

Sıxılmayan qeyri-Nyuton neftin bircins laydan düzxətli kəhrizə doğru sərbəst səthli süzülməsi

E.V. Qədəşova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Elektron ünvan: elmira_qadashova@hotmail.com

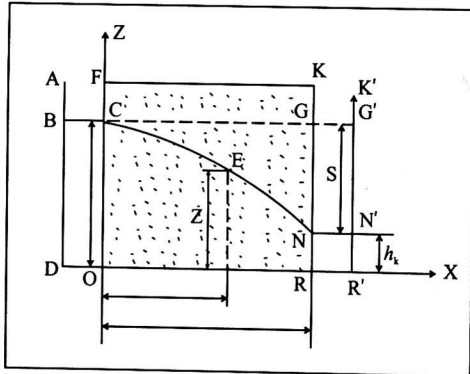
Məqalədə sıxılmayan qeyri-Nyuton neftin bircins məsələli mühitdən düzxətli kəhrizə doğru sərbəst səthli stasionar süzülməsi məsələsi həll edilmişdir. Həmin neftin layda yastı-paralel süzülmə prosesi ümumi şəkilli qeyri-xətti süzülmə qanununa tabedir və ondakı c və n sabit kəmiyyətlər çoxsaylı müxtəlif qiymətlər ala bilər; lakin konkret geoloji-fiziki şərait üçün onların qiymətləri kəhrizin tədqiqi nəticəsində təyin edilir.

Məsələ ümumi şəkildə həll edilmiş, süzülmə prosesinin əsas parametrlərinin, yəni debitin, süzülmə sürətinin, cari səviyyə qradientinin düsturları çıxarılıb və fəza koordinatından asılı olaraq, sərbəst səthli səviyyənin dəyişməsi (azalması) qanunu təyin edilmişdir. Bunlardan başqa, qeyri-Nyuton neft hissəciyinin süzülmə yolunda qidalanma sahəsindən kəhrizədək yerdəyişmə müddətinin təyini üçün üsul təklif edilmişdir.

Konkret geoloji-fiziki şəraitlərdə c və n sabitlərinin qiymətlərini təyin etmək üçün kəhriz tədqiq edilməli, indikator diaqramı qurulmalı və ona empirik tənlik seçilməlidir.

Açar sözlər: qeyri-Nyuton neft, bircins lay, sərbəst səthli süzülmə, debit, süzülmə sürəti, səviyyə qradienti, süzülmə qanunu, diferensial tənlik, yerdəyişmə müddəti.

Fərz edək ki, horizontal düzxətli neftiyyəmə kəhrizi yer səthinə yaxın dərinlikdə birinci yatmış neft layını açmış və keçiriciliyi olmayan gil layının üzərində yerləşir. Lay şəraitlərində neft qeyri-Nyuton mayedir. Bu məhsuldar layın üstündə yer



Sərbəst səthli neftin süzülmə axınının şaquli kəsiyi, axın düzxətli kəhrizə doğrudur

səthinədək heç bir keçirməyən lay və ya lay təbəqəciyi yerləşməmişdir, yəni onun atmosferlə hidrodinamik əlaqəsi vardır.

Düzxətli kəhriz qərarlaşmış rejimdə işləyəndə layın qidalanma konturundan kəhrizədək süzülmə yolunda neftin sərbəst səthli səviyyə hündürlüyü bir əyri üzrə azalır və həmin əyri monoton azalan funksional asılılığın qrafiki olur.

Şəkilə bu süzülmə axını istiqamətində uzununa kəsiyi sxematik təsvir edilmişdir, burada ADOF – qidalanma sahəsinin kəsiyi; KRR'K' – kəhrizin en kəsiyi, FORK – layın uzununa kəsiyi, FK – yerin səthi; OR – keçirməyən gil layı; BC – qidalanma sahəsində neftin səviyyəsidir və h_k hündürlüyündə sabit saxlanılır; CG və CG' – layda və kəhrizdə neftin statik səviyyələri (kəhrizdən neft alınmadıqda); NN' – kəhrizdə dinamik sərbəst səthli neft səviyyəsidir və h_k hündürlüyündə sabit saxlanılır; CEN – depressiya səthinin kəsiyidir (qərarlaşmış neft alımında) [1, 2].

Özlü-plastik neft layı üçün analogi məsələnin həlli [2]-də verilmişdir.

