.¹, H.G. Huseynov, PhD in Tech. Sc.²
¹"Oil-Gas Scientific Research Project" Institute,
²"Azneft" PU

Keywords: flow rate of oil, water and fluid, forced fluid withdrawal, system analysis, water cut.

As is known, one of the most effective methods of increase of oil development for the mature production fields is the forced fluid withdrawal (FFW). In this respect, the bypassed oil, lenses, blind and dead zones, and low-permeable interlayers are involved in the development of non-homogeneous and heavily watered formations.

The decision on the employment of FFW should be made only after the study of the correlation between the flow rate of oil, water, fluid, as well as the water cut. With the purpose of the evaluation of the efficiency of FFW application, the researches based on the actual field data of the well operation in Lokbatan and Gala fields of "Azneft" PU have been carried out. Thus, the dependencies of the flow rate of oil, water and water cut of the product on the flow rate of fluid by all reviewed wells have been developed on a system approach and analyzed, as well as the mathematical models have been found.

The analysis and estimation calculations justified the capacity of an approximately 7 % increase of oil production due to the forced withdrawal by the reviewed pattern of wells in Gala field.

The studies conducted on the field data justify the practicability of the employment of forced fluid withdrawal in the wells operated from the upper stage of Productive Series in Gala field.

Məlum olduğu kimi, işlənmənin son mərhələlərində olan yataqların istismarı quyu sayının çox olması, hasilatın kəskin azalması, sulaşmanın davamlı artması, istismar zamanı yaranan əngəllərin çoxalması və bütövlükdə işlənmənin ən əsas texniki-iqtisadi göstəricilərinin pisləşməsi ilə səciyyələnir. Belə yataqlarda ehtiyatın daha çox çıxarılması məqsədilə, hasilatın artırılması imkanlarının axtarış tapılması və mövcud quyu fondundan daha səmərəli istifadə olunması nəzəri və praktiki cəhətdən xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Yataqların uzunmüddətli işlənməsi şəraitində neft hasilatının artırılması üsullarından - bütün quyulardan çıxarılan ümumi maye hasilatının artırılması üsuluna göstərmək olar. Qeyd olunmalıdır ki, neftçixarma nəzəriyyəsi və təcrübəsində bu üsul "mayenin sürətli çıxarılması" adı ilə məlumdur [1-3].

İstismar prosesində ayrı-ayrı quyular və yaxud bütün obyekt üzrə maye hasilatının artırılması texnologiyası yüksək sulaşma şəraitində neft hasilatının və bütövlükdə layların neft veriminin artırılmasına imkan yaradır. Bu zaman layın quyudibi zonasında təzyiq qradientlərinin artırılması hesabına qeyri-bircins laylarda olan qalıq və durğun neft zonalarının kiçik keçiricilikli intervallarının ümumi istismar prosesinə qoşulması baş verir.

Maye hasilatının artırılması üsulu bir çox köhnə və məhsulu sulaşmış yataqların işlənməsi zamanı aparılıb və hazırda tətbiq davam etdirilir. Lakin eyni zamanda çoxcəhətli və mürəkkəb olmasına görə, bu üsulun tətbiqində bir sıra əhəmiyyətli məsələlər hələ də tam öyrənilməmiş qalmaqdadır [3, 4].

Ümumi qəbul olunan nəzəriyyə və istehsalat təcrübəsinə əsaslanaraq, maye hasilatının artırılması üsulunun düzgün və səmərəli tətbiqi üçün aşağıdakı əsas şərtlər ödənilməlidir:

- hasilatın sulaşmasının 85 %-dən az olmaması;
- quyuların kifayət qədər yüksək məhsuldarlığa malik olması;
- quyudibi təzyiqlərin kiçik olmaması;
- ümumi maye hasilatının artırılması üçün real texniki və geoloji-fiziki imkanların olması.

Maye hasilatının artırılması tədbirlərinin təyin olunması üzrə əsaslandırılmış qərarın verilməsi və məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsi üçün ilk növbədə laydan maye hasilatının artırılması zamanı neft hasilatının ehtimal edilən artma imkanları tədqiq olunmalıdır.

