

## Gil saxlayan kollektorlarda neftin müxtəlif mineral tərkibli su ilə sıxışdırılması prosesinin modelləşdirilməsi

X.A. Feyzullayev, t.e.d.,  
S.V. Ağalarova

"Neftqazelmütədiqatlayihə" Institutu

e-mail: xasay.feyzullayev@socar.az

**Açar sözlər:** keçiricilik, məsaməlik, təzyiq, neftlədoyma, gil şişməsi, səthi gərilmə.

Моделирование процесса вытеснения нефти водой различного минерального состава в глинистых коллекторах

X.A. Фейзуллаев, д.т.н., С.В. Агаларова  
НИПИнефтегаз

**Ключевые слова:** проницаемость, пористость, нефтенасыщенность, набухание глин, поверхностное натяжение.

Предложена двухфазная трехкомпонентная гидродинамическая модель процесса вытеснения нефти водой в глинистых коллекторах на основе совместной комбинации уравнений непрерывности фаз, закона фильтрации и уравнения состояния фаз, уравнения концентрации соли в воде и уравнений насыщенности между фазами, и на его основе прогнозированы возможности повышения нефтеотдачи путем регулирования процесса вытеснения нефти водой различного минерального состава.

Modelling process of water oil displacement via various mineral compositions in clay-containing reservoirs

Kh.A. Feyzullayev, Dr. in Tech. Sc., S.V. Aghalarova  
"Oil Gas Scientific Research Project" Institute

**Keywords:** permeability, porosity, pressure, oil saturation, clay swelling, surface tension.

The paper offers two-phase three-component hydrodynamic model of water oil displacement in clay-containing compositions based on combined steadiness of phases, the law of filtration and phase state equation, as well as the equation of salt concentration in the water and that of saturation between the phases. Based on it, the prospects of oil recovery increase via the regulation of water oil displacement by various mineral compositions have been predicted.

### Giriş

Əksər neft yataqları suvurma üsulu ilə işlənir. Lakin laya təsir zamanı suyun seçilməsi süxur-kollektorun mineraloji tərkibi ilə həmişə əlaqələndirilmir. Bu bir çox səbəblərlə, o cümlədən süxur-kollektorun mineraloji tərkibini nəzərə almaqla neftveriminin hesablanması imkan verən metodologiyanın olmaması ilə bağlıdır.

Məsaməli mühitdə çoxfazlı süzülmə prosesinə mövcud ənənəvi baxış (məsələn, neftin su ilə sıxışdırılmasının Bakley-Leverett modeli və s.) gil saxlayan zəif keçiricilikli kollektorlu yataqların işlənməsinin bir sıra prinsiplial suallarına (məsələn, layın keçiriciliyinin neftveriminə təsiri və s.) cavab verməyə imkan vermir. Bununla əlaqədar olaraq gil saxlayan zəif keçiricilikli neft laylarında neftin müxtəlif tərkibli su ilə (lay suyu, duzsuz və ya şirin su ilə) sıxışdırılması prosesində ion mübadiləli nanoproseslərin – gilin özünü aparmasını (göstərməsi), neft–su–suxur sisteminə kapillyar histerizisin və s. nəzərə alınmasını təmin edən hidrodinamik modelin işlənməsi və onun əsasında işlənmənin texnoloji göstəricilərinin proqnozlaşdırılması vacib və aktual məsələ olaraq qalır.

### Məsələnin qoyuluşu və onun hidrodinamik modeli

Fərz olunur ki, üçfəzi gillə su ilə neft müəyyən mineraloji tərkibli su ilə sıxışdırılır. Vurucu və hasilat quyuları layın istənilən hissələrində yerləşə bilər. Layın xarici sərhədi keçirməz hesab olunur və vurucu quyularda vurulan müəyyən mineraloji tərkibli suyun miqdarı verilir. Layda neftin su ilə

sıxışdırılması prosesini tənzimləməklə neftveriminin artırılması imkanlarının proqnozlaşdırılması tələb olunur.