Neft lay şəraitində qeyri-Nyuton maye olduğundan onun süzülmə prosesi aşağıdakı qeyri-xətti süzülmə qanununa tabe olur:

$$v = c \left(-\frac{dz}{dx} \right)^{\frac{1}{n_0}}, \quad (1)$$

burada mənfi (-) işarəsi onu göstərir ki, fəza koordinatı x artdıqca, sərbəst səthli səviyyənin hündürlüyü z azalır.

Kəhrizin debiti ilə laydakı süzülmə sürəti arasındakı məlum əlaqəyə əsasən yazıla bilər:

$$Q = azv = azc \left(-\frac{dz}{dx} \right)^{\frac{1}{n_0}}, \quad (2)$$

burada c və n_0 – sabit kəmiyyətlərdir və $1 < n_0 < 2$ -dir. Diferensial tənlik (2)-ni dəyişənlərə ayıraraq:

$$z^{n_0} dz = -\left(\frac{Q}{ac} \right)^{n_0} dx. \quad (3)$$

Diferensial tənlik (3)-ü aşağıdakı hədlərdə inteqrallasaq, alırıq:

$$\int_{h_k}^{h_k} z^{n_0} dz = -\left(\frac{Q}{ac} \right)^{n_0} \int_0^{L_k} dx;$$

$$Q = ac \left[\frac{h_k^{n_0+1} - h_{kh}^{n_0+1}}{(n_0+1)L_k} \right]^{n_0}. \quad (4)$$

Düstur (4) ilə baxılan süzülmə halında kəhrizin debiti hesablanır; əgər burada $n_0=1$ qəbul edilərsə, onda nyuton nefti üçün həll edilmiş analogi məsələdə

düzxətli kəhrizin debiti $Q = \frac{ak\gamma(h_k^2 - h_{kh}^2)}{2\mu L}$ alınır.

Əgər (3) diferensial tənliyini başqa hədlərdə inteqrallasaq, alırıq:

$$\int_z^{h_k} z^{n_0} dz = -\left(\frac{Q}{ac} \right)^{n_0} \int_x^{L_k} dx,$$

$$Q = ac \left[\frac{h_k^{n_0+1} - z^{n_0+1}}{(n_0+1)(L_k - x)} \right]^{\frac{1}{n_0}}. \quad (5)$$

İfadə (4)-dən debitin qiymətini (5) ifadəsində yerinə qoysaq, alırıq:

$$z = -\left(h_{kh}^{n_0+1} + \frac{h_k^{n_0+1} + h_{kh}^{n_0+1}}{L_k} \cdot x \right)^{\frac{1}{n_0+1}}. \quad (6)$$

Düstur (6) cari sərbəst səthli səviyyənin fəza koordinatından asılı olaraq, dəyişməsi (azalması) qanunudur, yəni $z=z(x)$ funksional asılılığının analitik ifadəsidir; göründüyü kimi o sərbəst süzülmə səthi ilə düzxətli kəhrizə paralel vertikal müstəviyin kəsişməsindən alınan əyri xəttin tənliyidir.

Düstur (5)-dən istifadə edərək, cari süzülmə sürəti üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$v = \frac{Q}{az} = c \left[\frac{h_k^{n_0+1} - z^{n_0+1}}{(n_0+1)(L_k - x)} \right]^{\frac{1}{n_0}} \cdot \frac{1}{z} \quad (7)$$

Cari sərbəst səthli səviyyə qradientini təyin etmək üçün (6) ifadəsində z-dən x-ə görə törəmə alırıq:

$$\frac{dz}{dx} = -\frac{h_k^{n_0+1} + h_{kh}^{n_0+1}}{(n_0+1)L_k} \cdot x \left(h_k^{n_0+1} + \frac{h_k^{n_0+1} + h_{kh}^{n_0+1}}{L_k} \cdot x \right)^{\frac{n_0}{n_0+1}}. \quad (8)$$

İfadə (8)-dən göründüyü kimi, cari səviyyə qradienti əyri xəttli qanuna tabedir.

Cari süzülmə sürətilə məsələ kanallarında qeyri-Nyuton həqiqi orta sürəti arasındakı məlum əlaqədən istifadə edərək yazırıq:

$$\omega = \frac{v}{m} = \frac{c}{m} \left[\frac{h_k^{n_0+1} - z^{n_0+1}}{(n_0+1)(L_k - x)} \right]^{\frac{1}{n_0}} \cdot \frac{1}{z} = -\frac{dx}{dt}. \quad (9)$$

Müəyyən riyazi çevirmələr aparıldıqdan sonra ifadə (9) aşağıdakı kimi yazılır:

$$\frac{c}{m} \cdot \frac{h_k^{n_0+1}}{(n_0+1)(L_k - x)} \cdot \frac{z^{\frac{n_0+1}{n_0}}}{(n_0+1)(L_k - x)} = -\frac{dx}{dt}. \quad (10)$$

