

Определение фильтрационных параметров раствора полимера и суспензии из решения обратных задач движения оторочек в пористой среде

Федоров К.М.*, Шевелев А.П.*, Кобяшев А.В.***, Захаренко В.В.**

*Тюменский государственный университет, Тюмень

**ООО ТННЦ, Тюмень

Полимерные и полимер-дисперсные растворы нашли широкое применение в нефтяной промышленности для перераспределения потоков в призабойной зоне скважин [1]. Прямые задачи о закачке полимерных и полимер-дисперсных систем в скважины решаются на основе устоявшихся подходов, рассмотренных, например, в [2, 3]. Подходы к описанию миграции в пористой среде полимеров и суспензий отличаются определением приведенных плотностей через массовые и объемные концентрации компонентов и физическими механизмами взаимодействия с породой. Учитываются эффекты адсорбции полимера, недоступного для его фильтрации порового объема, влияния концентрации на вязкость раствора и дополнительного фактора сопротивления. Для суспензии учитывается механизм осаждения или застревания в шейках пор частиц и снижение проницаемости среды за счет этих эффектов. Уравнения фильтрации полимер-дисперсной среды в этом приближении имеет вид:

$$\frac{\partial \phi(1 - S_{ipv})c_p \rho_w}{\partial t} + \text{div}(U c_p \rho_w) = \frac{\partial(1 - \phi)\rho_r a}{\partial t},$$

$$\frac{\partial a}{\partial t} = \Gamma c_p$$

$$\frac{\partial \phi(1 - S_{ipv})c_s \rho_s}{\partial t} + \text{div}(U c_s \rho_s) = -J,$$

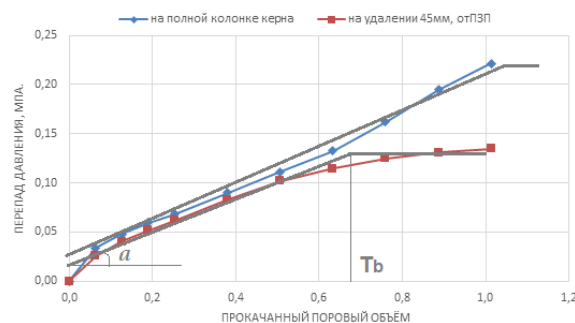
$$\frac{\partial \sigma \rho_s}{\partial t} = J = \lambda c_s \rho_s U$$

где c_s – объемная концентрация частиц в потоке, σ – объемная концентрация в единице объема всей породы захваченных в пористой среде частиц, c_p – массовая концентрация полимера, a – массовая концентрация адсорбированного полимера на скелете породы, S_{ipv} – недоступный для полимера и частиц объем пор, ϕ – пористость, Γ – константа адсорбции Генри для полимера, ρ_w, ρ_s, ρ_r – плотности водной фазы, частиц суспензии и матрицы породы, U – фильтрационный поток через доступное поровое пространство, J – скорость захвата частиц.

На базе Центра ядерных исследований ООО ТННЦ были проведены три серии экспериментов

по фильтрации оторочек раствора полимера и полимер-дисперсной системы на основе бентонитовой глины и известкового мела. В качестве образцов породы использовались керны юрских отложений Западной Сибири с различной проницаемостью.

На основе рассмотренных подходов были решены обратные задачи фильтрации оторочек полимера и полимер-дисперсной системы. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных показало удовлетворительное согласование, основные различия заключаются в отсутствии учета диффузии компонентов и сжимаемости породы и жидкости. Пример интерпретации экспериментальных данных по движению оторочки полимера приведен на рисунке.



Разработанный алгоритм интерпретации данных позволил определить константу адсорбции Генри и недоступный объем пор для полимера, фильтрационный коэффициент и его зависимость от соотношения среднего размера частиц к размеру пор, а также коэффициент загрязнения для суспензии.

Список литературы:

- [1] Aldhaheri M., Wei M., Zhang N., Bai B. A Review of Response of Bulk Gel Treatments in Injection Wells – Part I: Oil Production. //Conference Paper SPE 190164-MS, 2018.
- [2] Bedrikovetsky P., Monteiro P. Suspension Flow Theory in Petroleum Reservoirs: Fractional Flow Theory. //Conference paper SPE 110929, 2007
- [3] El-karsani K. S. M., Al-Muntasheri G. A., Hussein I. A. Polymer Systems for Water Shutoff and Profile Modification: A Review Over the Last Decade. // SPE Journal, V.19, Feb 1, 2014, p.135-149. doi:10.2118/163100-PA