Bu tədbirin səmərəli həyata keçirilməsi və uğurlu nəticələrin əldə olunması üçün aşağıda qeyd olunan məsələlərə mümkün qədər aydınlıq

gətirilməlidir:

- tədbirin əlverişli aparılması üçün nəzərdə tutulan obyektlərin fərqləndirici xüsusiyyətləri və əlamətləri;
- tədbirin hansı şəraitdə başlanmasının daha məqsədəuyğun olması;
- tədbirin keçirilmə şərtləri və şəraitinin təyin olunması üçün lazımi tədqiqat vasitələri;
- maye hasilatının artırılması texnologiyasının həyata keçirilməsi qaydası;
- aparılan tədbirin nəticələrinin mahiyyəti.

Qeyd olunan bütün bu məsələ və əlaqədar sualların düzgün cavabları, verilən istismar obyektlərinin geoloji-fiziki və texniki-texnoloji xüsusiyyətlərinə müvafiq, maye hasilatının artırılması tədbirinin həyata keçirilməsi qaydalarının metodik əsasını müəyyən edə bilər.

Bu məsələlərin araşdırılması ilə yanaşı, maye hasilatının artırılmasına dair veriləcək qərarların, həmçinin neft, su, maye debitləri və sulaşma kəmiyyətlərinin qarşılıqlı dəyişmə qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi də zəruridir. Bu zaman alınacaq nəticələrin daha dəqiq və etibarlı olması üçün maye debitinin qiymətləri neft debitinə görə maksimal həddə təyin edilməlidir. Təbii ki, əgər ümumi maye hasilatının artırılması nəticəsində neftin miqdarı artmırsa, onda bu tədbirin keçirilməsi də mənasız olacaqdır.

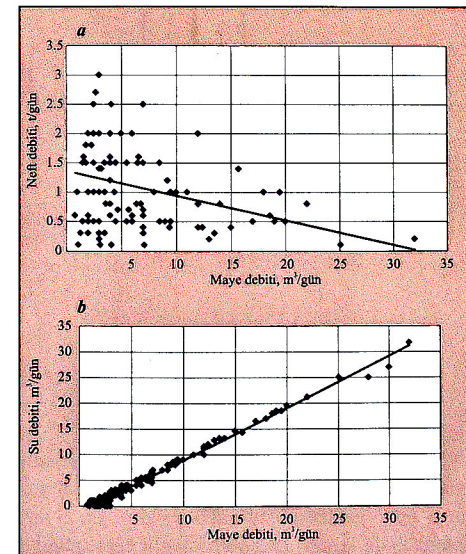
Qeyd olunmalıdır ki, tədbirin səmərəliyinin qiymətləndirilməsi məqsədilə, bir çox tədqiqatçılar neft və su hasilatının müqayisəsini bilavasitə tədbirdən əvvəl və sonrakı dövrlər üçün aparılmasını lazım bilirlər. Bu cür müqayisə adətən bütün yataq üçün deyil, yalnız ayrıca quyular üçün aparılaraq, təsirə məruz qalan quyuların böyük əksəriyyətinin nəticələri nəzərə alınmışdır. Bu zaman debitlərin tədbirlərdən bilavasitə əvvəl və sonrakı müqayisəsi, artma səmərəliyinin müddəti, həmçinin neft debiti və maye tərkibində neftin miqdarının dəyişməsi haqqında birmənalı nəticənin alınmasına imkan vermir və nəticədə baxılan tədbirin səmərəliyi haqqında qəti qərarın verilməsi çətinləşir. Ümumiyyətlə, istənilən texnoloji tədbirin nəticəsi, ayrıca quyular və bütövlükdə yataq üzrə tamamilə fərqli və hətta əks ola bilər. Belə hallarda sistemli yanaşma yolu ilə məsələnin həlli və əsaslandırılmış texnoloji qərarların verilməsi daha məqsədəuyğun ola bilər [4-6].

Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq, bütövlükdə mövcud işlək quyu fondu üzrə hasilat artımının səmərəliyinin və onun nəticəsinin sistemli şəkildə qiymətləndirilməsi məqsədilə, Lökbatan və Qala yataqları quyularının cari istismarının ha-

silat göstəriciləri əsasında passiv mədən eksperimentləri aparılmışdır.