Düstur (6)-dan z-in qiymətini ifadə (10)-da yerinə yazıb alırıq:

$$\frac{c}{m(n_0+1)(L_k - x)} \cdot \left[\frac{h_k^{n_0+1}}{\left(-\left(h_{kh}^{n_0+1} + \frac{h_k^{n_0+1} + h_{kh}^{n_0+1}}{L_k} \cdot x \right) \right)^{\frac{n_0+1}{n_0}}} \cdot \frac{1}{n_0(n_0+1)} \right] = -\frac{dx}{dt}. \quad (11)$$

İndi diferensial tənlik (11)-i dəyişənlərə ayıraq:

$$dt = \frac{m(n_0 + 1)(L_k - x)}{c \left[\frac{h_{kh}^{n_0+1}}{L_k} - \left(h_{kh}^{n_0+1} + \frac{h_k^{n_0+1} + h_{kh}^{n_0+1}}{L_k} \cdot x \right)^{\frac{1}{n_0(n_0+1)}} \right]} dx. \quad (12)$$

Əgər bu diferensial tənliyi t -yə görə 0-dan t -yədək və x -ə görə 0-dan L_k -dək inteqrallasaq, onda qeyri-Nyuton neft hissəciyinin qidalanma konturundan kəhrizədək yerdəyişmə müddətini hesablamaq üçün düstur çıxarılar.

Praktiki məsələnin həlli üçün c və n_0 sabit kəmiyyətlərinin ədədi qiymətlərini bilmək lazımdır. Bu məqsədlə baxılan düz xətlili kəhrizi qərarlaşmış axınlarda hidrodinamik üsulla tədqiq edib indikator diaqramı qurulmalı, həmçinin əyri şəklində alınmış qrafiki asılılığa empirik tənlik seçilməlidir [1, 2].

Filtration of incompressible non-Newtonian oil from the homogeneous reservoir to the straight-line gallery with a free surface

E.V. Gadashova

The paper solves the stationary problem of incompressible non-Newtonian oil filtration from homogeneous porous medium for a straight-line gallery with a free surface. Plane-parallel filtration process obeys nonlinear law of filtration in the general form in which the present c and n constants can gain many different values; however, their values for a specific environment can almost be defined in the result of the gallery study, as well as the indicator chart can be built and an empirical equation chosen.

As a result of the problem solution, the formulas of major filtration parameters, i.e. filtration speed, flow rate of the gallery, the current gradient level with a free surface, and in addition, the distribution of the level with a free surface in the path of the filtration zone of the drainage were derived. On the other hand, the definition method of the movement time of non-Newtonian oil particles from external reservoir boundary to the gallery was developed as well.

Keywords: non-Newtonian oil, homogeneous reservoir, free surface filtration, flow rate, filtration rate, level gradient, filtration law, differential equation, advance time.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Пыхачев Г.Б. Подземная гидравлика. – М.: Гостоптехиздат, 1961, с. 120-127.
2. Ноорузова С.Г. Об особенностях продуктивности галерей и скважин, эксплуатирующих вязко-пластичные нефтяные залежи // Нефтепромысловое дело, 2014, № 1, с. 23-25.

Фильтрация несжимаемой неньютоновской нефти из однородного пласта к прямолинейной галерее со свободной поверхностью

Э.В. Гадашева

Решена стационарная задача фильтрации несжимаемой неньютоновской нефти из однородной пористой среды к прямолинейной галерее со свободной поверхностью. Плоскопараллельный процесс фильтрации подчиняется нелинейному закону фильтрации в общем виде, в котором присутствующие постоянные величины c и n могут получить многочисленные различные значения; однако их значения для конкретных условий, можно практически определить в результате исследования галереи, построить индикаторную диаграмму и выбрать эмпирическое уравнение.

В результате решения этой задачи, вывелись формулы основных параметров фильтрации, т.е. скорости фильтрации, дебита галереи, текущего градиента уровня со свободной поверхностью, кроме того, установлен закон распределения уровня со свободной поверхностью в пути фильтрации зоны дренажа. С другой стороны, разработана также методика определения времени продвижения частицы неньютоновской нефти из контура питания до галереи.

Ключевые слова: неньютоновская нефть, однородный пласт, фильтрация со свободной поверхностью, дебит, скорость фильтрации, градиент уровня, закон фильтрации, дифференциальное уравнение, время продвижения.