

İşlənmənin son mərhələsində olan neft yataqlarına polimer əsaslı məhlullarla təsiretmədə qalıq ehtiyatların çıxarılma imkanlarının qiymətləndirilməsi

X.A. Feyzullayev, t.e.d.¹,**M.S. Xəlilov**, f.-r.e.n.²,**A.A. Dəmirov**, t.ü.f.d.³¹"Neftqazəlmətdiqatlayihə" İnstitutu,²Bakı Dövlət Universiteti,³Lənkəran Dövlət Universiteti**Açar sözlər:** polimer əsaslı məhlul, qalıq neft ehtiyatı, lay suyu, cari neftvərmə əmsalı, qeyri-bircins kollektor.**DOI.10.37474/0365-8554/2023-06-07-35-43**

e-mail: : feyzullayevxasay@gmail.com

Оценка возможности извлечения остаточных запасов при воздействии полимерными растворами на завершающей стадии разработки нефтяных месторождений

X.A. Фейзуллаев, д.т.н.¹, М.С. Халилов, к.ф.-м.н.², А.А. Дамиров, д.ф.т.н.³¹НИПИнефтегаз,²Бакинский государственный университет,³Ланкаранский государственный университет**Ключевые слова:** раствор на полимерной основе, остаточные запасы нефти, пластовая вода, текущий коэффициент нефтеотдачи, неоднородный коллектор.

Предложена двухфазная четырехкомпонентная расчетная модель фильтрации, позволяющая оценить возможность извлечения остаточных запасов при воздействии полимерными растворами на завершающей стадии разработки нефтяных месторождений. На её основе путем снижения степени минерализации воды, входящей в полимерный раствор, до степени минерализации пластовой воды, путем направления его потока на участки коллектора, хорошо смачиваемые водой, за счет закрытия этих частей, была установлена возможность обеспечения полного вытеснения запасов нефти и интенсификации добычи.

Estimation of the possibility of recovering residual reserves under the influence of polymer solutions at the final stage of oil field development

Kh.A. Feyzullaev, Dr. in Tech. Sc.¹, M.S. Khalilov, Cand. in Phys.-Math. Sc.², A.A. Damirov, PhD in Tech. Sc.³¹"Oil-Gas Scientific Research and Design" Institute,²Baku State University,³Lankaran State University**Keywords:** polymer-based mud, residual oil reserves, produced water, current oil recovery factor, heterogeneous reservoir.

A two-phase four-component calculation model of filtration, which allows to estimate the possibility of extracting residual reserves when exposed to polymer solutions at the final stage of oil field development is suggested. On its basis, by reducing the degree of mineralization of the water entering the polymer solution to the degree of mineralization of formation water, by directing its flow to the parts of the collector that are well wetted by water, due to the closure of these parts, the possibility of ensuring the complete displacement of oil reserves and intensification of production was defined.

Neft yataqlarının işlənməsi zamanı lay təzyiqinin saxlanılması və neftvərmə əmsalının artırılması məqsədi ilə laya su və ya müxtəlif əlavələr vurulur. Bu proses səmərəli olsa da, onun tətbiqi nəticəsində layda iki tip qalıq neft formalaşır. Birinci tip qalıq neft layın su ilə yuyulmuş zonalarında yaranır və ilkin neftlə müqayisədə məsamələrdə və süxur səthində kifayət qədər ağır komponentləri (qatran, asfaltən, parafin) özündə saxlayır [1].

Məsəməli mühitdə flüidlərin vəziyyəti süxur səthinin islanması ilə təyin edilir [2, 3]. Hidrofil süxurda su kollektorun səthinə isladır, bu halda layın məsəmə boşluqlarında bloklanan fərdi qanqlionları təmsil edən qalıq neft məsəmə boşluqlarının daxili hissəsi ilə sıxışdırılır. Hidrofob süxurda isladan maye neft olur və qalıq neft süxurun səthində təbəqə şəklində toplanır.

Birinci tip qalıq neftin yaranma səbəbləri su-neft-süxurun ayrılma sərhədində yüksək fazalararası səthi gərilmənin və neftin süxurlarla kifayət qədər cəm kontakt səthinin olmasıdır [4]. Kapilyar saxlanılma və təbəqə nefti bütün qalıq neftin demək olar ki, əsas hissəsini təşkil edir.

İkinci tip qalıq neft yatağın ilkin neftindən az fərqlənir və qeyri-bircins kollektorlardan neftin tam sıxışdırılmaması nəticəsində yaranır. Bu tip qalıq neftin formalaşmasının səbəbləri süxur-kollektorun qeyri-bircinslik quruluşu (müxtəlif keçiricilikli zonaların mövcudluğu), həmçinin sıxışdırılma və sıxışdırılan flüidlərin süzülmə qanunauyğunluqlarının müxtəlif olmasıdır [5]. İkinci tip qalıq neftlərə aiddir: zəif keçiricilikli layeqlərdə və su ilə əhatə oluna bilməyən lay hissələrində qalan neft; bircins laylarda durğun zonalardakı neft; quyular ilə açılmayan linalar və keçirməyən ekranlarda qalan neft [4, 6]. Yəni ikinci tip qalıq nefti layın su ilə əhatə əmsalının artırılması ilə işlənməyə cəlb edilə bilən əsas ehtiyatlar kimi qəbul etmək olar.

