

Sıxılmayan özlü-plastik neftin qeyri-bircins layda xətti birölçülü süzülmə axını

S.H. Novruzova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Elektron ünvan: petrotech@asoiu.az

Məqalədə sıxılmayan özlü-plastik neftin sadə qeyri-bircins hallarında, zolaqvari laydan düzxətli kəhrizə doğru yastı-paralel xətti süzülmə, axınlarına aid stasionar hidrodinamik məsələlərin həlli nəticələri təqdim edilmişdir. Burada ümumiləşdirilmiş Darsi süzülmə qanununun diferensial tənliliyi həll edilmiş və məhsuldar layın müxtəlif keçiricilikli hər iki hissəsində kəhrizin istismarını xarakterizə edən əsas parametrlər üçün hidrodinamik hesablama düsturları çıxarılmışdır. Həmin düsturlar vasitəsilə layın süzülmə sürəti, cari təzyiqlik, orta keçiricilik əmsalları, cari başlanğıc təzyiqlik qradientləri və orta qiymətləri hesablanmışdır. Kəşf edilən özlü-plastik neft yataqlarının işlənmə layihələrini tərtib zaman və başqa işlənmə məsələlərinin həllində bu düsturlardan istifadə edilə bilər.

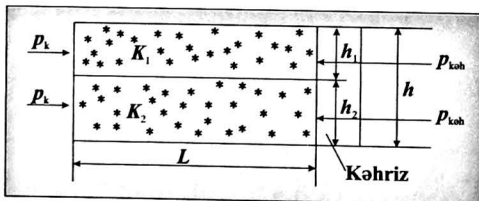
Açar sözlər: özlü-plastik neft, zolaqvari yataq, düzxətli kəhriz, birölçülü axın, süzülmə qanunu, debit, təzyiqlik qradienti, qeyri-bircins lay, təbəqə.

Məqalədə məhsuldar sadə qeyri-bircins layın iki halına baxılmışdır. Hər bir baxılan halda məhsuldar layın iki müxtəlif keçiricilikli hissəsində baş verən xətti süzülmə proseslərinin, yəni zolaqvari yataqda işlədilmiş düzxətli kəhrizin istismarının (şaxta üsulu ilə) əsas parametrləri, həmçinin qeyri-bircins layın orta keçiriciliyi üçün hidrodinamik hesablama düsturları çıxarılmışdır.

Məhsuldar neft layları yer səthinə yaxın dərinliklərdə yatmış, bu səbəbdən onları şaxta üsulu ilə istismar etmək mümkündür [1-4].

Birinci hal. Məhsuldar neft layı müxtəlif keçiricilik və qalınlıqlı iki təbəqədən ibarətdir.

Şəkil 1-də iki müxtəlif keçiricilikli və qalınlıqlı təbəqədən ibarət olan layın sxemi təqdim edilmişdir. Hər iki təbəqədə süzülmə prosesi ümu-



Şəkil 1. Müxtəlif keçiricilikli iki təbəqədən ibarət zolaqvari yataqda düzxətli kəhrizin sxemi

miləşdirilmiş Darsi qanununa tabe olur, çünki süzülən neft özlü-plastik mayedir.

Qeyd etdiyimiz süzülmə qanununun diferensial tənliliyini həll edərək, təbəqələrdəki süzülmə sürətləri üçün aşağıdakı ifadələr alınmışdır:

$$v_1 = \frac{(p_k - p_{kb}) K_1}{\eta L} - \frac{G_1 K_1}{\eta}, \quad (1)$$

$$v_2 = \frac{(p_k - p_{kb}) K_2}{\eta L} - \frac{G_2 K_2}{\eta}, \quad (2)$$

burada v_1, v_2 – uyğun olaraq birinci və ikinci lay təbəqələrində süzülmə sürətləri, m/s; p_k, p_{kb} – lay və kəhrizin dinamik dib təzyiqləri, MPa; K_1, K_2 – lay təbəqələrinin keçiricilikləri, m²; η – özlü-plastik neftin lay şəraitindəki struktur özlülüyü, mPa·s; G_1, G_2 – təbəqələrdə təzahür edən başlanğıc təzyiqlik qradientləri, MPa/m; L – layın uzunluğudur, m.

