

УДК 517.958+532.546

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

© Д. Ж. Ахмед-Заки*, Н. Т. Данаев

* darhan@mail.ru

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

С учетом процессов теплообмена на базе математической модели Бакли – Леверетта, описывающей движение несмешивающихся жидкостей, исследуется влияние температуры бурового раствора на основные характеристики подвижных флюидов

$$v_i = -\frac{k}{\mu_i} f_i(s) \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(rp),$$

$$m \frac{\partial s}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(rv) = 0, \quad -m \frac{\partial s}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(rv_1) = 0$$

допускает, как известно [1], первый интеграл $r(v + v_1) = r_c V_0(t)$. С помощью замены переменных

$$\xi = (r/r_c)^2, \quad \tau_0 = \frac{2}{mr_c} \int_0^t V_0(t) dt,$$

где r_c — радиус скважины и τ_0 — суммарная скорость фаз, для искомой функции $s = s(r, t)$ получаем квазилинейное уравнение вида:

$$\frac{\partial s}{\partial \tau_0} + F'(s) \frac{\partial s}{\partial \xi} = 0.$$

Его решение в виде неявной функции $\xi = \xi(s, \tau_0)$, удовлетворяющей условию

$$t = 0 \ (\tau = 0) : \xi^0(s) = \xi(s, 0) = 1,$$

определяется формулой:

$$\xi(s, \tau_0) \tau_0 F'(s) + \xi^0(s) = \tau_0 F'(s) + 1, \quad (\tau_0 = 0 : s(-0) = 1; s(+0) = 0).$$

Считая насыщенный флюидами пласт гетерогенной структурой, теплообмен между элементами которой происходит достаточно быстро и который можно представить кинетикой вида $\alpha_T \frac{\partial T_p}{\partial t} = T_0 - T_p$ [2], где α_T — малый параметр кинетики, T_p — температура скелета пористой среды, возможно, вместе со связанными с ним неподвижными жидкостями, T_0 — температура в подвижных флюидах. Теплоперенос, осуществляемый этими флюидами (водой и нефтью) описывается уравнением гиперболического типа

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} [r T_0 (c_1 \rho_1 v_1 + c \rho v)] + \frac{\partial}{\partial t} [T_0 m (c_1 \rho_1 v_1 + c \rho v)] + \frac{\partial}{\partial t} [T_p (1 - m) c_c \rho_c] = 0.$$

Рассмотрим пласт, когда закачиваемая скважина находится в центре кольцевой батареи эксплуатационных скважин, радиус расположения которых равна R . В сечении $r = 0$ расположена галерея эксплуатационных скважин, а в сечении $r = R$ — нагнетательных. Движение предполагается радиально-симметричным, направленным противоположно оси r . Через сечение $r = R$ нагнетается вода с температурой T_B в пласт температуры T_p . Здесь наблюдается процесс двойного вытеснения: нефти водой и инфильтрата бурового раствора нефтью, исследуя его проведены численные расчеты рассматриваемого процесса в зависимости от закачиваемой воды, температура которой отличается от пластовой. Также для данной задачи изучался характер распределения удельного электрического сопротивления пласта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данаев Н. Т., Корсакова Н. К., Пеньковский В. И. Массоперенос в прискважинной зоне и электромагнитный каротаж пластов. Алматы: Эверо, 2005. 180 с.
2. Ахмед-Заки Д. Ж., Данаев Н. Т., Корсакова Н. К., Пеньковский В. И. Влияние температуры воды на вытеснение нефти // Сб. научн. тр. Международной научно-практической конференции <ВИТ-2006>. Павлодар, 2006. С. 161–164.