Qalıq neftin çıxarılması probleminin həlli üçün çoxsaylı təsir üsulları işlənmiş və mədənlərdə sınaqdan çıxarılaqla sənaye miqyasında tətbiq olunmuşdur [7–9]. Qalıq neftin çıxarılmasının təmin olunması üçün mövcud təsir üsullarını aşağıdakı şəkildə klassifikasiya etmək olar:

- istilik üsulları: məhsuldar laya bilavasitə istiliyin daxil edilməsi və ya onun ötürülməsi yerinə yetirilir. Bu üsullara tsiklik və ya kəsilməz buxarın vurulması, isti suyun vurulması, laydaxili yanma aiddir;
- qaz üsulları: laya CO₂-qazının, azotun, karbohidrogen və dəm qazının vurulması aid edilir;
- fiziki-kimyəvi üsullar: hidrofil süxurda neftin bloklanma dərəcəsinin azaldılması üçün laya fazalararası səthi gərilməni aşağı salan reagentlərin vurulmasına baxılır. Həmçinin süzülmə axınlarının dəyişdirilməsi və suyun qəbul edilməsinin profilinin bərabərləşdirilməsi üçün polimer və digər kimyəvi reagentlərdən istifadə edilir.

Fiziki-kimyəvi üsulların tətbiqilə qalıq neftin çıxarılmasında istifadə olunan texnologiyalar SAM qarışıqlarla, qələvilərlə, polimer dispers sistemlərlə, gel və çökmə yaradan reagentlər və polimer qarışıqlarla təsirə əsaslanır [4, 10].

Bu üsulların içərisində ən çox tətbiqini tapan polimerlərlə təsir üsuludur. Polimerli suvurmada çoxsaylı polimer reagentlər istifadə olunur və onların tətbiqinə əsaslanan aşağıdakı bir neçə əsas üsul mövcuddur [9, 11]: su və neftin hərəkətliyi nisbətini azaldan polimer reagentlərin tətbiqi üsulu; layın həm dərinliyi üzrə və həmçinin quyudibi zonanın işlənməsində yüksək keçiricilikli zonaları bağlamaq məqsədi ilə polimer sistemləri çarpaz tikə bilən təsir üsulu.

Neftin və vurulan suyun özlülükləri nisbəti neft hasilatının artırılmasında vacib amillərdən hesab edilir. Laya vurulan suya yüksəkmolekullu polimerlər əlavə edildikdə sıxışdırılan flüidin özlülüyü artırılır və nəticədə neftin sıxışdırılma cəbhəsi kifayət qədər düzgün (müntəzəm) hala gəlir [12].

Qalıq neftin çıxarılma şəraitinin mürəkkəbliyi polimer reagentlərin tətbiqinə və onların daha da təkmilləşdirilməsinə kifayət qədər böyük tələblər təqdim edir və onların yaradılmasına yeni yanaşmaların işlənilməsinin zəruriliyini şərtləndirir. Kapilyar saxlanılma və təbəqə neftinin, həmçinin zəif keçiricilikli kollektorlarda və su ilə əhatə oluna bilməyən lay hissələrində qalan neftin ümumi ehtiyatın daha çox hissəsini təşkil etdiyindən təsiretmə zamanı yüksək nüfuzetmə qabiliyyətli nanostrukturulu reagentlərin tətbiqi böyük əhəmiyyət daşıyır. Nanohissəcik əsaslı reagentin neftçixarma sənayesində praktik tətbiqi demək olar ki, öz əksini çox az tapmışdır. Halbuki müxtəlif əsasda nanomaterialların mövcud sintez üsulları mövcud reagentlərin sintezindən əvvəl konkret üstünlüklərə malikdir. Nanohissəcikin neftlədoymulu kollektorun kiçik məsəmələrinə daxilolma xüsusiyyəti indiki mövcud texnologiyaların tətbiqlə mümkün olmayan hasilatın əldə edilməsi ilə müqayisədə kifayət qədər böyük neft ehtiyatlarının işlənməyə daxil edilməsinə imkan verir.

Nanohissəcik əsaslı polimer sistemlərin seçilməsi (hazırlanması) və onların sulu məhlulu ilə laya təsirdə süxur səthində və məsəmə kanallarında toplanan qalıq neftin çıxarılma əmsalının 0.2–0.25 artımına nail olmaq mümkündür [13].

Bu məqsədlə süxur-kollektorun mineraloji tərkibini nəzərə almaqla laya polimer əsaslı məhlullarla təsiretmədə qalıq neft ehtiyatlarının işlənməyə cəlb edilməsi ilə neftveriminin artırılması imkanlarının proqnoz qiymətləndirilməsi aktuallıq kəsb edir.

Məsələnin qoyuluşu

Gilli neft layına polimerlə təsirə baxılır. Layda vurucu və hasilat quyuları yerləşir. Vurucu quyularda laya vurulan polimer məhlulunun miqdarı verilir. Layın vəziyyətinə uyğun sıxışdırılma prosesi rejimində hasilat quyularından hasil olunan fazaların və işlənilmənin digər texniki-texnoloji göstəricilərinin təyin olunması tələb olunur.

