

LAY SULARININ QUYULARA DAXİL OLMASININ SELEKTİV TƏCRİD ÜSULU

Hacıyev H.Q., Əliyev Y.M., Ağayeva G.M., Bağırov Ş.Ə.

Azərbaycan yataqlarının böyük əksəriyyəti müxtəlif keçiricilikli qeyri-bircins laylardan təşkil olunduğundan, quyuların məhsulunun sulaşma ehtimalının tez bir zamanda baş verməsi gözləniləndir. Belə ki, kontur sularının və ya laya vurulan suyun böyük keçiricilikli təbəqə və zonalar vasitəsilə özünə yol taparaq hasilat quyularının quyudibi sahəsinə daxil olması quyuların məhsulunun vaxtından əvvəl sulaşmasına səbəb olur, bununla da məyeni yer səthinə qaldırmaq üçün enerji sərfi çoxalır və ümumən istismar xərcləri kəskin artır, həmçinin neft hasilatı azalır.

Neft laylarında sulaşmış təbəqələrin selektiv təcrid edilməsinin bir çox üsulları məlumdur. [1-6].

Lakin təcrübə göstərir ki, suyun təcrid edilməsi üçün istifadə olunan, selektiv üsullar da daxil olmaqla təcrid texnologiyaları bir çox hallarda su axınının tam bağlanması təmin etmir.

Beləliklə, hasilat quyularının məhsulunun sulaşmasının qarşısının alınması və suyun quyudibi zonaya daxil olmasının yeni səmərəli üsullarla təcrid edilməsi aktual məsələ kimi gündəmdə durur.

Məqalədə quyulara su axınının qarşısını almaq məqsədilə quyudibi zonanın temperaturunun tənzimlənməsinə əsaslanan yeni selektiv təcrid üsulu təklif olunur.

Quyuların uzunmüddətli istismarı nəticəsində sulaşmış təbəqədə adətən qalıq neftin miqdarı minimumadək azalır və neftə görə faza keçiriciliyi sıfıra düşür, suyun faza keçiriciliyi isə maksimuma yüksəlir. Bunu nəzərə alaraq və neftin reoloji xüsusiyyətlərinin temperatur dəyişməsinə həssaslığına əsaslanaraq elə temperatur rejimi yaratmaq lazımdır ki, neftli təbəqədə neft praktiki olaraq süzülmə qabiliyyətini itirsin, sulu təbəqədə isə praktiki olaraq su öz mütəhərrikkliyini saxlasın.

Laydan quyuya su axınının təcrid edilməsinin təklif olunan texnologiyası neftin və suyun bu xüsusiyyətlərinə əsaslanır. Belə ki, Azərbaycanın neft yataqlarının əksəriyyətində neftlər aşağı temperaturda anomal yüksək özlülüyə malikdir və müəyyən təzyiqli qradientində onlar məsələli mühitdə hərəkət qabiliyyətini itirirlər.

Nyuton xassəli neft və lay suyu özlülüklərinin nisbətlərinin qaz faktorundan (Q_f) və temperaturdan (t) asılı olaraq dəyişməsi məlum metodikaya [7] əsasən hesablanmış ($\bar{\mu} = \mu_n/\mu_{su}$) və cədvəl 1-də verilmişdir. Hesablamalar sıxlığı 1083 kq/m^3 olan lay suyu üçün aparılmışdır.

Cədvəl 1

Neftin və suyun özlülüklərinin nisbətini μ_n/μ_{su} temperaturdan t və qaz faktorundan Q_q asılılığını əks etdirən məlumatlar

t, dərəcə	$Q_q, \text{m}^3/\text{m}^3$				
	0	5	10	15	20
5	102.7	88.68	76.71	66.78	36.64
10	91.7	79.38	68.65	60.07	33.41
15	62.05	54.19	47.40	41.70	24.32
20	49.20	43.19	37.98	33.58	20.13
30	32.0	28.37	25.18	22.46	14.19
40	21.73	19.43	17.43	15.65	10.35
50	15.27	13.76	12.42	11.25	7.77
60	11.07	10.05	9.13	8.33	5.98

Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi, temperatur azaldıqca neftin özlülüyü suyunkuna nisbətən daha böyük təplə artır və nəticədə özlülüklərin nisbəti 60°C temperaturda 11.07 təşkil etdiyi halda, 5°C -də 102.7-dək yüksəlir.

