

Приближенное решение задачи одномерной установившейся фильтрации сжимаемой вязко-пластичной жидкости в пористой среде

R.M. Mamedov

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: радиус воронки депрессии, вязко-пластичная жидкость, сжимаемость, упругое расширение, одномерная фильтрация, градиент сдвига, контур питания, плотность.

e-mail: Oil.man25@mail.ru

Məsəməli mühitdə sıxılan özlü-plastik mayenin birölçülü qərarlaşmış süzülməsi məsələsinin təqribi həlli

R.M. Məmmədov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Açar sözlər: depressiya qıfının radiusu, özlü-plastik maye, sıxılma, elastik genişlənmə, birölçülü süzülmə, sürüşmə gradiyenti, qidalanma konturu, sıxlıq.

Layın açılmasından əvvəl təzyiq və nəticə olaraq sıxlıq və sıxılma neft yatağı boyunca ilkin lay təzyiqinə və ona müvafiq olan sıxlığa və sıxılmaya bərabərdir. Məsələnin həlli üçün horizontal lay tədqiq edilib. Ağırliq qüvvəsini nəzərə almadan, layın kiçik qalınlığına görə hesablamalar mayenin basqısına və təzyiqinə əsasən aparılır. Özlü-plastik mayenin sıxılma dərəcəsini nəzərə alaraq, elastik rejim şəraitində layın quyu ilə açılması nəticəsində baş verən proses müəyyən edilib.

Approximate task solution on mono-dimensional set filtration of compressible viscous-plastic liquid in porous medium

R.M. Mammadov

Azerbaijan State Oil and Industry University

Keywords: depression socket radius, viscous-plastic liquid, compressibility, elastic extension, mono-dimensional filtration, shear gradient, external boundary, density.

Prior to the penetration with wells, the pressure and consequently the density and compressibility in the whole oil deposit are same and equal to the initial formation pressure and corresponding it density and compressibility as well. To resolve this task, a horizontal formation was reviewed. Herewith, the calculations are carried out regarding the head and pressure of the liquid neglecting the action of gravity, in the result of insignificant formation thickness. The process occurring in the layer during the penetration with a well in conditions of elastic drive considering the compressibility of viscous-plastic liquid was defined.

Как известно, начиная с момента вскрытия залежи, по мере отбора сжимаемой вязко-пластичной жидкости падение давления распространяется от скважины до контура питания, что в свою очередь приводит к расширению находящейся в пласте жидкости, и в результате начинается процесс вытеснения нефти из пласта в скважину. В промышленовой практике этот процесс называется процессом увеличения "радиуса действия" скважины, или – расширения "воронки депрессии". Характерной особенностью процесса является постоянство давления на внешней границе воронки депрессии, величина которой, при начальных условиях, равна первоначальному пластовому давлению.

С начала разработки, когда радиус воронки депрессии приближается к контуру области питания, давление на котором в условиях данного режима можно во многих случаях считать постоянным, движение жидкости станет установившимся и при решении практических задач её можно считать вязко-пластичной.

Однако, если количество жидкости, поступающей в пласт в области питания меньше количества жидкости, отбираемой из пласта, или равно нулю, то движение жидкости в условиях пласта будет происходить при падении пластового давления, характеризующего истощение пластовой энергии.

В реальных условиях разработка нефтяных месторождений происходит в течение

длительного промежутка времени, который исчисляется годами; тогда изменение во времени дебита жидкости и давления происходит медленно.

Такой подход позволяет рассматривать данные задачи приближенно, т.е. считать, что в каждый момент времени дебит жидкости и распределение давления в пласте такие же, как и в случае установившейся фильтрации несжимаемой жидкости при тех же граничных условиях.

В предыдущей работе мы рассматривали процесс фильтрации сжимаемой вязко-пластичной жидкости. Общее уравнение для сжимаемости можно записать как:

$$\frac{d\rho}{\rho} = \beta dp. \quad (1)$$

Примем, что коэффициент объемного упругого расширения жидкости постоянный параметр и, интегрируя полученное уравнение по давлению в пределах от p_k до p_r и плотности от ρ_k до ρ_r имеем:

$$\ln \frac{\rho_k}{\rho_r} = \beta (p_k - p_r). \quad (2)$$

Разложим входящую в уравнение состояния величину $\ln \frac{\rho_k}{\rho_r}$ в ряд и ограничимся первым членом ряда

$$\ln \frac{\rho_k}{\rho_r} = \frac{\rho_k}{\rho_r} - 1 = \frac{\rho_k - \rho_r}{\rho_r}. \quad (3)$$