Gil saxlayan kollektorun vahid həcmində məsamələr fazasının su ilə doymunu  $s$  qəbul edək. Onda həmin həcmdə neftlədoyma  $(1 - s)$  olar. Həminin, qəbul edək ki, həmin gil saxlayan kollektorun məsamələr fazasında suyun mineraloji tərkibi  $c$ -dir. Əgər kollektorda neftin su ilə sıxışdırılması vaxtı süxur-su sisteminə tarazlığın qərarlaşma vaxtından kifayət qədər çoxdursa, onda məsaməli mühitin məsaməlik və keçiriciliyini sudoymadan  $s$  və suyun minerallaşma dərəcəsinə  $c$  ifadə edən konsentrasiyadan asılı hesab etmək olar. Su ilə doymanın qiyməti artıqca suyun süxurla kontakt sahəsi və şişmədə iştirak edən gillə hissələrin miqdarı artır. Bu hala uyğun gillə süxurda neftin su ilə sıxışdırılması prosesini fazaların kəsilməzlik tənlikləri, süzülmə qanunu, fazaların hal, onlar arasında doymululuq tənlikləri, suda duzun konsentrasiya tənzimləyicini bəzən kombinasiyasından istifadə etməklə aşağıdakı (1)-(7) sistemi ilə modelləşdirmək olar [1]:

$$\frac{\partial}{\partial t} [ms + \omega] + \text{div} V_{su} = \sum_{i=1}^n Q_{isu}^v(t) \delta(x - x_i, y - y_i) + \sum_{j=1}^n Q_{jsu}^i(t) \delta(x - x_j, y - y_j), \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} [m(1-s)] + \text{div} V_n = \sum_{j=1}^n Q_{jn}^i(t) \delta(x - x_j, y - y_j), \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} [mcs + a] + \text{div}(cV_m) = \text{div}(Dgradc) + \sum_{i=1}^n cQ_{isu}^v(t) \delta(x - x_i, y - y_i), \quad (3)$$

$$V_m = -\frac{kf_m(s,c)}{\mu_m(s,c)} gradp_m, \quad V_n = -\frac{kf_n(s,c)}{\mu_n(s,c)} gradp_n, \quad (4)$$

$$p_n - p_m = p_k(s,c) = \sigma \sqrt{\frac{m}{k}} J(s,c), \quad (5)$$

$$s(x, y, t)|_{t=0} = s_0, c(x, y, t)|_{t=0} = c_0, \quad 0 \leq x \leq l_x, \quad 0 \leq y \leq l_y, \quad (6)$$

$$\frac{\partial p_m}{\partial x} \Big|_{x=0, l_x} = \frac{\partial p_n}{\partial x} \Big|_{x=0, l_x} = \frac{\partial c}{\partial x} \Big|_{x=0, l_x} = 0, \quad 0 \leq y \leq l_y,$$

$$\frac{\partial p_m}{\partial y} \Big|_{y=0, l_y} = \frac{\partial p_n}{\partial y} \Big|_{y=0, l_y} = \frac{\partial c}{\partial y} \Big|_{y=0, l_y} = 0, \quad 0 \leq x \leq l_x, \quad (7)$$

burada  $V_i$  – fazaların süzülmə sürəti ( $i = su - suya$  nəzərə;  $i = n - neftə$  nəzərə), m/s;  $a = a(c, s)$  – məsaməli mühitin vahid həcmində toplanmış (sov-

rulmuş) duzun kütlə miqdarı;  $\omega = \omega(c, s)$  – gillə süxura adsorbsiya olunan suyun kütlə miqdarı;  $k$  – keçiricilik, mkm<sup>2</sup>;  $m$  – məsaməlik;  $D$  – diffuziya əmsali, m<sup>2</sup>/s;  $f_i$  – nisbi faza keçiriciliyi ( $i = su, n$ );  $\mu_i$  – fazaların özlülüyü ( $i = su, n$ ), mPa·s;  $p_i$  – fazaların təzyiqi ( $i = su, n$ ), MPa;  $p_k$  – kapillyar təzyiq, MPa;  $Q_{isu}^n$  – layın vahid hündürlüyü üzrə  $i$ -ci vurucu quyusunun su fazasına görə ani həcmi sərfi, m<sup>3</sup>/s;  $Q_{jsu}^i(t)$ ,  $Q_{jn}^i$  – layın vahid hündürlüyü üzrə  $j$ -ci hasilat quyusunun su və neft fazasına görə həcmi debitləri, m<sup>3</sup>/s;  $n_1, n_2$  – vurucu və hasilat quyularının sayı;  $(x_v, y_v)$  və  $(x_j, y_j)$  – işə koordinatlar, m;  $\sigma$  – fazaların ayrılma səthində effektiv səthi gərilmə əmsali, Pa·m;  $J$  – Leverett funksiyası;  $t$  – zamandır, s.