Məlum Dyüpi düsturuna əsasən [7] verilmiş lay və quyudibi təzyiqləri fərqi ΔP vahid zamanda laydan quyuya süzülən mayenin həcmi Q , layın keçiriciliyi (k) ilə düz, mayenin özlülüyü ilə (μ) tərs mütənəsidir, yəni:

$$Q = \frac{2\pi kh\Delta P}{\mu l n \frac{R_k}{R_q}} \quad (1)$$

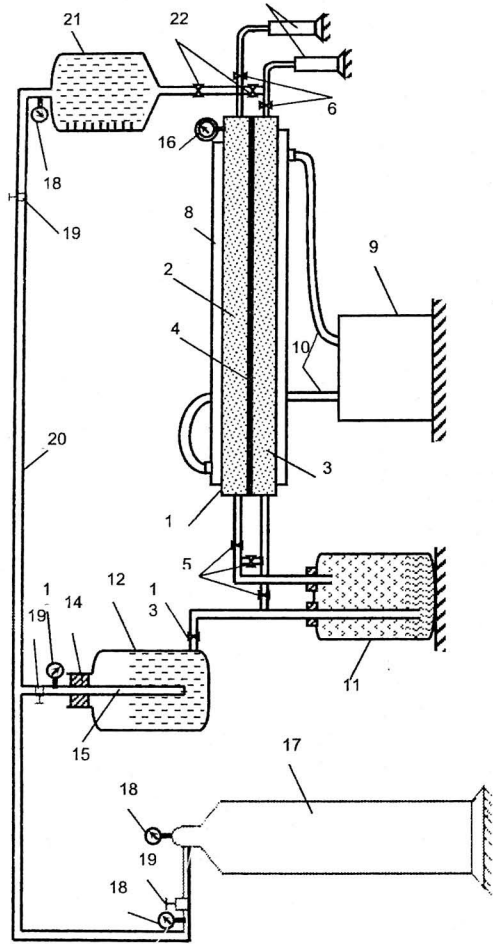
Burada: h - layın qalınlığı; R_k, R_q - müvafiq olaraq layın qidalanma konturunun və quyunun radiusudur.

Bu tənlidən aydın olur ki, neftin özlülüyü 60 dəfə suyunkundan çox olarsa onda layda neftin hərəkəti suyunkundan bir o qədər dəfə zəif olacaq və laya vurulan tamponlayıcı məhlul müqaviməti (özlülüyü) az olan mayeni – suyu sıxışdıraraq onun yerini dolduracaq, neftli hissəyə isə praktiki olaraq daxil olmayacaq, yəni layın sulaşmış hissəsi selektiv olaraq tamponlanacaq.

Məlumdur ki, quyulara su axınının təcrid edilməsində müxtəlif tamponaj məhlullarından istifadə olunur və onlar layın quyudibi sahəsinə müəyyən təzyiqli altında vurulur. Bu zaman əməliyyatın müvəffəqiyyətlə başa çatması üçün əsas tələbat vurulan tampon kütləsinin sulaşmış təbəqəyə daxil olması, neftli təbəqənin isə keçiriciliyinin praktiki olaraq dəyişməz qalmasından ibarətdir.

Təklif olunan texnologiyanın bu şərti ödəməsinə, yəni layın quyudibi sahəsində neftli və sulaşmış təbəqələrin temperaturunun idarə olunmasının mümkünlüyünü yoxlamaq məqsədilə eksperimental qurğuda (şəkil 1) bir sıra tədqiqatlar aparılmışdır.