Proses hər bir faza üçün kəsilməzlik, süzülmə qanununun, fazaların hal tənliklərinin, sulu fazada duz və polimerin konsentrasiyası tənliklərinin və fazalar arasındakı doyma tənliyinin birgə kombinasiyası əsasında təklif olunan ikifazlı dörd komponentli model əsasında təsvir edilmişdir [14–17]:

$$\frac{\partial}{\partial t} [ms + \omega] + \text{div} U_{su} = \sum_{c=1}^{n_1} Q_{csu}^v(t) \delta(x - x_c^v, y - y_c^v) + \sum_{l=1}^{n_2} Q_{lsu}^h(t) \delta(x - x_l^h, y - y_l^h), \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} [m(1-s)] + \text{div} U_n = \sum_{l=1}^{n_2} Q_{ln}^h(t) \delta(x - x_l^h, y - y_l^h), \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} [mcs + mr_1(1-s) + a_s] + \text{div}(cU_{su} + r_1U_n) = \text{div}(D_s \text{grad}c) + \sum_{c=1}^{n_1} cQ_{csu}^v(t) \delta(x - x_c^v, y - y_c^v) + \sum_{l=1}^{n_2} (cQ_{lsu}^h(t) + r_1Q_{ln}^h(t)) \delta(x - x_l^h, y - y_l^h), \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} [mbs + mr_2(1-s) + a_p] + \text{div}(bU_{su} + r_2U_n) = \text{div}(D_p \text{grad}b) + \sum_{c=1}^{n_1} bQ_{csu}^v(t) \delta(x - x_c^v, y - y_c^v) + \sum_{l=1}^{n_2} (bQ_{lsu}^h(t) + r_2Q_{ln}^h(t)) \delta(x - x_l^h, y - y_l^h), \quad (4)$$

$$s(x, y, t)|_{t=0} = s_0(x, y), \quad c(x, y, t)|_{t=0} = c_0(x, y), \quad b(x, y, t)|_{t=0} = b_0(x, y), \quad (0 \leq x \leq l_x; 0 \leq y \leq l_y), \quad (5)$$

$$\left. \frac{\partial p_{su}}{\partial x} \right|_{x=0, l_x} = 0, \quad \left. \frac{\partial b}{\partial x} \right|_{x=0, l_x} = 0, \quad \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=0, l_x} = 0, \quad \left. \frac{\partial p_{su}}{\partial y} \right|_{y=0, l_y} = 0, \quad \left. \frac{\partial b}{\partial y} \right|_{y=0, l_y} = 0, \quad \left. \frac{\partial c}{\partial y} \right|_{y=0, l_y} = 0, \quad 0 \leq x \leq l_x, \quad 0 \leq y \leq l_y, \quad 0 \leq t \leq T, \quad (6)$$

burada

$$U_l = \begin{cases} -\frac{kf_l(s, b, c)}{\mu_l(s, b, c)} \text{grad}p_l \left[1 - \frac{G_l}{\text{grad}p_l} \right], & \text{grad}p_l > G_l; p_n - p_{su} = \sigma \sqrt{\frac{m}{k}} J(s, b, c); \\ 0, & \text{grad}p_l < G_l, G_l = G_l(s, b, c) \end{cases} \quad (7)$$

$$m = m(s, b, c); \omega = \omega(s, b, c); a_s = a_s(s, c); a_p = a_p(s, b, c);$$

burada U_l – fazaların süzülmə sürəti ($l = su, l = neft$; $s - su$ ilə doyma; $(l - s) - neftlədoyma$; $\omega - gələ adsorbsiya olunmuş suyun miqdarı$; c və b, r_2 və $r_1 - uyğun olaraq su və neftdə duzun və polimerin konsentrasiyaları$; a_s və $a_p - sorbsiya olunmuş suyun və polimerin miqdarı$; $k - mütləq keçiricilik$; $\mu_l(l = su, h) - fazaların özlülüyü$; $f_l(l = su, h) - nisbi faza keçiricilikləri$; $G_l(l = su, h) - süzülmənin başlanğıc qradienti$; $p_l(l = su, h) - fazalarda təzyiq$; $\sigma - fazaların ayrılma sərhədində səthi gərilmə$; $J - Leverett funksiyası$; m_1 və $m_2 - uyğun olaraq vurucu və hasilat quyularının sayı$; (x_c^v, y_c^v) və $(x_l^h, y_l^h) - vurucu və hasilat quyularının koordinatları$; $Q_{csu}^v(t) - layın vahid hündürlüyündə i -ci vurucu quyunun suya görə həcmi sərfi$; $Q_{ln}^h(t)$ və $Q_{lj}^h(t) - layın vahid hündürlüyündə j -cu hasilat quyusunun su və neft fazalarına görə həcmi debitləri$; $m - məsəməlik$; $t - zamandır$.

(1)–(7) tənliklər sistemində naməlum kəmiyyətlər su ilə doyma (s), su fazasında duz (c) və polimer

konsentrasiyası (b) və su fazasının (p_w) təzyiqidir.

(1)–(7) hidrodinamik məsələsinə “təzyiqə görə qeyri-aşkar, su ilə doyma, duz və polimer konsentrasiyasına görə aşkar” sonlu fərqlər sxeminin tətbiqi onun həllini tapmağa imkan verir. Təzyiqə görə sonlu fərqlər sxemi iterasiyalı nöqtəvi Yakobi üsulu ilə, su doyma və su fazasında duz və polimer konsentrasiyasına görə isə Eyles üsulu ilə həll edilir [14, 16].