Qeyd: Süxurun aktiv  $K_{gill}$  – gillilik əmsalının kiçik qiymətlərində məsaməliliyin azalmasının təsiri qiymətləndirmək üçün neftin su ilə sıxışdırılması prosesində xətti süzülmə qanununu qəbul etmək olar. Digər tərəfdən, aktiv  $K_{gill}$  – gillilik əmsalının kiçik qiymətlərində süzülmənin xətti qanundan kənara çıxması sıxışdırma prosesində keyfiyyət dəyişikliyinə səbəb olur. Bir çox hallarda bu amil vacibdirsə, onda təqdim edilən (1)-(7) modelində süzülmənin qeyri-xəttiliyinin nəzərə alınması heç bir çətinlik törətmir.

### Məsələnin həll sxemi

(1)-(7) sərhəd məsələsinin həlli üçün onun (1) tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq:

$$\frac{\partial}{\partial t} [ms] + \frac{\partial \omega}{\partial t} + \text{div} V_m = \sum_{i=1}^n Q_{isu}^v(t) \delta(x - x_i, y - y_i) + \sum_{j=1}^n Q_{jsu}^i(t) \delta(x - x_j, y - y_j). \quad (8)$$

(8) tənliyi ilə (2) tənliyini tərəf-tərəfə toplayaraq:

$$\frac{\partial m}{\partial t} + \frac{\partial \omega}{\partial t} + \text{div}(V_m + V_n) = \sum_{i=1}^n Q_{isu}^v(t) \delta(x - x_i, y - y_i) + \sum_{j=1}^n (Q_{jsu}^i(t) + Q_{jn}^i(t)) \delta(x - x_j, y - y_j). \quad (9)$$

(9) və (8) tənliyində (4) süzülmə qanununu və həminin (5) tənliyini nəzərə alsaq, müəyyən çevrilmələrdən sonra (1)-(3) sistemini özünə ekvivalent olan aşağıdakı sistemlə ifadə etmək olar:

$$\frac{\partial[m+\omega]}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \left( \frac{k_{f_m}}{\mu_m} + \frac{k_{f_n}}{\mu_n} \right) \frac{\partial p_m}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \left( \frac{k_{f_m}}{\mu_m} + \frac{k_{f_n}}{\mu_n} \right) \frac{\partial p_m}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{k_{f_n}}{\mu_n} \frac{\partial p_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{k_{f_n}}{\mu_n} \frac{\partial p_k}{\partial y} \right) + \sum_{i=1}^n Q_{sm}^*(t) \delta(x-x_i, y-y_i) + \sum_{j=1}^n (Q_{sm}^*(t) + Q_{sn}^*(t)) \delta(x-x_j, y-y_j), \quad (10)$$

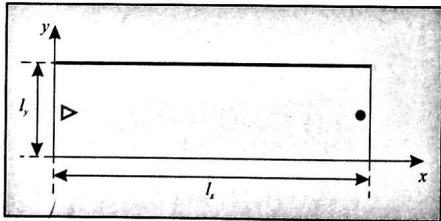
$$\frac{\partial s}{\partial t} = \frac{1}{m} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{k_{f_m}}{\mu_m} \frac{\partial p_m}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{k_{f_m}}{\mu_m} \frac{\partial p_m}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{k_{f_n}}{\mu_n} \frac{\partial p_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{k_{f_n}}{\mu_n} \frac{\partial p_k}{\partial y} \right) + \sum_{i=1}^n Q_{sm}^*(t) \delta(x-x_i, y-y_i) \right\} - \frac{s}{m} \frac{\partial m}{\partial t}, \quad (11)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{1}{ms} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{k_{f_m}}{\mu_m} \frac{\partial p_m}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{k_{f_m}}{\mu_m} \frac{\partial p_m}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( D \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \sum_{i=1}^n c Q_{sm}^*(t) \delta(x-x_i, y-y_i) \right\} - \frac{c}{m} \frac{\partial m}{\partial t} - \frac{c}{s} \frac{\partial s}{\partial t} - \frac{1}{ms} \frac{\partial a}{\partial t}, \quad (12)$$

(10)-(12), (6), (7) məsələsində naməlum funksiyalar olan  $p_{sm}(x, y, t)$ ,  $s(x, y, t)$ ,  $c(x, y, t)$ -nin təyini üçün sonlu fərqlər sxemindən istifadə olunur [2]. Başlanğıc və sərhəd şərtlərini nəzərə almaqla  $p_{sm}(x, y, t)$  (10),  $s(x, y, t)$  (11) və  $c(x, y, t)$  (12) sistemlərindən naməlum funksiyalar təyin olunur.