Texnologiyayı həyata keçirmək üçün layın quyudibi sahəsində temperaturun azaldılması məqsədilə quyuya soyuducu mayenin vurulması nəzərdə tutulur. Bu zaman soyuducu qarışığın tərkibinin seçilməsi və onların miqdarının müəyyən edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bununla bağlı, soyuducu kimi ən yaxşı maye sistem selitra ilə naşatırın müəyyən faizdə su ilə qarışığı hesab edilir [8]. Soyuducunun tərkibi 19,2 faiz selitra, 19,2 faiz naşatır və 61,6 faiz su götürülmüşdür. Təcrübə göstərir ki, komponentlərin bu cür faiz dərəcəsi ən optimaldır və praktikada qənaətbəxş nəticələr verir.



Şəkil 1. Eksperimental qurğunun sxemi.

1-boru; 2-nefli təbəqə; 3-sulu təbəqə; 4-arakəsmə; 5-giriş kranları; 6-çıkış kranları; 7-menzurkalar; 8-termostat köynəyi; 9-termostat; 10-termostatın atqı və qəbul şlanqları; 11-nefli və sulu təbəqələri; qidalandıran sistem; 12-sabit basqı yaranan qab; 13-kran; 14-kipkəc; 15-borucuq; 16-termocüt.

Aparılan tədqiqatlarda seçilən selitra və naşatırın sulu məhlulunun məhz bu faiz dərəcəsinə qarışığından istifadə edilmişdir.

Tədqiqatlar aşağıdakı qaydada aparılmışdır. Əvvəlcə termostat vasitəsilə kolonkada lay temperaturuna müvafiq temperatur yaradılaraq təbəqələrin çıxışındakı kranlar bağlanır, sonra soyuducu maye mənbəyinə birləşdirilərək hər iki təbəqənin ümumi girişindən kranlar açılıb müəyyən həcmdə soyudulmuş məhlul vurulur və termometr vasitəsilə nefli təbəqənin temperaturuna nəzarət edilir. Təbəqədəki neftin temperaturu lazımı səviyyəyədək düşdükdən sonra soyuducu maye mənbəyi sistemdən ayrılır və təbəqələrin çıxışından tampon kütləsi vurularaq kranlar bağlanır. Tampon kütləsinin bərkiməsi üçün lazım olan müddət keçdikdən sonra termostat işə salınaraq lay temperaturu bərpa olunur və sonra çıxışdakı kranlar açılaraq süzülmə prosesi əvvəlki qaydada bərpa olunur.

Qeyd edək ki, eksperimentlər laboratoriya şəraitində iki-təbəqəli lay modelində aparılmışdır (bax şəkil 1). Model diametri 0.05 m, uzunluğu 0.7 m olan silindrik borunun daxilində müxtəlif ölçülü qumlardan təşkil olunmuş və lövhə ilə bir-birindən ayrılmış iki müxtəlif keçiriciliyə malik məsələli mühitdən ibarətdir. Bu təbəqələrin girişləri ümumi olub fərdi çıxışlara malikdirlər. Təbəqələrin keçiriciliklərinin nisbəti $\frac{k_1}{k_2} = 5.0 : 1.2$ təşkil etmiş, onlar vakuum altında su ilə hopdurulmuş, sonra isə su neftlə sıxışdırılaraq qalığı su yaradılmışdır.

Beləliklə, yüksək keçiricilikli təbəqənin neftlə doyması 92%, kiçik keçiriciliklininki isə 85% təşkil etmişdir. Bundan sonra hər iki təbəqədən neft eyni təzyiq altında ümumi girişdən vurulan su ilə sıxışdırılmağa başlanmışdır. Sıxışdırılma prosesi yüksək keçiricilikli təbəqədən neft 98% sıxışdırılanadək, yəni çıxışdan ancaq su gələndə davam etdirilmişdir. Bu vaxt ərzində az keçiricilikli təbəqədən neftin yalnız 19%-i sıxışdırıla bilmişdir və onun çıxışından susuz neft gəlməkdə davam etmişdir. Belə şəraitdə təklif olunan üsulla hər iki təbəqənin çıxışından onların məsələlərinin həcmnin 50 % miqdarında soyuducu tərkib vurub,

iki saatdan sonra tampon yaradıcı tərkib vurularaq selektiv təcrid əməliyyatı aparılmışdır. Əməliyyatdan 12 saat sonra neftin laydan sıxışdırılması əvvəlki qaydada bərpa olunmuşdur.