Qeyd olunmalıdır ki, bu yataqlar işlənmənin son mərhələsində istismar olunduqları üçün bu mərhələyə xas olan əsas xüsusiyyətlərlə - kiçik debitlər və yüksək sulaşma qiymətləri ilə səciyyələnir [7].

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, maye hasilatının artırılması üsulunun tətbiqinin əsas şərti kimi, yataq üzrə ümumi maye hasilatı və neft hasilatı arasında müsbət funksional əlaqənin olması qəbul edilir. Amma bu şərtin təcrübə yoxlanılması məqsədilə baxılan yataqdan ümumi hasilatın artırılması üzrə lazımi mədən tədbirlərinin aparılması zəruridir. Lakin məlumdur ki, quyu və avadanlıqların texniki vəziyyətindən tutmuş quyudibi zonasının geoloji-fiziki şəraitinə qədər, uzun müddət işlənmədə olan yataqlara xas bir sıra səbəblərdən, qeyd olunan tədbirlərin tammiqyaslı tərzdə aparılması əhəmiyyətli dərəcədə məhdudlaşmış olur. Buna görə də, sistemli yanaşma yolu ilə bütün baxılan quyular üçün neft, su debitlərinin və sulaşma amilinin ümumi maye hasilatından funksional asılılıqları tərtib edilərək təhlil edilmişdir. Burada istismar obyekti və təxminən eyni şəraitdə işləyən bütün quyulara vahid bir hidrodinamik sistem kimi baxılmışdır. Bu zaman baxılan asılılıqlar laydan maye hasilatının dinamikasını təsvir edir, qrafiklərin hər bir nöqtəsi isə ayrıca quyunun texnoloji rejimini müvafiq olaraq əks etdirir [4].



Şəkil 1. Lökbatan yatağında neft (a) və su (b) debitlərinin maye debitindən asılılığı

Aparılan tədqiqatlara görə Lökbatan yatağı üzrə neft q_n və su q_{su} debitlərinin maye debitindən q_m ümumiləşdirilmiş asılılıqları şəkil 1-də göstərilmişdir.

Göründüyü kimi, Lökbatan sahəsində maye debitinin qiymətlərinin təxminən 1-8 m³/günə qədər intervalında olan asılılıq qeyri-müəyyənliklə xarakterizə olunur. Maye debitinin sonrakı qalan diapazonunda isə asılılığın kifayət qədər düzxətli azalma tərzində dəyişməsi, yəni neftin düşməsi müşahidə olunur. Verilən faktiki qiymətlərlə aparılan riyazi hesablamalar nəticəsində bu asılılıq aşağıda göstərilən xətti tənliklə ifadə oluna bilər:

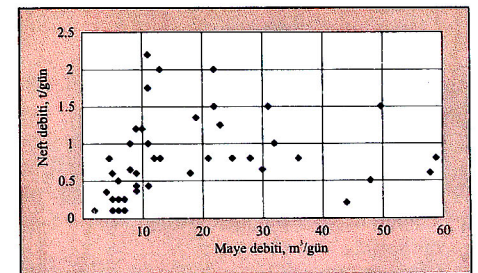
$$q_n = -0.042 q_m + 1.361.$$

Maye debitinin artması ilə su debitinin xətti qanunla artması şəkil 1, b-də kifayət qədər aydın görünür. Asılılığın riyazi modeli aşağıda yazılan xətti tənliklə ifadə olunur:

$$q_{su} = 1.0153 q_m - 1.222.$$

Bu tənliklərin köməyiylə verilən qiymətlər diapazonunda neft və su debitlərinin maye debitinə görə hesablanması mümkündür. Beləliklə, cari istismar rejiminə uyğun faktiki mədən məlumatlarının sistemli təhlili əsasında aparılan tədqiqatların nəticələri, baxılan sahədə hasilatın artırılmasının məqsədəuyğun olmadığını göstərmişdir.