**Test hesablamalarının nəticələri**

Təklif olunan hesablamada modelin əsasında gillilayda neftin müxtəlif mineral tərkibli su ilə sıxışdırılması prosesini tənzimləməklə neftveriminin artırılması imkanlarının test hesablamaları aparılmışdır.



Şəkil 1. Lay modelinin sxemi

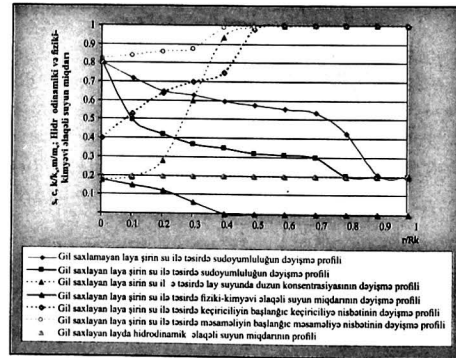
Üfqi yatımlı paralelepiped formalı layda bir hasilat və bir vurucu quyu layın şaquli sərhəd səthinə yaxın mərkəzi hissəsində layın daxilində yerləşmişdir (şəkil 1).

Hesablamalarda lay parametrlərinin qiymətləri və həmçinin mayələrin xassələri üçün aşağıdakı bəzi verilənlərdən istifadə edilmişdir [1, 3–7]:

$$l_x = 500 \text{ m}; l_y = 50 \text{ m}; Q_{sm}^*(t) = 14.8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}; h = 25 \text{ m}; s_0 = 0.8; c_0 = 0.15; s_{al, su} = 0.2; m_0 = 0.325; m = m_0(1 + 0.034 \cdot \ln(c/c_0)); \mu_v = 1.5 \text{ mPa} \cdot \text{s}; \mu_{su} = 0.464 + 2.43c + 8.5c^2 \text{ mPa} \cdot \text{s}; k_0 = 0.5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2; k = k_0(0.085 + 2.561(c/c_0) - 2.725(c/c_0)^2 + 1.081(c/c_0)^3) \text{ m}^2; a(c) = \Gamma \cdot c; \omega(c) = \Gamma_{\omega}(1 - c); \Gamma = 0.033; \Gamma_{\omega} = 0.4; w_{al, su} = m s_{al, su} + \omega; p_k(s, c) = \Pi J(s); \Pi = \sigma \sqrt{\frac{m_0}{k_0}} = 10^5 \text{ Pa}; J(s) = \frac{0.2(0.9-s)}{(1.2-s)^2(2s-s^2)}; D(s, c) = D_0(2-s); D_0 = 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}; f_m(s, c) = \frac{c+l}{l} \left[ \frac{s-0.2}{0.8} \right]^3; f_v(s, c) = f_v(s) = \left[ \frac{0.8-s}{0.6} \right]^3; \frac{c+l}{l} = \gamma; \gamma = 5.$$

Hesablamalar iki sayda işlənmə halı üçün aparılmışdır.

Birinci halda verilən lay modeli təmsalında mineralaşması lay suyuna bərabər olan su ilə və mineralaşması kifayət qədər az (sıfıra yaxın) olan



Şəkil 2. Gill saxlayan laya şirin su ilə təsirdə texnoloji göstəricilər ( $s, c, ms_{al, su}, \omega$ ) və petrofiziki parametrlərin ( $k/k_0, m/m_0$ ) layın vurucu quyu məsafəsindən asılılığı

şirin su ilə neftin sıxışdırılmasında sudoyumluq, əlaqəli (sorulmuş) suyun fiziki-kimyəvi miqdarı, duzun konsentrasiyası və layın petrofiziki xarakteristikalarının (keçiricilik və məsaməliliyin) layın vurucu quyu məsafəsindən asılı paylanması nəticəsində hesablamaları aparılmışdır (şəkil 2).