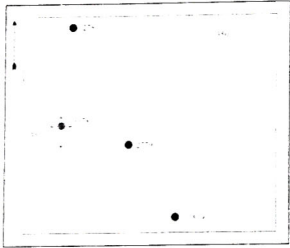
Qalıq neftin polimer əsaslı məhlullarla sıxışdırılmasında neftveriminin proqnozu

Hesablama modelinə əsasən, neft hasilatının artırılması imkanlarının qiymətləndirilməsi üçün neftin su ilə sıxışdırılmasının baza variantı ilə müqayisədə neftin polimer əsaslı məhlullarla sıxışdırılmasının test hesablamaları aparılmışdır.

Polimer əsaslı məhlul ilə laya təsir üsulunun tətbiqində səmərəliyin təmin olunması üçün layın geoloji-fiziki şəraitini xarakterizə edən parametrlər cədvəl 1-də təqdim olunan şərtlərə uyğunluğu ödəməlidir.

Cədvəl 1

Parametrlər	Polimer bağlayıcı sistem ilə təsir
Kollektorun tipi və fiziki-kimyəvi xassələri	Terrigen və karbonat süxur, çatlılığı da ola bilər. Gillilik 10 %-i aşmamalıdır
Layın keçiriciliyi, mkm ²	0.02+1
Lay neftinin özlülüyü, mPa·s	2+100
Lay temperaturu, °C	90 °C-yə qədər
Qarışıqın (suyun) tərkibi	Dəmir və H ₂ S-in miqdarı 2 mq/l-dən çox ola bilər



Səkil 1. Bibiheybat yatağı F horizontun tavanına görə qurulmuş struktur xəritədən çıxarış (Miqyas 1 : 5000)

məliyi 0.23, temperaturu 33 °C, təzyiqi 1.7 MPa, lay şəraitində neftin sıxlığı 857 kq/m³, özlülüyü 2.01 mPa s-dir. Sahədə süxurun gilliliyi 1.01 (%) -dir. Sahənin flüidlərlə doymu qeyri-bircinsdir. Ona görə də quyular layı həm dərəcə, həm də xarakterinə görə müxtəlif olaraq açır. Məsələn, 1519 №-li quyu neftli məhsuldar sahənin 198–351 m intervalında, 2779 №-li quyu 254–380 m intervalında, 2781 №-li quyu isə 400–419 m intervalında açır və neftə görə uyğun olaraq 0.5 t/gün, 0.6 t/gün, 0.4 t/gün debitlə istismar edir. Suya görə orta gündəlik hasilat isə uyğun olaraq 1.8 t, 1.0 t, 1.1 t miqdarında dəyişir. Sahənin 1519, 2779, 2781 №-li quyularından işlədiyi müddət ərzində təxminən 82.767·10³ t neft hasil olunmuşdur.

Sahənin mödət məlumatlarına görə hesablanmış ehtiyatların nəticəsi ilə çıxarılan neftin nəticəsinin müqayisəsi əsasən orada kifayət qədər qalıq neft ehtiyatlarının mövcudluğunu təsdiq edir.

Quyuların kifayət qədər aşağı məhsuldarlıqla istismar olunması onlara neft axınının intensivləşməsi tədbirlərinin aparılmasını, o cümlədən vurucu quyu ilə sahəyə lay suyunun qarışığı əsasında hazırlanmış polimer əsaslı məhlullarla təsir ilə qalıq neftin işlənilməyə cəlb olunmasını zəruri edir.

Bununla əlaqədar olaraq sahə quyularının müəyyən müddət üçün neft və suya görə debitlərinin dəyişməsi dinamikası əsasında hidrodinamik modelin sahəyə adaptasiyası (sazlanması) aparılmış və nəticədə neft və suya görə nisbi faza keçiricilikləri funksiyaları identifikasiya olunmuşdur

$$f_n(s) = \left(\frac{0.912 - s}{0.64} \right)^3, f_n(s, 0, 0.2) = \left(\frac{s - 0.17}{0.87} \right)^{2.73}$$

Hidrodinamik modelin sahəyə adaptasiyasından sonra texnoloji prosesin tənzimlənməsi ilə neftverimi-

nin artırılması imkanları proqnozlaşdırılmışdır.

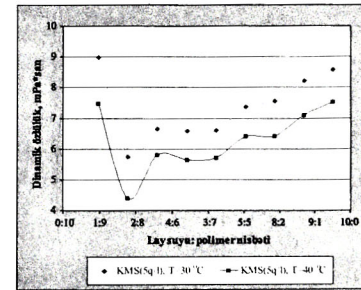
Praktikada polimer qarışığının 0.4-dən 10 q/l-ə qədər konsentrasiyası tətbiq edilir. KMS polimerinin müxtəlif şəraitlərdə reoloji xassələrinin tədqiqi üçün 0.5; 1; 2; 3; 4 və 5 q/l konsentrasiyası qarışıqından istifadə edilmişdir.

Hidrodinamik təsirin vacib parametrlərindən biri neftin və lay təzyiqinin saxlanılması üçün istifadə edilən sıxışdırılan və sıxışdırıcı agentin özlülüklərinin nisbəti hesab edilir. O, nə qədər kiçik olarsa layda neftin sıxışdırma prosesi bir o qədər effektiv olar. Cədvəl 2-də tədqiq olunan layın neftinin və polimer qarışığının özlülüklərinin nisbətinin, həmçinin işlənilmə zamanı lay təzyiqinin saxlanılmasında istifadə edilən yüksəkminerallı qarışıqın qiyməti istifadə edilmişdir.