Təbəqələrin süzülmə sürətinin nisbəti

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{K_1 \left(1 - \frac{G_1 L}{p_k - p_{kb}}\right)}{K_2 \left(1 - \frac{G_2 L}{p_k - p_{kb}}\right)},$$

$$\frac{L}{p_k - p_{kb}} = A \text{ işarəsini qəbul edərək, alırıq}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{K_1 (1 - AG_1)}{K_2 (1 - AG_2)}. \quad (3)$$

Təbəqələrin süzülmə sahələri

$$F_1 = ah_1; F_2 = ah_2; F = F_1 + F_2 = ah_1 + ah_2 = ah;$$

$$h = h_1 + h_2,$$

burada h_1, h_2 – təbəqələrin qalınlığı, m; h – layın tam qalınlığı, m; F_1, F_2 – təbəqələrdə süzülmə səthləri sahələri, m²; F – layın tam süzülmə səthinin sahəsi; a – layın enidir, m.

Təbəqələrdə süzülmə səthləri sahələrini nəzərə alaraq, onların debitlərinin hesablanması üçün aşağıdakı düsturlar alınmışdır

$$Q_1 = \frac{(p_k - p_{kb}) K_1 ah_1}{\eta L} - \frac{K_1 ah_1 G_1}{\eta}, \quad (4)$$

$$Q_2 = \frac{(p_k - p_{kb}) K_2 ah_2}{\eta L} - \frac{K_2 ah_2 G_2}{\eta}. \quad (5)$$

Qeyri-bircins layın tam (ümumi) gündəlik hasilatı olacaq

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{a(p_k - p_{kb})}{\eta L} (K_1 h_1 + K_2 h_2) - \frac{a}{\eta} (K_1 h_1 G_1 + K_2 h_2 G_2). \quad (6)$$

Kəhrizin tam debitini zolaqvari layın özlü-plastik neftə görə və orta başlanğıc təzyiqlik qradientindən istifadə edərək aşağıdakı düsturu alırıq

$$Q = \frac{(p_k - p_{kb}) K_{or} ah}{\eta L} - \frac{K_{or} ah G_{or}}{\eta}. \quad (7)$$

Düsturlar (6) və (7) eyni debitləri ifadə etdikləri üçün

$$K_{or} h = K_1 h_1 + K_2 h_2;$$

$$K_{or} h G_{or} = K_1 h_1 G_1 + K_2 h_2 G_2;$$

$$K_{or} = \frac{K_1 h_1 + K_2 h_2}{h_1 + h_2}; \quad (8)$$

$$G_{or} = \frac{K_1 h_1 G_1 + K_2 h_2 G_2}{K_1 h_1 + K_2 h_2}. \quad (9)$$

Əgər qeyri-bircins lay n sayda müxtəlif keçiricilikli və müxtəlif başlanğıc təzyiqlik qradientli

təbəqələrdən ibarət olarsa, onda həmin düsturlar aşağıdakı kimidir

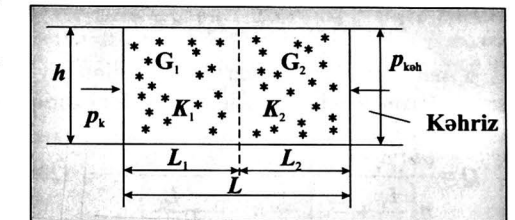
$$K_{or} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}; \quad (10)$$

$$G_{or} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i h_i G_i}{\sum_{i=1}^n K_i h_i}. \quad (11)$$

Cari təzyiqlik drenaj zonasında paylanması qanunu hər iki təbəqə üçün eyni olacaq

$$p = p_k - \frac{p_k - p_{kb}}{L} x. \quad (12)$$

İkinci hal. Məhsuldar neft layı müxtəlif keçiricilikli və eyni qalınlıqlı iki zonadan ibarətdir. Bu zonalardan layın keçiricilikləri müxtəlif olduğu üçün, onlarda təzahür edən başlanğıc təzyiqlik qradientləri (BTQ) də müxtəlifdir.