Aparılmış əməliyyatın nəticəsi təbəqələrdən süzülən mayələrin (neftin və suyun) sərfələrinin ölçülməsi əsasında qiymətləndirilir.

Əgər neftli təbəqədən süzülmə əhəmiyyətsiz dərəcədə azalib suyun sərfi isə tamam kəsilibsə nəticə çox yaxşı hesab edilir. Yox əgər hər iki təbəqənin süzülməsi kəskin azalıbsa onda nəticə qanədici sayıla bilməz. Ən yaxşı nəticə neftli təbəqənin süzülməsinin sabit qalması və suyunun tamam kəsilməsi halı sayılmalıdır.

Təcrübələr soyuducu tərkibin həcmi dəyişdirməklə bir neçə dəfə təkrarlanmışdır.

Təcrid əməliyyatları aparılan təcrübələrdə lay temperaturu 40-50 °C təşkil etmiş, qalan təcrübələrdə isə temperatur 10-60 °C intervalında dəyişmişdir.

Aparılmış tədqiqatların nəticələri cədvəl 2-də verilir.

Cədvəl 2

Təbəqələrdən süzülmənin nəticələrini əks etdirən məlumatlar

Təcrübə №-si	Soyuducu tərkibin miqdarı, məsamələrin həcmi-nin hissəsi	Təbəqələrdən süzülmənin nisbəti $Q_{su} : Q_n$		Suyun süzülməsinin azalması $(R_1 - R_2)/R_1, \%$
		əvvəl - R_1	sonra - R_2	
1	-	16,2	10,8	33,2
2	0.01	15.3	6.7	56.2
3	0.04	13.6	2.9	78.7
4	0.05	14.1	1.7	92.2
5	0.06	12.8	0.6	95.3
6	0.07	14.7	0.75	95.6

Cədvəl 2-dən görüldüyü kimi, sulaşmış laydan süzülən mayenin miqdarı neftli laydan süzülməyə nisbətən 13-14 dəfə çox olduğu halda, təklif olunan üsulun tətbiqindən sonra bu gös-

tərici 0.6-dək azalır, yəni prosesdən sonra sulaşmış təbəqədən süzülmə praktiki olaraq kəsilir, temperatur tənzimlənmədikdə isə sulaşmış təbəqədən süzülmə neftli təbəqədən süzülməni 10,8 dəfə üstələyir, yəni təklif olunan selektiv təcrid texnologiyasının səmərəliliyi 60% artır.

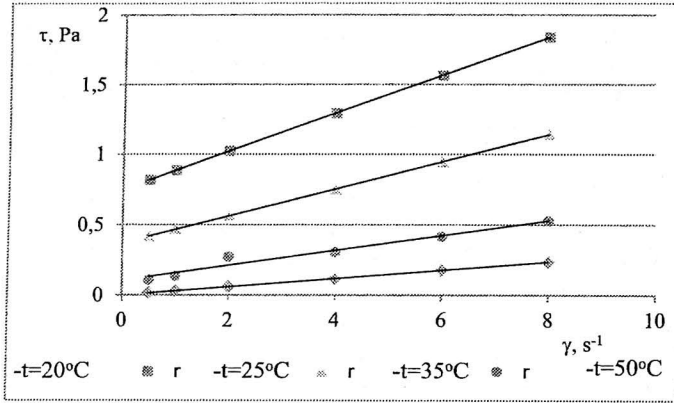
Qeyd etmək lazımdır ki, ekperimental qurğu neftli və sulu təbəqələrin bir-birinə nisbətən yerləşməsi hallarına da baxılmasına imkan verir.

Müxtəlif temperatur rejimlərində neftin sürüşmə gərginliyinin sürət qradiyentindən asılılığı tədqiq edilmiş, alınan nəticələrə əsasən müxtəlif temperatur rejimlərində neftin sürüşmə gərginliyi ilə sürət qradiyenti arasında asılılıqlar qurulmuşdur (şəkil 2).