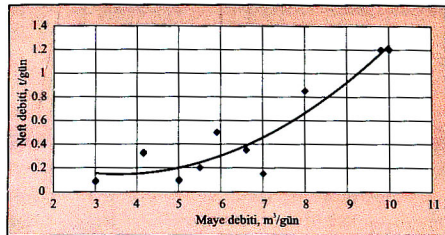
Qala yatağının faktiki mədən məlumatlarının araşdırılması, əsas hasilat göstəricilərinin qiymətlər diapazonu və müvafiq orta qiymətlərinin də Məhsuldar Qatın bölmələri üzrə nəzərəcarpacaq fərqlənməsini göstərmişdir. Belə ki, Üst şöbənin istismarı hasilat göstəricilərinin daha yüksək qiymətlərlə səciyyələnir. Bu da şöbələr üzrə geoloji-fiziki və istismar şəraitinin əhəmiyyətli dərəcədə fərqləndiyini təsdiqləyir. Quyu sayının üst şöbə üzrə ümumi fondun yarısından çox (66 %) olmasını nəzərə alaraq, eləcə də məlumatın bircinsliyi və nəticələrin səhihliyinin təmin olunması məqsədilə, tədqiqatlar şöbələr üzrə ayrılıqda aparılmışdır.



Şəkil 2. Qala yatağında neft debitinin maye debitindən asılılığı

Şəkil 2-də Qala yatağında Üst şöbənin istismar prosesində neft debitinin maye debitləri üzrə paylanma cizgisi verilmişdir. Burada nöqtələrin qeyri-müəyyən səpələndiyi görünür. Lakin mədən verilənlərinin və asılılığın daha dəqiq təhlili, neft debitinin dəyişmə qanunauyğunluqlarının daha səlis olduğu, maye debitinin $10 \text{ m}^3/\text{gündək}$ və $19 \text{ m}^3/\text{gündən}$ yüksək olan qiymətləri aşkarlanmışdır. Ona görə də sonrakı tədqiqatlar məhz həmin qiymətlər intervallarında aparılmışdır.

Neft debitinin dəyişməsinin aşkar edilməsi məqsədilə onun maye debiti və sulaşma faizindən asılılıqları təhlil edilmişdir. Şəkil 3-də maye debiti $10 \text{ m}^3/\text{gün}$ qədər olan quyular üçün neft debitinin maye debiti üzrə dəyişmə qrafiki göstərilmişdir.



Şəkil 3. Qala yatağında neft debitinin maye debitindən asılılığı (maye hasilatı $10 \text{ m}^3/\text{gün}$ ə qədər olan quyular üçün)

Göründüyü kimi, maye debitinin artması ilə neft debitinin bütün qiymətlər diapazonunda artması müşahidə olunur. Bu asılılığın riyazi modeli aşağıdakı kvadrat tənliklə təsvir edilir:

$$q_n = 0.0264 q_m^2 - 0.1878 q_m + 0.4797.$$

Məhsulun sulaşmasının maye hasilatından asılılığının təhlili göstərir ki, hasilatın artması sulaşmanın artmasına deyil, hətta onun azalmasına səbəb olur (şəkil 4).

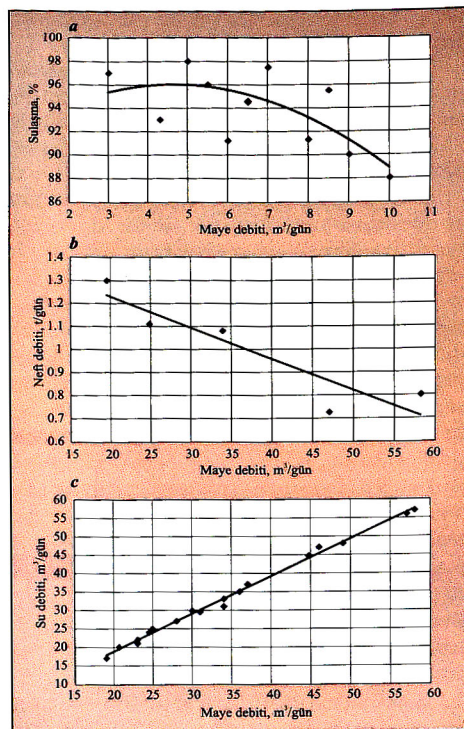
Bu da ümumi maye debitinin artması halında, suyun azalmağa doğru getdiyini göstərir. Sulaşmanın n maye debitindən asılılığının riyazi modeli aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$n = -0.2483 q_m^2 + 2.2996 q_m + 90.708.$$

Alınan tənliklər vasitəsilə baxılan qiymətlər diapazonunda neft debitinin və sulaşmanın qiymətlərini yüksək dəqiqliklə hesablamaq mümkündür.