Şəkil 2. Müxtəlif keçiricilikli iki zonadan ibarət zolaqvari yataqda düzxətli kəhrizin sxemi

Şəkil 2-də müxtəlif keçiricilikli və özlü-plastik neftlə doymuş iki zonadan ibarət olan sadə qeyri-bircins zolaqvari layın sxemi təqdim edilmişdir.

Layın müxtəlif zonalarda cari təzyiqlik səpələnməsi qanunu aşağıdakı kimi alınmışdır

$$p_1 = p_k - \frac{p_k - p_A}{L_1} x; \quad (13)$$

$$p_2 = p_A - \frac{p_k - p_{kb}}{L_2} (x - L_1). \quad (14)$$

burada p_A – müxtəlif keçiricilikli zonalarda sərhəddəki təzyiqlikdir.

Qrafik olaraq, bu qanunlar sınıq düz xətlə ifadə olunur.

Süzülmə axını kəsilməz olduğuna görə və maye (neft) sərfi sabit qaldığı üçün, özlü-plastik neftin müxtəlif zonalarda süzülmə sürəti bərabər olur, yəni

$$v_1 = v_2 = v. \quad (15)$$

Burada

$$v_1 = \frac{(p_k - p_A)K_1}{\eta L_1} - \frac{G_1 K_1}{\eta}; \quad (16)$$

$$v_2 = \frac{(p_A - p_{kh})K_2}{\eta L_2} - \frac{G_2 K_2}{\eta}. \quad (17)$$

Süzülmə səthinin sahəsi

$$F = ah$$

Kəhrizin debiti aşağıdakı düsturlarla ifadə olunur

$$Q = \frac{(p_k - p_A)K_1 ah}{\eta L_1} - \frac{K_1 ah G_1}{\eta} = \frac{(p_A - p_{kh})}{\eta L_2} - \frac{K_2 ah G_2}{\eta}. \quad (18)$$

(18)-dən müxtəlif keçiricilikli zonalarnın sərhəndəki təzyiç üçün aşağıdakı düsturu alırıq

$$p_A = \frac{K_1 L_2 p_k + K_2 L_1 p_k - L_1 L_2 (K_1 G_1 - K_2 G_2)}{K_1 L_2 + K_2 L_1}, \quad (19)$$

p_A -nın qiymətini (19)-dan (18)-də yerinə qoy-saq, kəhrizin debiti üçün aşağıdakı düsturu alırıq

$$Q = \frac{ah(p_k - p_{kh})}{\eta \left(\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} \right)} - \frac{ah(L_1 G_1 + L_2 G_2)}{\eta \left(\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} \right)}. \quad (20)$$

Düstur (20)-ni düstur (18)-lə müqayisə etsək alırıq

$$\frac{K_{or}}{L} = \frac{1}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2}}; \quad K_{or} G_{or} = \frac{L_1 G_1 + L_2 G_2}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2}}.$$

Beləliklə, qeyri-bircins layın orta keçiricilik əmsalı aşağıdakı kimi təyin edilir

$$K_{or} = \frac{L_1 + L_2}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2}}. \quad (21)$$

Qeyri-bircins layda təzahür edən orta BTQ olacaq

$$G_{or} = \frac{L_1 G_1 + L_2 G_2}{L_1 + L_2}. \quad (22)$$

Burada

$$L = L_1 + L_2.$$

Əgər qeyri-bircins lay müxtəlif keçiricilikli və BTQ-li n sayda zonalardan ibarət olarsa, onun orta keçiricilik əmsalı:

$$K_{or} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{K_i}}. \quad (23)$$

Bu layda təzahür edən orta BTQ isə aşağıdakı düsturla ifadə olunur

$$G_{or} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i G_i}{\sum_{i=1}^n L_i}. \quad (24)$$

Nəticə

1. Sıxılmayan özlü-plastik neftin sadə qeyri-bircinslik hallarında, zolaqvar laydan düzxətli kəhrizə doğru yastı-paralel xətti süzülmə axınlarına dair stasionar hidrodinamik məsələlər həll edilmişdir.