Texnologiyanın məğzi ondan ibarətdir ki, layın quyudibi zonasında flüidlərin vurulan naşatır və selitra məhlulları vasitəsilə soyudulması nəticəsində ayrı-ayrı təbəqələrdə yerləşən neftin və suyun reoloji xassələri fərqli templərlə dəyişir, yəni soyuduqda neftin özlülüyü daha çox artaraq sonradan vurulan polimer məhlulunun neftli zonaya daxil olmasını əngəlləyib, sulaşmış zonaya getməsinə təmin edir, bununla da sonradan yüksək təzyiqlə vurulan turşu məhlulunun hər iki zonaya yeridilməsinə şərait yaranır.

Təklif olunan texnologiyayı həyata keçirmək üçün quyuya su əsaslı soyuducu qarışığın vurulmasından əvvəl quyudan neftin nümunəsi götürülərək temperaturdan asılı olaraq onun reoloji xassələri təyin edilir və bunun əsasında aparılacaq prosesin planı tərtib edilir. Əgər hər hansı səbəbdən belə nümunələrin götürülməsi və laboratoriya tədqiqatlarının aparılması mümkün olmazsa, onda neftin reoloji xarakteristikası mədən məlumatları əsasında hesablama yolu ilə qiymətləndirilə bilər [2].

Neftin laboratoriya şəraitində reoloji parametrlərinin təyin edilməsində təkmilləşdirilmiş kapilyar vizkozimetr qurğusundan istifadə edilmişdir [9].

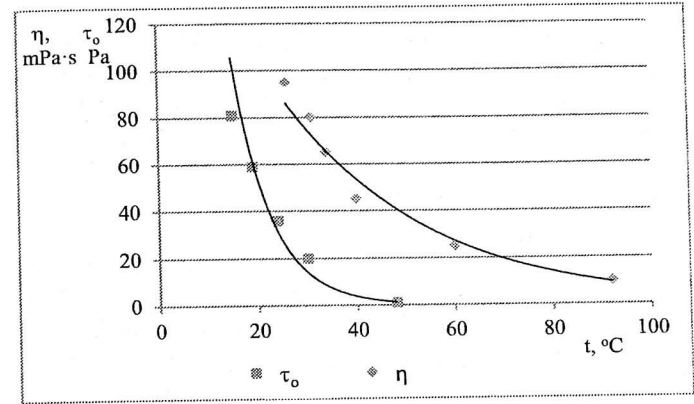


Şəkil 2. Müxtəlif temperatur rejimlərində neftin sürüşmə gərginliyinin sürət qradiyentindən asılılığı

Tədqiqatlar "Neft daşları" NQÇİ-nin "Palçıq Pilpəsi" yatağı nefti üçün aparılmış və şəkil 3-də statik sürüşmə gərginliyinin və struktur özlülüyün temperaturdan asılılığı verilmişdir.

Göründüyü kimi, bu neft 40°C-dən aşağı temperaturlarda qeyri-Nyuton xassəli olub başlanğıc sürüşmə gərginliyi temperatur düşdükdə kəskin artır ki, bu da onun məsələli mühitdə hərəkət etməsi üçün yüksək təzyiqradiyentinin yaradılmasını tələb edir. Yaradılan təzyiqradiyenti aşağıdakı məlum ifadədən təyin edilən qiymətdən çox olduqda bu neft layda hərəkət edə bilər, əks halda neftin süzülməsi baş verməyəcək.

Qeyd etmək lazımdır ki, soyuducu qarışığın quyudibi sahəyə vurulması elə sürətlə həyata keçirilməlidir ki, neftli təbəqədə yaranan təzyiqradiyenti (repressiya) nefti quyudibi dibindən laya doğru hərəkət etdirə bilməsin. Bu halda yaranan repressiya su əsaslı soyuducu tərkibin ancaq sulu təbəqəyə daxil olmasını təmin edəcək. Bunu nəzərə alaraq layda neftin tərkibinin dəyişməsinin mümkün olmadığı qəbul edilir.