Cədvəl 2-dən görünür ki, qeyd olunan parametrlərin qiymətinə görə istifadə olunan qarışıqın nefti sıxışdırılmasında ən effektiv 5 q/l konsentrasiyalı KMS qarışıqıdır. Lay temperaturu araşdırılan parametrlə güclü təsir edir. KMS qarışığı üçün qərarlaşan effektiv konsentrasiyada temperaturun artması ilə (10 °C) neftin və sıxışdırıcı qarışığının özlülükləri nisbəti azalır, onun 5 q/l konsentrasiyası halında isə 1.2 dəfə azalma baş verir. LTS-in yüksəkminerallı məhlulu ilə müqayisədə neftin və LTS agentinin özlülükləri nisbətinin qiyməti KMS üçün 1.5 dəfə aşağı olur.

Cədvəl 2

Məhlul	$\eta = \mu_s / \mu_n$	
	30 °C	40 °C
Lay təzyiqinin saxlanılması (LTS) üçün məhlul, minerallığı 300 q/l	7.690019	6.556141
KMS məhlulu, 0.5 q/l	23.27273	19.91249
KMS məhlulu, 1 q/l	18.7062	14.71497
KMS məhlulu, 2 q/l	15.91959	13.76607
KMS məhlulu, 3 q/l	16.08339	16.32021
KMS məhlulu, 4 q/l	13.74325	15.2443
KMS məhlulu, 5 q/l	5.062043	4.33575



Səkil 2. KMS (5 q/l) məhlulunun dinamik özlülüyünün əlavə olunan lay suyunun miqdarından asılılığı

konsentrasiyadan asılı dinamik özlülüyünün dəyişmə xarakteri temperaturdan asılı deyildir. Araşdırılan polimerə lay suyu əlavə olunduqda qarışığın özlülüyünün azalması ilk növbədə suyun yüksək minerallığı (200 q/l-dən çox) ilə izah olunur. Polimer qarışığının özlülüyünün azalması bəzi elektrolitlərin iştirakı ilə izah edilir və polimerin aktiv polyar qruplarında onların sorbsiyası ilə əlaqəlidir [18].

Duzlaşma effektivliyinin kimyəvi təbiətinin təyini üçün polimer məhlulların qarışıqlarının lay suyu ilə kimyəvi analizinin məlumatlarından istifadə edilmişdir [19]. Anionların konsentrasiyasında müəyyən tərtibdən azalma (xlorid və bikarbonat anionlarının tərkibi KMS qarışığında uyğun olaraq 77 və 89 % azalma) onların polimer makromolekullarının müsbət qruplara elektrostatik adsorbsiyası ilə əlaqəli izah edilir (cədvəl 3).

Beləliklə, özlülüyün temperaturdan asılılığını və polimerin lay suyu ilə qarşılıqlı təsir mexanizmini əsas götürərək sərbəst həcmdəki məhlullardakı polimerin LTS agentini kimi tətbiqi üçün rəasional konsent-rasiyası KMS üçün 5 q/l seçilmişdir.

Kollektorun tutum xassələrinin azalması imkanları istisna olmaqla polimerli suvurma üsulunun istifadəsində polimer qarışıqla lay suyunun təsir xüsusiyyətlərini, yəni onların uyğunluğunu araşdırmaq zəruridir.

Sərbəst həcmdə lay suyunun polimer qarışıqla uyğunluq dərəcəsinin təyini üçün lay suyunun KMS (5 q/l) qarışıqla uyğun olaraq 1:9; 2:8; 3:7; 4:6; 3:7; 4:6; 5:5; 6:4; 7:3; 8:2; 9:1 nisbətində qarışığı hazırlanmış və onların 30 °C və 40 °C temperaturda reoloji xarakteristikaları araşdırılmışdır (şəkil 2).

Şəkil 2-dən görüldüyü kimi, polimer qarışığının konsentrasiyadan asılı dinamik özlülüyünün dəyişmə xarakteri temperaturdan asılı deyildir. Araşdırılan polimerə lay suyu əlavə olunduqda qarışığın özlülüyünün azalması ilk növbədə suyun yüksək minerallığı (200 q/l-dən çox) ilə izah olunur. Polimer qarışığının özlülüyünün azalması bəzi elektrolitlərin iştirakı ilə izah edilir və polimerin aktiv polyar qruplarında onların sorbsiyası ilə əlaqəlidir [18].

Verilmiş sahədə qeyd olunan məlumatları əsas tutaraq polimer əsaslı suvurmanın müxtəlif variantlarının hesablamaları aparılmış və proses 10 il davamlı olaraq yerinə yetirilmişdir. Modelləşmə zamanı polimer əsaslı suyun vurulması birdəfəlik aparılır və sonra vurucu quyu gündəlik qəbuletmə rejimində işləyir (cədvəl 4).