2. Ümumiləşdirilmiş Darsi süzülmə qanunun diferensial tənliyini həll edərək, layın hər iki hissəsində kəhrizin istismarını xarakterizə edən əsas parametrlər üçün hidrodinamik hesablama düsturları çıxarılmışdır.

3. Həll edilmiş məsələlərdə, məhsuldar layın müxtəlif keçiricilikli hissələrində (təbəqə və zonalay) süzülmə sürətləri, təzyiç qradientləri, məhsuldarlıq, cari təzyiç və s. üçün düsturlar çıxarılmışdır.

4. Bu düsturlar qeyri-bircins laydan düzxətli süzülmə axınlarında tətbiq edilməli və quyuy cərgələrilə işlənən neft yataqlarındakı yastı-paralel süzülmə axınlarında istifadə olunmalıdır.

5. Yeni kəşf edilmiş və özlü-plastik neftlə doymuş yataqların işlənmə layihəsinin tərtib zamanı və digər işlənmə məsələlərinin həllində çıxarılmış düsturların böyük nəzəri və praktiki əhəmiyyəti vardır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Кристеа Н. Подземная гидравлика. – М.: Гостоптехиздат, 1961, с. 145-152.
2. Сафаров Э.Е. Плоско-радиальное стационарное движение несжимаемой вязко-пластичной нефти из круговой неоднородной залежи с переменными геолого-физическими условиями к скважине // Экономика и организация промышленного производства, 2017, № 3, с. 23-29.
3. Мамедова Е.Е., Мустафаев С.Д. Плоскорadiaльная стационарная фильтрация несжимаемой вязко-пластичной нефти в неоднородной пористой среде // Экономика и организация промышленного производства, 2016, № 2, с. 62-70.
4. Новрузова С.Г., Самедов Т.А., Мустафаев С.Д. О простых фильтрационных потоках несжимаемых вязко-пластичных нефтей в однородном пласте, Ухтинский государственный технический университет, межрегиональная конференция "Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов", Россия, г. Ухта, 2014, 14-15 ноября, с. 158-164.

Линейный одномерный фильтрационный поток несжимаемой вязко-пластичной нефти в неоднородном пласте

С.Г. Новрузова

Представлены результаты решения задач о стационарных фильтрационных плоскопараллельных потоках из полоскообразного пласта к прямолинейной галерее. Здесь решено дифференциальное уравнение обобщенного закона Дарси и выведены гидродинамические расчетные формулы основных параметров, характеризующих эксплуатацию прямолинейной галереи. Решая дифференциальное уравнение обобщенного закона Дарси для основных параметров, характеризующих обе части неоднородного пласта выведены расчетные формулы скорости фильтрации, текущего давления, производительности, текущего градиента давления, а также средней проницаемости, средних начальных градиентов давления, общего дебита галереи. С помощью этих формул должен составляться проект разработки нового разведанного месторождения вязко-пластичной нефти, кроме того их нужно использовать при решении различных задач разработки таких месторождений.

Ключевые слова: вязко-пластичная нефть, полоскообразная залежь, прямолинейная галерея, одномерный поток, закон фильтрации, градиент давления, неоднородный пласт, слой.

Linear one-dimensional filtration flow of incompressible viscous-plastic oil in inhomogeneous reservoir

S.G. Novruzova

The paper presents the results of task solution on stationary filtration plane-parallel flows from the stripe-like layers to the straight-line gallery. Differential equation of generalized Darcy law has been solved and hydrodynamic calculation formula of the main parameters characterizing the operation of straight-line gallery developed. While solving the differential equation of generalized Darcy law for the main parameters characterizing both parts of inhomogeneous formation, the calculation formulas of filtration rate, current pressure, productivity, current pressure gradient, as well as average permeability, average initial pressure gradient and total gallery recovery rate have been developed. Due to them, the exploration project of recently proven field with viscous-plastic oil should be developed, besides, they have to be used in the solution of various tasks of such fields' development.

Keywords: viscous-plastic oil, strip-like deposit, straight-line gallery, one-dimensional flow, filtration law, pressure gradient, inhomogeneous reservoir, layer.