Şəkil 3. Neftin struktur özlülüynün və başlanğıc sürüşmə gərginliyinin temperaturdan asılılığı

Qeyd etmək lazımdır ki, Azərbaycanın neft yataqlarının böyük əksəriyyətinin neftləri nisbətən alçaq temperaturda qeyri-Nyuton xassəyə malik olub, onların layın çox kiçik ölçülü məsələlərində süzülməsi üçün çox böyük təzyiqradiyentinin yaradılmasını tələb edir. Misal üçün, bunu şəkil 3-də verilən qrafikdən də aydın görmək olar.

Qeyd etmək ki, göstərilən qrafiklər ümumi şəkildə eksponensial asılılıq kimi ifadə oluna bilər. Sürüşmə gərginliyi və struktur özlülüynü üçün asılılıqları aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$\tau_0 = ae^{-bt} - c \quad (2)$$

$$\eta = ze^{-nt} \quad (3)$$

burada: η , τ_0 , t - müvafiq olaraq struktur özlülük, statik sürüşmə gərginliyi və temperaturdur.

Fiqurdakı asılılıqlardan aydın olur ki, 30°C temperaturda neftin statik sürüşmə gərginliyi $\tau_0 = 15,0$ Pa təşkil edir. Uzun-

luğu l , radiusu r olan kanalda belə neftin axması üçün tələb olunan minimal təzyiqlər fərqi aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$\Delta P = \frac{2l\tau_0}{r} \quad (4)$$

Bu düstur dairəvi en kəsiyinə malik olan kanallar üçündür. Neft layının məsaməli kanalları üçün ekvivalent radius r_e , keçiricilik əmsalı k və məsaməlilik m əmsallarına əsasən aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$r_e = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (5)$$

Bunu nəzərə alaraq məsamələrdə nefti hərəkətə gətirmək üçün tələb olunan təzyiq qradiyentini tapmaq üçün aşağıdakı ifadəni alırıq [10]:

$$\text{grad}P = \frac{\Delta P}{l} = \frac{\alpha\tau_0}{\sqrt{k}} \quad (6)$$

neftli təbəqə üçün:

$k = 0.1 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$ qəbul etsək, və $\alpha = 0,017$ götürsək, onda

$$\frac{\Delta P}{l} = \frac{0,017 \cdot 15.0}{\sqrt{0.1 \cdot 10^{-12}}} = \frac{0.255}{0.316 \cdot 10^{-6}} = 0.8 \text{ MPa/m}$$

alırıq. Quyuya vurulan tampon məhlulunun özlülüyü $0.01 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, onun laya vurulma tempi $Q = 0.005 \text{ m}^3/\text{san}$ və layın sulaşmış hissəsinin keçiriciliyi k olarsa, onda quyudibi sahədə yaranan təzyiq qradiyenti $\frac{\Delta P}{l}$ aşağıdakı düsturla hesablanır

$$\frac{dP}{dR} = \frac{\Delta P}{l} = \frac{\mu Q}{2\pi khR} \quad (7)$$

Buradan sulaşmış təbəqənin keçiriciliyini neftli təbəqənin keçiriciliyinə nisbətən on dəfə çox qəbul edərək layın soyudulma radiusunu tapmaq olar:

$$R = \frac{\mu Q}{2\pi kh \frac{\Delta P}{l}} = \frac{0.01 \cdot 0.005}{2 \cdot \pi \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 0.8 \cdot 10^6} = \frac{5 \cdot 10^5}{6.28 \cdot 0.8 \cdot 10^{-5}} = 0.99 \text{ m}$$

Quyunun radiusunu 0.15 m , məsaməlilik əmsalını $m = 0.25 \text{ m}$ qəbul etsək, onda layın soyudulan həcmi

$$V = \pi(R^2 - R_q^2) \cdot h \cdot m = \pi(0.99^2 - 0.15^2) \cdot 10 \cdot 0.25 = 8.0 \text{ m}^3 \text{ olar.}$$

Beləliklə, quyuda lay suyunun təklif olunan texnologiyanın tətbiqi ilə təcrid edilməsi üçün quyuatrafı zonanı $\Delta R = (R - R_q) = 0.99 - 0.15 = 0.84 \text{ m}$ radiusda 30°C -dək soyutmaq kifayətdir.