Maye hasilatı $q_m > 19 \text{ m}^3/\text{gün}$ olan quyular üçün də analoji tədqiqatlar aparılmışdır. Neft debiti orta qiymətinin maye debitindən asılılığı şəkil 4 b-də göstərilmişdir.

Göründüyü kimi, maye debitinin artması ilə neft debiti azalır və bu da ümumi hasilat artımının neft artımına mənfi təsirinə işarə edir. Bu asılılıq



Şəkil 4. Qala yatağında sulaşmanın (maye hasilatı $10 \text{ m}^3/\text{gün}$ ə qədər olan quyular üçün) (a) neft (b) və su (c) debitlərinin ($q_m > 19 \text{ m}^3/\text{gün}$ olan quyular üçün) maye debitindən asılılığı

xətti tənliklə ifadə oluna bilər:

$$q_n = -0.0136 q_m + 1.50.$$

Maye və neft debitləri arasında aşkar olunan mənfi korrelyasiyanın təsdiq edilməsi məqsədilə, eləcə də su debitinin maye debitindən asılılığı da təhlil edilmişdir (şəkil 4, c).

Şəkindən göründüyü kimi, maye debitinin artması ilə su debitinin də birmənalı artması müşahidə olunur. Bu asılılığın riyazi modeli aşağıda yazılan xətti tənliklə təsvir olunur:

$$q_s = 1.017 q_m + 1.464.$$

Alınan tənliklər vasitəsilə baxılan qiymətlər diapazonunda neft və su debitlərinin qiymətlərini yüksək dəqiqliklə hesablamaq mümkündür.

Maye hasilatının $q_m \leq 10 \text{ m}^3/\text{gün}$ intervalında istismar edilən quyular üçün artırılması hesabına, əlavə neft hasilatının mümkün artımı da riyazi hesablamalarla qiymətləndirilmişdir. Bu quyular qrupunun faktiki gündəlik cəm neft hasilatının 9.5 t olmasını nəzərə alaraq, maye hasilatının artı-

rılması zamanı neftin artımı, tədqiqatların göstərdiyi kimi, $1-1.2 \text{ t/gün}$ ə qədər ola bilər. Onda cəm hasilatın miqdarı təxminən 22 t , gündəlik neft artımı isə 13 t -ə bərabər olar. Bütün yataq üçün faktiki gündəlik neft hasilatının 175 t -ə yaxın olmasını nəzərə alaraq, hasilatın artırılması hesabına baxılan quyular üzrə əlavə neft artımı ən azı 7.4% təşkil edə bilər. Bu da baxılan yatağın quyuları üzrə istismar səmərəliliyinin və bütövlükdə neft veriminin artırılması kimi hesab oluna bilər.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, neft hasilatının müəyyən edilən artırılma imkanlarının əsas müsbət nəticələrindən biri də, istismar zamanı su debitinin əhəmiyyətli azaldılmasını qeyd etmək olar. Mədən məlumatlarının araşdırılması göstərir ki, maye debiti $10 \text{ m}^3/\text{gün}$ ə qədər olan quyularda, maye debiti $19 \text{ m}^3/\text{gündən}$ yuxarı olan quyulara nisbətən su debiti 5 dəfəyə qədər kiçikdir. Buna uyğun olaraq, sulaşma da $10 \text{ m}^3/\text{gün}$ maye debitilə işləyən quyularda 9% kiçikdir. Su hasilatının azaldılması isə öz növbəsində mayenin yer səthinə çıxarılmasına sərf olunan enerjinin azalmasına və eləcə də mədən şəraitində lay suyunun utilizasiyasına çəkilən xərclərin aşağı düşməsinə gətirib çıxarır.