Тогда общую формулу можно записать как

$$\int_{\rho_r}^{\rho_k} \frac{d\rho}{\rho} = \beta \left(\frac{Q\eta}{kF} + i_0 \right) \int_0^L dx \quad (4)$$

Откуда

$$\ln \frac{\rho_k}{\rho_r} = \beta \left(\frac{Q\eta}{kF} + i_0 \right) L. \quad (5)$$

Решая совместно конечные уравнения, имеем

$$\frac{\rho_k - \rho_r}{\rho_r} = \beta \left(\frac{Q\eta}{kF} + i_0 \right) L. \quad (6)$$

Следовательно,

$$\rho_k - \rho_r = \rho_r \beta \left(\frac{Q\eta}{kF} + i_0 \right) L. \quad (7)$$

В ранних работах было отмечено, что

$$\rho_k - \rho_r = \rho_0 \beta (p_k - p_r) (1 + \beta \bar{p}). \quad (8)$$

Тогда, решая совместно уравнения (7) и (8), имеем:

$$\rho_r \beta \left(\frac{Q\eta}{kF} + i_0 \right) L = \rho_0 \beta (p_k - p_r) (1 + \beta \bar{p}). \quad (9)$$

Решая (9) относительно объемного расхода, получим:

$$\frac{Q\eta}{kF} + i_0 = \frac{\rho_0}{\rho_r} \frac{(p_k - p_r)}{L} (1 + \beta \bar{p}) \quad (10)$$

или

$$\frac{Q\eta}{kF} = \frac{\rho_0}{\rho_r} (p_k - p_r) (1 + \beta \bar{p}) - i_0, \quad (11)$$

откуда находим

$$Q = \frac{kF}{\eta} \left[\frac{\rho_0}{\rho_r} (p_k - p_r) (1 + \beta \bar{p}) - i_0 \right]. \quad (12)$$

Если принять, что в частном случае $\rho_r = \rho_0$, тогда

$$Q = \frac{kF}{\eta} \left[\frac{(p_k - p_r)}{L} (1 + \beta \bar{p}) - i_0 \right]. \quad (13)$$

Считая жидкость несжимаемой, т.е. $\beta = 0$, имеем

$$Q = \frac{kF}{\eta} \left[\frac{(p_k - p_r)}{L} - i_0 \right]. \quad (14)$$

(14) является формулой для фильтрации вязко-пластичной жидкости.

Принимая, что жидкость ньютоновская, имеем формулу Дарси для одномерной установившейся фильтрации.

Выводы

1. Определена формула для фильтрации вязко-пластичной жидкости.
2. Проведенный анализ показывает, что объемный расход сжимаемой вязко-пластич-

ной жидкости в случае установившегося движения является величиной переменной, так как плотность жидкости и начальный градиент сдвига есть функция x .

Список литературы

1. Scherenlicht D.V. Hydraulics. – М.: Kolos, 2005, 655 p.
2. Dontsov K.M. The development of oil fields. – М.: Nedra, 1977, 360 p.
3. Underground hydraulics / Under the supervision of prof. K.S. Basniev. – М.: Izhevsk, 2014, 520 p.
4. Дмитриев Н.М., Максимов В.М., Мамедов М.Т. Законы фильтрации с предельным градиентом в анизотропных пористых средах // Известия РАН. Механика жидкости и газа, 2010, № 2, с. 64-71.
5. Баширов С.С. Динамический анализ разработки месторождений с ньютоновскими нефтями / Материалы региональной науч.-техн. конференции. Проблемы разработки месторождений высоковязких нефтей и битумов, Ухта, 2009, с. 108-111.

References

1. Scherenlicht D.V. Hydraulics. – М.: Kolos, 2005, 655 p.
2. Dontsov K.M. The development of oil fields. – М.: Nedra, 1977, 360 p.
3. Underground hydraulics / Under the supervision of prof. K.S. Basniev. – М.: Izhevsk, 2014, 520 p.
4. Dmitriev N.M., Maksimov V.M., Mamedov M.T. Zakony filtratsii s predel'ny'm gradientom v anizotropnykh poristyykh sredakh // Izvestia RAN. Mekhanika zhidkosti i gaza, 2010, No 2, pp. 64-71.
5. Bashirov S.S. Dinamicheskiy analiz razrabotki mestorozhdeniy s nyenyutonovskimi neftyami / Materialy regional'noi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. Problemy razrabotki mestorozhdeniy vysokovazkostnykh neftei i bitumov, Ukhta, 2009, pp. 108-111.