Gil saxlayan laya şirin su ilə təsirdə suyun daxilolma sahəsinin ölçüsü gil saxlamayan layla müqayisədə təxminən 2.7 dəfə azalır. Şirin suyun mineralaşma cəbhəsi sudoyumluluğun (suyun yayılma) cəbhəsindən kifayət qədər geri qalır və bu da nəticə etibarilə petrofiziki əlaqələri dəyişir. Nəticədə layın petrofiziki parametrlərinin kəskin dəyişməsi baş verir, yəni baxılan halda məsaməlik 19 %, keçiricilik isə 63 % azalır. Əlaqəli suyun miqdarı isə hidrodinamik əlaqəli su ilə müqayisədə 15.2 % artır.

İkinci halda sıxışdırma agentini kimi vurulan suyun mineralaşmasını dəyişməklə aşağıdakı variantların hesablamaları aparılmışdır: 1–2 variantlarına neft layına işlənmənin başlanğıcından lay və şirin suyun sabit miqdarda vurulmasına uyğundur; 3–7 variantları neft layına mineralaşma dərəcəsi 150 q/l lay suyunun məsamələrinin həcmi iki mislinə bərabər ( $2 \cdot V_{mas}$ ) olan miqdarda vurulmasından sonra məsamələr həcmi müəyyən hissəsi qədər ( $V_{aq} = \alpha V_{mas}$ ,  $\alpha$  – hissə) duzdan təmizlənmiş mineralaşma dərəcəsi olan şirin su əraatının yaradılması və sonradan lay suyu ilə sıxışdırılma-ya uyğundur. Burada 3 variantı lay suyu ilə işlənmənin son mərhələsində sulaşma 98 % olduqdan sonra duzdan təmizlənmiş mineralaşma dərəcəsi  $c_0=0$  olan şirin su ilə sıxışdırma-ya uyğundur, 4 variantı məsamə həcmi 0.2 (yəni  $V_{aq} = 0.2 V_{mas}$ ) laya mineralaşması  $c_0 = 40$  q/l, 5 variantı  $c_0 = 20$  q/l, 6 variantı 0.5,  $c_0 = 40$  q/l, 7 variantı 1.0,  $c_0 = 40$  q/l, 8 variantı 0.5,  $c_0 = 20$  q/l olan şirin su vurmaqla əraatının yaradılmasından sonra lay suyu ilə təsirlərə uyğundur; 9–10 variantları işlənmə-

nin başlanğıcından sabit miqdarda lay suyunun məsamə həcmi 0.2 hissəsi qədər laya vurulmasından sonra laya mineralaşması  $c_0 = 20$  q/l olan şirin su ilə (gil şişməsinə uyğun histerizis hadisəsinin baş verməməsi və verməsi halları nəzərə alınmaqla) təsir hallarına uyğundur (cədvəl).

Hesablama nəticələri cədvəldə verilibdir. 2 və 3 variantlarında son nəticələr üst-üstə düşür. 2 variantında neftvermə əmsalı 60.3 % olduqda çıxarılan məhsulda suyun miqdarı 51 %-i aşır. 3 variantında əraatı yaradıldıqdan sonra məhsulun sulaşması kəskin azalır (48 %-ə qədər), sıxışdırma prosesi 2 varianta uyğun inkişaf edir və son neftvermə əmsalı 66 % olur. 4 variantında son neftvermə əmsalı 52.5, 5 variantında 53.9, 6 variantında 54.1, 7–10 variantlarında isə 56.3, 59.2, 53.7, 53.3 % olur.

5 və 9 variantlarının müqayisəsi göstərir ki, duzdan təmizlənmiş su (şirin su) əraatı yaradılmaqla işlənmənin son mərhələsində sıxışdırmanın nəticələri praktiki olaraq üst-üstə düşür. Aparılan müqayisələr belə bir nəticə formalaşdırır ki, gil saxlayan kollektorlarda neftvermənin son qiyməti təsirin hansı vaxtdan başlanmasından asılı deyildir. Bu nəticə ilkin olaraq, işlənmənin son mərhələsində olan sulaşmış laylarda qeyd olunan təsirlərin təşkili üçün yaxşı perspektiv vəd edir. İkinci, işlənmənin başlanğıcında olan laya şirin suyun vurulmasına texniki-iqtisadi hesablamalarla təyin edilə bilən hər hansı anlarında başlamaq olar. Belə ki, ilkin andan şirin suyun vurulması neftin hasilatı tempinin azalmasına gətirib çıxarır, lakin sonra şirin su vurmanın başlanması məhsulun böyük hissəsinin sulaşmanın sonunda praktiki olaraq çıxarılmasını təmin edəcəkdir.