Cədvəl 3

Lay suyu:polimer nisbəti	pH	Ca ²⁺ , mol/l	Ümumi sərtlilik, mol/l	HCO ₃ ⁻ , mol/l	Cl ⁻ , mol/l
Lay suyu					
-	5	4.99	5.93	0.00732	6.89
KMS, 5 q/l (pH = 7)					
1:9	5	0.302	0.437	0.00083	0.19
3:7	4.5	1.372	1.376	0.00098	0.555
5:5	4	2.452	2.222	0.00065	0.904
7:3	4	3.424	3.303	0.00049	1.301
9:1	4	4.055	4.043	0.00083	1.539

Cədvəl 4

Variant	Vurucu quyunun qəbul etməsi, m ³ /gün	Polimer əsaslı məhlulun vurulma həcmi, m ³
Baza		-
1		18
2		30
3		48
4		90
5	Polimer əsaslı məhlulun vurulmasından sonra vurucu quyu gündəlik qəbuletmə rejimində işləyir:	225
6	3378 №-li quyu – 74 m ³ /gün	360
7		900

İstifadə edilən ilkin verilənlər:

- polimerin xassələri haqqında məlumatlar, onun adsorbsiyasına uyğun suya görə faza keçiriciliyinin azalması funksiyası;
- polimerin konsentrasiyasına uyğun məhlulun özlülüyünün dəyişməsi;
- polimer məhlul ilə nefti sıxışdırmasında məsaməlik və keçiriciliyin dəyişməsi və s.

$$f_n(s) = \left(\frac{0.8-s}{0.6} \right)^3; f_{su}(s, b, c) = \frac{c+l}{a_p+l} \left(\frac{s-0.2}{0.8} \right)^3; \mu_{su}(b, c) = 1 + (1580 b_0 b + 25 \cdot 10^5 b_0^2 b^2) / (1 + cR);$$

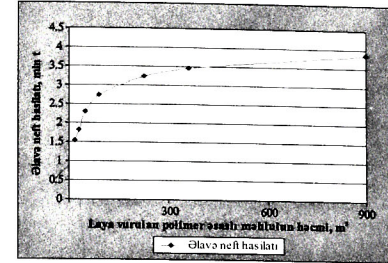
$$a_p = \gamma_1 b q(c); b_0(x, y) = 0.001; a_s = \gamma_2 c; q(c) = 1 + 4664 \cdot 10^5 (c_0 c)^8; p_k(s, c) = PJ(s);$$

$$P = \sigma \sqrt{\frac{m_0}{k_0}} = 0,1 \text{ mPa}; J(s) = \frac{0,2(0,9-s)}{(1,2-s)^2(2s-s^2)}; D(s, c) = D_0(2-s); D_0 = 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s};$$

$$\begin{cases} k = 0.25(r^*)^2 \frac{1}{\tau} \sqrt{2\chi} K_1(2\sqrt{2\chi}) m; & \tau = \begin{cases} e^{1.31\chi}, & \text{əgər } 0 < \chi < 0,65 \\ 9\chi^{3.4}, & \text{əgər } \chi \geq 0,65 \end{cases} \\ m = m_0(1 - Bs)(\bar{r}/\bar{r}_0)^2; \bar{r} = \bar{r}_0 - 2r_p; B \in [0+1] \end{cases} \quad (8)$$

burada m_0 – başlanğıc məsaməlik; r_0 – məsamə kanallarının ortalaşmış başlanğıc və cari qiymətləri; r^* – məsamənin maksimal radiusu; r_p – polimer molekulunun radiusu; τ – məsaməliyin ayrılık əmsalı; χ – məsamə fəzasının mürəkkəbliyini xarakterizə edən struktur əmsalı; K_1 – modifikasiyalı silindrik Makdonald funksiyası [20]; l – sabit ədəd olub, qiyməti a_p əmsalının sıfırdan verilmiş qiymətə qədər artdıqda suya

Variant	Hasil olunan neftin miqdarı, min t	Cari neft çıxarma əmsalı	Baza variantı ilə müqayisədə NÇƏ-nin artımı, %	Əlavə neft hasilatı, min t
Baza	86.066	0.1654	-	-
1	87.599	0.169	2.18	1.533
2	87.891	0.169021	2.19	1.825
3	88.366	0.16994	2.75	2.3
4	88.803	0.1708	3.3	2.737
5	89.314	0.1718	3.87	3.244
6	89.534	0.1722	4.2	3.468
7	89.935	0.173	4.6	3.869



Şəkil 3. Əlavə neft hasilatının laya vurulan polimer əsaslı məhlulun həcmindən asılılığı

İşlənilmənin baza variantında (suvurmada) cəm neft hasilatı 86.066 min t, polimer əsaslı məhlul ilə işlənilmədə isə maksimal cəm neft hasilatı 89.935 min t və neftin çıxarılma əmsalının cari qiymət artımı 4.6 % təşkil edir.

Əlavə neft hasilatının həcmi verilən lay hissəsinə 18 m³-dən 360 m³-ə qədər polimer əsaslı məhlul vurulma kəskin artır (bax: şəkil 3). Eyni zamanda vurulan məhlulun həcmi artması ilə əlavə neft hasilatı artır, lakin onun artımı vurulan məhlulun vahid həcmində kəskin azalır. Bununla əlaqədar baxılan lay hissəsində 360 m³ məhlulun vurucu quyuya birdəfəlik vurulmasının daha effektiv olması qəbul edilir (KMS əsaslı polimer məhlulun 5 q/l konsentrasiyasında).