Texnologiya aşağıdakı kimi həyata keçirilir: laya kritik təzyiq düşgüsündən aşağı təzyiqlə "İonemer BO-65" polimer məhlulu, ayırıcı maye yüngül neft və kritik təzyiq düşgüsündən yüksək təzyiqlə xlorid turşusu məhlulunun 40:10:50 nisbətində vurulmasından əvvəl quyuya naşatır, selitra və sudan ibarət soyuducu qarışıq vururlar, 3-4 saat soyuma getdikdən sonra kritik təzyiq düşgüsündən aşağı təzyiqdə polimer məhlulunu və ayırıcı mayeni, quyudibi sahədə flüidlərin əvvəlki temperaturu bərpa olunanaqəz gözləyib sonra xlorid turşusunu kritik təzyiqdən yüksək təzyiqlə vururlar.

Bu zaman kritik təzyiq düşgüsünün qiyməti neftin başlanğıc sürüşmə gərginliyinə əsasən (6) ifadəsindən təyin edilir.

Soyuducu qarışığın komponentlərinin miqdarı aşağıdakı kimi götürülür (kütlə %-lə): Naşatır - 19.2, Selitra - 19.2, Su - 61.6

Başlanğıc sürüşmə gərginliyi əməliyyat həyata keçiriləcək quyunun neftinin viskozimetr vasitəsilə aparılan eksperimentlər əsasında qurulmuş $\tau_0 = f(t)$ asılılığından tapılır.

Soyuducu qarışığın həcmi layda neftin və suyun özlülük-lərinin nisbətini hesablanmış həddə çatdıran miqdarda götürülür. Soyuducu və tampon yaradan məhlullar quyuya layın hidravlik yarılmasından aşağı təzyiqlə vurulur.

Texnologiyanın tətbiqindən alınan səmərə suyun təcrid edilməsi nəticəsində ümumi maye həcmiminin azaldılması ilə onun yer səthinə qaldırılması üçün sərf olunan enerjiyə qənaət və eyni zamanda neft hasilatının artması hesabına yaranır.

Ədəbiyyat

1. Hüseynov F.Ə., Kazımov Ş.P. Karbohidrogen yataqlarının lay suları və işlənmənin texniki-iqtisadi göstəriciləri. Bakı, NQETLİ-nin nəşriyyatı, 2010, 212 s.
2. Salavatov T.Ş., Əliyev Y.M., Kazımov Ş.P. və b. Quyulara su axınının təcrid edilməsi üsullarının səmərəliliyinə dair // Azərbaycan neft təsərrüfatı. -2011. -№1. - s. 21-26.
3. Земцов Ю.В., Тимчук А.С., Акинин Д.В и др. Ретро-спективный анализ методов ограничения водопритоков, перспективы дальнейшего развития в Западной Сибири // Нефтепромысловое дело. -М.:ВНИИОЭНГ. -2014. -№4. -с.17-22.
4. Ильгильдин Р.Ф. Эффективность ремонтно- изоляционных работ на Оренбургском НГКМ // Нефте-промысловое дело. -М.:ВНИИОЭНГ. - 2008. - №11. - с.-42-44.
5. Стрижнев К.В. Классификация тампонажных материалов для ремонтно-изоляционных работ в скважинах // Нефтяное хозяйство. -2010, -№12, -с. 63-65.
6. Трушкова Н.А. Повышение эффективности ремонтно-изоляционных работ на нефтяных скважинах пермского края // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. - М.:ВНИИОЭНГ. -2011. -№4.- с. 21-24.
7. Справочная руководство по проектированию раз-работки и эксплуатации нефтяных месторождений. Добыча нефти / под редакцией д-ра техн. наук Ш.К. Гиматудинова. М.: Недра. -1983. – 456 с.

8. Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Крат-кий справочник по химии. Изд-во АН Украинской ССР, Киев, 1963.

9. Əliyev Y.M., Hacıyev H.Q., Bağırov Ş.Ə. Kapilyar visko-зиметр // Azərbaycan Respublikası patenti. İ 2014 0024. İlklik 2017.

10. Мирзаджанзаде А.Х., Аметов И.М., Ковалев А.Г. Физика нефтяного и газового пласта. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2005. 280 с.