1 və 2 variantlarının analizi göstərir ki, lay suyu ilə sıxışdırma ilə müqayisədə sıxışdırma agentinin mineralizasiyasının dəyişməsi hesabına neftvermə əmsalını 17.2 % artırmaq mümkündür. Neftvermənin artımı su ilə əhatə əmsalının artırılması he-

| Variantlar | Neftvermə əmsalı, % | Neftvermə əmsalının təsir agentinin mineralaşmasının dəyişməsi hesabına artımı | Məsamələr həcmi $\alpha$ hissəsi olmaqla yaradılan şirin su əraatının həcmi | Əraatında şirin suyun mineralığı | Əraatı yaradıldıqdan sonra suvurma prosesində hasilatda sulaşmanın azalması, % |
|------------|---------------------|--|---|----------------------------------|--|
| 1          | 48.8                | -  | -   | -                                | -  |
| 2          | 66                  | 17.2   | -   | -                                | -  |
| 3          | 65.6                | 16.8   | -   | -                                | -  |
| 4          | 52.5                | 3.7  | 0.2   | 0.04                             | 48   |
| 5          | 53.9                | 3.8  | 0.2   | 0.02                             | 11   |
| 6          | 54.1                | 8.7  | 0.5   | 0.04                             | 68   |
| 7          | 56.3                | 11.2   | 1   | 0.04                             | -  |
| 8          | 59.2                | 12.5   | 0.5   | 0.02                             | 57   |
| 9          | 53.7                | 4.9  | -   | 0.02                             | -  |
| 10         | 53.3                | 4.5  | -   | 0.02                             | -  |

sabına əldə edilir. Belə ki, lay suyu ilə sıxışdırma-  
da əldə edilən əhatə əmsalı 61 %-dən sıxışdırma  
agentinin mineralizasiyasının dəyişməsi hesabına  
85 %-ə qədər artır.

4 variantında məhsulun sulaşmasının azalma-  
sı 11 %, neftvermə əmsalının artımı isə 3.7 %-dir.  
Şirin su araqatının həcmi 0.5 məsamə həcmində  
olduqda neftvermə əmsalında 8.7 % artım verir  
və sulaşmanın azalması 68 %-ə qədər olur (vari-  
ant 6). Əgər suyun mineralaşması araqatında 40 q/l  
deyil, 20 q/l olarsa, onda neftvermə əmsalı artımı  
12.5 % təşkil edir, sulaşma 57 %-ə enir (variant 8).

4 və 5, 6 və 8 variantlarının müqayisəsi göstə-  
rir ki, araqatın ölçüsünün azaldılması ilə duzların  
konsentrasiyasını azaltma neftvermə əmsalında  
artım effektini azaldır. Araqatının ölçüsünün mə-  
samə həcmiminin 0.5-dən 1-ə qədər artırılması neft-  
vermə əmsalını 2.5 % artırır (variant 6 və 7).

Şişmənin histerizisi nəzərə alınmaqla aparı-  
lan hesablamalar (variant 10) göstərir ki, bu hal-  
da neftveriminin mümkün qiyməti histerizis ol-  
mayan variantla (variant 9) müqayisədə müəyyən  
qədər azalır. Bu hesablamalarda qəbul olunur ki,  
gilin şişməsindən sonra yalnız layın məsaməliliyi  
bərpa oluna bilmir. Əgər keçiricilik də bərpa oluna  
bilmirsə, onda bu cür histerizisdə az həcmli araqatı  
halında suvurmanın effektivliyi (variant 10) lay-  
da histerizis olmadıqda (variant 9) böyük həcmli  
araqatı halına uyğun suvurma prosesinin effek-  
tivliyinə bərabər olur. Bu halda histerizis hadisəsi  
sıxışdırma prosesini yalnız yaxşılaşdırır.