Polimer əsaslı məhlul vurulmada gözlənilən effektin olmasını hasilat quyularında reaksiya olunan effektin qiymətləndirilməsi, yəni 1519, 2779 və 2781 №-li quyularda sulaşmanın uyğun olaraq 73 %-dən 34 %-ə, 70 %-dən 29 %-ə, 77 %-dən 36 %-ə qədər enməsi, neft hasilatının isə 1.33; 1.24; 1.4 dəfə artması göstərir.

Beləliklə, polimer əsaslı agentin axını kollektorun su ilə yaxşı işlənmiş hissələrinə yönəltməklə həmin hissələrin bağlanması və sıxışdırılan məhsulda sulaşmanın məhdudlaşdırılması hesabına qalıq neft ehtiyatlarının işlənilməyə cəlb olunmasını təmin edən üsulun nəzəri bazası işlənmiş və konkret lay modelində hasilatın intensivləşdirilməsinin proqnoz göstəriciləri qiymətləndirilmişdir.

Nəticə

1. Polimer əsaslı agentin axını kollektorun su ilə yaxşı işlənmiş hissələrinə yönəltməklə həmin hissələrin bağlanması və sıxışdırılan məhsulda sulaşmanın məhdudlandırılması hesabına qalıq neft ehtiyatlarının işlənilməyə cəlb olunmasını təmin edən üsulun nəzəri bazası işlənmişdir.
2. Polimer əsaslı məhlula daxil olan suyun mineralaşma dərəcəsini sahənin lay suyunun mineralıq dərəcəsinə nəzərən azaltmaqla sıxışdırılan məhsulda sulaşmanın məhdudlandırılması hesabına daha çox neftin çıxarılmasını təmin etmək olar.
3. Vurulan agentin axını kollektorun su ilə yaxşı işlənmiş hissələrinə yönəltməklə həmin hissələrin bağlanması hesabına (təcrid olunmanın hesabına) neft ehtiyatlarının tam sıxışdırılmasını və hasilatın intensivləşdirilməsini təmin etmək mümkündür.

1. Демахин С.А., Демахин А.Г. Селективные методы изоляции водопритока в нефтяные скважины. – Саратов: Изд-во ГосУНЦ “Колледж”, 2003, 164 с.
2. Альварардо В., Манрик Э. Методы увеличения нефтеотдачи пластов. Планирование и стратегии применения. – М.: Премнум инжиниринг, 2011, 244 с.
3. Gurgel A., Moura M.C.P.A., Dantas T.N.C., Barros Neto E.L., Dantas Neto A.A. Review on chemical flooding methods applied in enhanced oil recovery // Brazilian Journal of Petroleum and Gas, 2008, No 2, pp. 83-95.
4. Сурдучев М.Л., Горбунов А.Т., Забродин Д.П. и др. Методы извлечения остаточной нефти. – М.: Недра, 1991, 347 с.
5. Сладовская О.Ю., Күряшов Д.А., Лахова А.И. и др. Применение коллоидных систем для увеличения нефтеотдачи пластов // Вестник Казанского технологического университета, 2010, № 10, с. 585-591.
6. Аттунина Л.К., Кувшинов В.А. Физико-химические аспекты технологий увеличения нефтеотдачи: обзор // Химия в интересах устойчивого развития, 2001, № 9, с. 331-344.
7. Крянев Д.Ю., Жданов С.А. Применение методов увеличения нефтеотдачи пластов в России и за рубежом // Бурение и нефть, 2011, № 2, с. 22-26.
8. Alvarado V., Manrique E. Enhanced oil recovery: an update review // Energies, 2010, No 3, pp. 1529-1575.
9. Шувалов С.А., Ешикуров В.А., Хлебников В.Н. Применение полимерных реагентов для увеличения нефтеотдачи пласта и водоизоляции // Труды РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2013, № 4, с. 98-107.
10. Thomas S., Farouq Ali S.M. Status and Assessment of Chemical Oil Recovery Methods // Energy Sources, 1999, No 21, pp. 177-189.
11. Швецов И.А., Маньшин В.Н. Физико-химические методы увеличения нефтеотдачи пластов. Анализ и проектирование. – Самара: Российское представительство акционерной компании “Ойл технолоджи оверсиз продакшн лимитед”, 2000, 350 с.
12. Ларри Л. Основы методов увеличения нефтеотдачи. – М.: Университет Техас, 1988, 449 с.
13. Хавкин А.Я. Нефтегазовые нанотехнологии – основа экономики XXI века // Нанотехнологии. Экология. Производство, 2013, № 2, с. 54-59.
14. Азиз Х., Семтари Э. Математическое моделирование пластовых систем / пер. с английского. – М.: Недра, 1982, 407 с.
15. Сулейманов Б.А., Фейзуллаев Х.А. Моделирование изоляции водопритоков при разработке зонально-неоднородных нефтяных пластов // Изв. НАН Азерб., серия Наук о Земле, 2017, № 1, с. 72-81.
16. Фейзуллаев Х.А. Совершенствование моделирования гидрогазодинамических основ разработки глубоко-залегающих газоконденсатных месторождений. Beau Bassin: Palmarium Academic Publishing, 2018. 228 p. ISBN 978-620-2-38166-6 (my.palmarium-publishing.ru/catalogue/details/ru/ 978-620-2-38166-6/совершенствование моделирования гидрогазодинамических основ)
17. Агаларова С.В. Моделирование процесса полимерного воздействия на нефтяной пласт // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М.: ОАО “ВНИИОЭНГ”, 2019, № 11, с. 42-48.
18. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. – М.: Госхимиздат, 1963, 528 с.
19. Федорова А.Ф., Шиц Е.Ю., Портнягин А.С. Исследование возможности применения растворов полимеров в качестве агентов вытеснения нефти на месторождениях с аномально низкими пластовыми температурами // Нефтегазовое дело, 2000, 12 с. (<http://www.ogbus.ru>)
20. Сегал Б.И., Семедьяев К.А. Пятизначные математические таблицы. – М.: Физматгиз, 1962, 464 с.

