

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУМЕРНОЙ ОДНОФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ТРАССЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ТАРЕЛОК

С. Ю. Кудряшов, Л. А. Онучак, Д. А. Панарин

Самарский государственный университет,
kstasu@mail.ru, onuchak@ssu.samara.ru, denis_panarin@mail.ru

Индикаторный (трассерный) метод исследования межскважинного пространства используется для получения информации о строении нефтяного пласта и его фильтрационных характеристиках, что позволяет контролировать процесс вытеснения нефти нагнетаемой водой и оценивать эффективность различных геолого-технологических мероприятий [1]. Для интерпретации результатов трассерных исследований привлекают различные математические модели, описывающие фильтрацию в пористой среде нефтяного пласта. В работе рассмотрено обобщение хроматографической теории тарелок [2] на случай плоской фильтрации несорбирующегося трассера в пористой среде однородного пласта постоянной толщины в двухскважинной системе. Разбивая пласт линиями тока на ленты тока (0, 1, ..., m, ..., M), а каждую ленту тока – эквипотенциалами на отсеки (0, 1, ..., n, ..., N), и решая систему обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающую материальный баланс трассера в каждом отсеке данной ленты тока, получили следующие уравнения для расчета концентрации трассера $\tilde{C}_{m,n}$:

$$\tilde{C}_{m,0}(t) = C_{m,0}(t)/C^0 = \begin{cases} 1, & t \leq t_0 \\ \exp[k_m(t_0 - t)], & t > t_0 \end{cases} \quad (\text{в нагнетательной скважине}),$$

$$\tilde{C}_{m,n}(t) = C_{m,n}(t)/C^0 = \begin{cases} 1 - \exp[-k_m t] \sum_{j=0}^{n-1} \frac{k_m^j t^j}{j!}, & t \leq t_0 \\ \exp[k_m(t_0 - t)] \sum_{j=0}^n \frac{k_m^j (t - t_0)^j}{j!} - \exp[-k_m t] \sum_{j=0}^{n-1} \frac{k_m^j t^j}{j!}, & t > t_0 \end{cases} \quad (\text{в пласте}).$$

где C^0 – начальная концентрация трассера в нагнетаемом в пласт растворе, t_0 – время закачки раствора трассера, в течение которого в нагнетательной скважине поддерживается постоянная концентрация трассера, $k_m = m_p S_{m,n} / q_m = m_p S_{m,n} h / Q_m$ – параметр, характеризующий отсеки ленты тока m , h – толщина, m_p – пористость пласта, Q_m – объемная скорость фильтрации через данную ленту тока ($q_m = Q_m / h$ – объемная скорость в расчете на единицу толщины пласта),

$S_{m,n} = \int_{\sigma_m}^{\sigma_{m+1}} \int_{\tau_n}^{\tau_{n+1}} \frac{a^2}{(ch(\tau) - \cos(\sigma))^2} d\tau d\sigma$ – площадь, приходящаяся на отсек ленты тока, τ и σ – биполярные координаты точки (x, y) на плоскости, $(-a, 0)$ и $(a, 0)$ – координаты равнодебитных точечных источника (нагнетательная скважина) и стока (добывающая скважина).

Показано, что с помощью полученных уравнений можно проводить приближенные расчеты концентрации трассера как в различные моменты времени в добывающей скважине, так и в фиксированный момент в различных точках пласта.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 13-03-97010-р_поволжье_a.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколовский Э.В., Соловьев Г.Б., Тренчиков Ю.И. Индикаторные методы изучения нефтегазоносных пластов. М.: Недра, 1986. 157с.
2. Гольберт К.А., Вигдергауз М.С. Введение в газовую хроматографию. М.: Химия, 1990. 352с.