Neftin sıxışdırılma prosesinin hesablamala-  
rı məsaməliliyinin histerizisi olduqda, keçiriciliyin  
histerizisi olmadıqda göstərir ki, məhsulun sulaş-  
ma dinamikası kifayət qədər pisləşir. 98 % sulaş-  
maya qədər neftvermə əmsalı 50 % olur və bu za-  
man anında 1.1 məsamə həcmi qədər şirin suyun  
laya vurulması neftverimini 4.5 % artırır (variant  
10). Histerizis olmadıqda 4.9 % əlavə neftin hasi-

latı isə 2.1 məsamə həcmli şirin suyun vurulması-  
nı tələb edir (variant 9).

Beləliklə, alınan nəticələr onu qeyd etməyə  
əsas verir ki, suyun mineralaşmasının dəyişmə-  
si hesabına laylarda neftin sıxışdırılmasının effek-  
tivliyini təmin etmək olur və onun qiymətləndiril-  
məsinin proqnozu konkret lay şəraitini nəzərə ala  
bilən hidrodinamik hesablamaların aparılması ilə  
birqiymətli müəyyənləşdirilə bilər.

## Nəticə

1. Gil saxlayan kollektorda neftin su ilə sıxışdırıl-  
ması prosesinin ikifazlı üçkomponentli hidrodina-  
mik modeli təklif edilir. Prosesin spesifikasiyası suyun  
axın tənliyi ilə nəzərə alınır: su həm məsamələrdə,  
həm də məsaməli mühitin süxuruna adsorbsiya olun-  
muş (süxur tərəfindən udulma) ola bilər.

2. Laya şirin su vurmaqla onun araqatının ya-  
radılmasına işlənilmənin müəyyən müddətindən  
sonra başlamaq səmərəli ola bilər. İşlənilmənin il-  
kin mərhələsində şirin suyun vurulması neft ha-  
silatının tempinin gözlənilməz azalmasına gətirib  
çıxara bilər. İşlənilmənin sonrakı mərhələsində isə  
şirin suyun vurulmasında məhsulun böyük hissə-  
sinin çıxarılmasını praktiki sulaşmanın məhdud-  
laşdırılması hesabına təmin etmək olar.

3. Gilin şişməsi artdıqca süxurlara suyun udul-  
ması və lay suyunun mineralaşmasından fərqli  
olan sahələrdə su doymululuğu azalır. Gilin şişmə  
histerizisi məhsulun sulaşma dinamikasını zəiflə-  
dir.

4. Neftin gil saxlayan kollektorlardan lay suyu  
ilə sıxışdırılmasında neftin debitinin artması təmin  
edilir və bu dövrün müddəti keçiriciliyi azalır. Şi-  
rin suyun tətbiqi isə suyun debitinin kəskin azal-  
masına gətirir. Kollektorun gilliliyi su ilə doymul-  
luğun və təzyiq sahəsinin kifayət qədər böyük  
zonada bir neçə MPa dəyişməsinə səbəb olur.

### Ədəbiyyat siyahısı

1. Сулейманов Б.А., Фейзуллаев Х.А. Моделирование изоляции водопритоков при разработке зонально-неоднородных нефтяных пластов // Известия НАН Азербайджана, сер. Науки о Земле, 2017, № 1, с. 72-81.
2. Азиз Х., Сеттарли Э. Математическое моделирование пластовых систем: пер. с английского. – М.: Недра, 1982, 407 с.
3. Цветкова М.А. Влияние минералогического состава песчаных пород на фильтрующие способности и нефтеотдачу // Тр. Института неftи АН СССР, 1954, вып. 3, с. 207-211.
4. Хавкин А.Я. Об особенностях разработки юрских пластов Сибирского региона // Нефтяная промышленность, сер. Разработка нефтяных месторождений и методы повышения нефтеотдачи, 1992, № 5, с. 4-6.
5. Коновалов А.Н. Задачи фильтрации многофазной несжимаемой жидкости. – Новосибирск: НГУ, 1972, 143 с.
6. Забродин П.И., Хавкин А.Я., Чернышев Г.И. Радиометрические исследования особенностей фильтрации разно-минерализованных вод в глиносодержащих коллекторах // Нефтяная промышленность, сер. Разработка нефтяных месторождений и методы повышения нефтеотдачи, 1991, № 6, с. 1-9.
7. Аширов А.Б., Выжигин Г.В., Данилова А.И. и др. Изменение коллекторских свойств продуктивных пластов при разработке залежей // Нефтяное хозяйство, 1980, № 3, с. 29-33.