1. Demakhin S.A., Demakhin A.G. Selekivnyye metody izolyatsii vodopritoka v neftyanye skvazhiny. – Saratov: Izd-vo GosUNTS “Kolledzh”, 2003, 164 s.
2. Al'varado V., Manrik E. Metody uvelicheniya nefteotdachi plastov. Planirovanie i strategii primeneniya. – M.: Premium inzhiniiring, 2011, 244 s.
3. Gurgel A., Moura M.C.P.A., Dantas T.N.C., Barros Neto E.L., Dantas Neto A.A. Review on chemical flooding methods applied in enhanced oil recovery // Brazilian Journal of Petroleum and Gas, 2008, No 2, pp. 83-95.
4. Surguchev M.L., Gorbunov A.T., Zabrodin D.P. i dr. Metody izvlecheniya ostatochnoy nefii. – M.: Nedra, 1991, 347 s.
5. Sladovskaya O.Yu., Kuryashov D.A., Lakhova A.I. i dr. Primenenie kolloidnykh system dlya uvelicheniya nefteotdachi plastov // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2010, No 10, s. 585-591.
6. Attunina L.K., Kuvshinov V.A. Fiziko-khimicheskie aspekty tekhnologiy uvelicheniya nefteotdachi: obzor // Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya, 2001, No 9, s. 331-344.
7. Kryanev D.Yu., Zhdanov S.A. Primenenie metodov uvelicheniya nefteotdachi plastov v Rossii i za rubezhom // Burenie i nef't, 2011, No 2, s. 22-26.
8. Alvarado V., Manrique E. Enhanced oil recovery: an update review // Energies, 2010, No 3, pp. 1529-1575.
9. Shuvalov S.A., Vinokurov V.A., Khlebnikov V.N. Primenenie polimernykh reagentov dlya uvelicheniya nefteotdachi plastov i vodoizolyatsii // Trudy RGU nefii i gaza im. I.M. Gubkina, 2013, No 4, s. 98-107.
10. Thomas S., Farouq Ali S.M. Status and Assessment of Chemical Oil Recovery Methods // Energy Sources, 1999, No 21, pp. 177-189.
11. Shvetsov I.A., Manyrin V.N. Fiziko-khimicheskie metody uvelicheniya nefteotdachi plastov. Analiz i proyektirovanie. – Samara: Rossiyskoe predstavitel'stvo aktsioner moy kompanii “Oil technology oversize prodakshn limited”, 2000, 350 s.
12. Larry L. Osnovy metodov uvelicheniya nefteotdachi. – M.: Universitet Tekhas, 1988, 449 s.
13. Khavkin A.Ya. Neftegazovyye nanotekhnologii – osnova ekonomiki XXI veka // Nanotekhnologii. Ekologiya. Proizvodstvo, 2013, No 2, s. 54-59.
14. Aziz Kh., Settari E. Matematicheskoye modelirovanie plastovykh system / per. s angliyskogo. – M.: Nedra, 1982, 407 s.
15. Suleymanov B.A., Feyzullayev Kh.A. Modelirovanie izolyatsii vodopritokov pri razrabotke zonal'no-neodnorodnykh neftyanykh plastov // Izv. NAN Azerb., seriya Nauk o Zemle, 2017, No 1, s. 72-81.
16. Feyzullayev Kh.A. Sovershenstvovanie modelirovaniya gidrogazodinamicheskikh osnov razrabotki glubokozalezgayushchikh gazokondensatnykh mestorozhdeniy. Beau Bassin: Palmarium Academic Publishing, 2018. 228 p. ISBN 978-620-2-38166-6 (my.palmarium-publishing.ru/catalogue/details/ru/ 978-620-2-38166-6/sovershenstvovanie modelirovaniya gidrogazodinamicheskikh osnov).
17. Agalarova S.V. Modelirovanie protsessa polimernogo vozdeistviya na neftyanoy plast // Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz' v neftyanoy promyshlennosti. – M.: OAO: “VNIIOENG”, 2019, No 11, s. 42-48.
18. Tager A.A. Fiziko-khimiya polimerov. – M.: Goskhimizdat, 1963, 528 s.
19. Fedorova A.F., Shits E.Yu., Portnyagin A.S. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya rastvorov polimerov v kachestve agentov vytesneniya nefii na mestorozhdeniyakh s anomal'no nizkimi plastovymi temperaturami // Neftegazovoe delo, 2000, 12 s. (<http://www.ogbus.ru>)
20. Segal B.I., Semendiyayev K.A. Pyatiznachnyye matematicheskie tablitsy. – M.: Fizmatgiz, 1962, 464 s.