Beləliklə, hətta tək hasilat göstəriciləri məlumatlarının əsasında aparılan tədqiqatlar nəticəsində, maye hasilatının artırılması üsulunun Lökbatan sahəsində tətbiqinin səmərəsiz, Qala yatağında

isə maye hasilatının müəyyən diapazonunda, istismar prosesində səmərəli və məqsədəuyğun olmasını hesab etmək olar.

Analoji tədqiqatlar Qala yatağının Alt şöbəsinin istismar prosesi üçün də aparılmışdır. Lakin təhlil nəticəsində neft və maye hasilatları arasında funksional əlaqələr müəyyən edilməmişdir və bu da Alt şöbənin istismarı zamanı maye hasilatının artırılması tədbirinin ümumiyyətlə mənasız olmasını göstərir.

Yekunda qeyd olunmalıdır ki, sistemli yanacaq və riyazi eksperimentlər, quyuların tədqiqatlarında fərdi yanacağın inkar etməyərək, yalnız istismarın strategiyasını istiqamətləndirməyə kömək edir. Alınan riyazi modellərin köməyiylə çıxarılan maye həcminin ən əlverişli hədlərinin təyin olunması və ümumiyyətlə hasilatın idarə olunması mümkün ola bilər. Aparılan bütün tədqiqatlar, əsasən ümumiləşdirilmiş və proqnoz xarakteri daşıyır, alınan nəticələr isə müəyyən dərəcədə hasilatın tənzimlənməsinə və neft debitinin artmasına imkan yaradır.

Təsvir olunan yanacağın sadəliyi, faktiki mədən məlumatlarına münasibliyi və əlavə mədən tədqiqatlarının aparılmasına zərurətin olmaması, digər yataqların işlənməsi və istismarı proseslərində analoji məsələlərin həllində onun tətbiqini məqsədəuyğun edir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Миценко И.Т. Скважинная добыча нефти. – М.: Изд. "Нефть и газ", РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2003, с. 816.
2. Лысенко В.Д., Грайфер В.И. Рациональная разработка нефтяных месторождений. – М.: Недра, 2005, 602 с.
3. Галимов М.И., Рахимкулов Р.Ш. Повышение эффективности эксплуатации нефтяных скважин на поздней стадии разработки месторождений. – М.: Недра, 1978, 207 с.
4. Мирзаджанзаде А.Х., Шахвердиев А.Х. Динамические процессы в нефтегазодобыче. – М.: Изд-во Наука, 1997, 254 с.
5. Амелин И.Д., Сургуев М.Л., Давыдов А.В. Прогноз разработки нефтяных залежей на поздней стадии. – М.: Недра, 1994, 308 с.
6. Ахмедов И.З., Тагиева С.Э. Рациональное регулирование отбора жидкости при эксплуатации высокообводненных скважин // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2016, № 2, с. 25-30.
7. www.socar.az

References

1. Mishchenko I.T. Skvazhinnaya dobycha nefii. – M.: Izd. "Nefi' i gaz", RGU nefii i gaza im. I.M. Gubkina, 2003, s. 816.
2. Lysenko V.D., Grayfer V.I. Ratsional'naya razrabotka neftyanykh mestorozhdeniy. – M.: Nedra, 2005, 602 s.
3. Galyamov M.I., Rakhimkulov R.Sh. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii neftyanykh skvazhin na pozdney stadii razrabotki mestorozhdeniy. – M.: Nedra, 1978, 207 s.
4. Mirzadzhanzade A.Kh., Shakhverdiyev A.Kh. Dinamicheskie protsessy v neftegazodobyche. – M.: Izd-vo Nauka, 1997, 254 s.
5. Amelin I.D., Surguchev M.L., Davydov A.V. Prognoz razrabotki neftyanykh zalezhey na pozdney stadii. – M.: Nedra, 1994, 308 s.
6. Akhmedov I.Z., Tagiyeva S.E. Ratsional'noe regulirovanie otbora zhiskosti pri ekspluatatsii vysokoobvodnyonnykh skvazhin // Azerbaidzhanskoe neftyanoe khozaistvo, 2016, No 2, s. 25-30.
7. www.socar.az