РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРНЫХ РАЗМЕРОВ ЗОНЫ ДРЕНИРОВАНИЯ ПЛАСТА С ТРЕЩИНОЙ АВТО-ГРП

@ А.П. Шевелёв, А.Я. Гильманов, Е.П. Канонирова
a.p.shevelev@utmn.ru, a.y.gilmanov@utmn.ru, stud0000123797@study.utmn.ru

УДК 532.5-1/-9
*DOI: 10.33184/mnkuomsh2t-2022-09-28.*162.

В работе предлагается анализ механизмов проникновения жидкости в пласт при разработке низкопроницаемых коллекторов при закачке полимер-дисперсной системы с образованием трещин авто-ГРП вблизи нагнетательных скважин. Сформирована математическая модель, позволяющая оценить размеры зоны дренирования. Она применима при решении задачи о блокировании трещины авто-ГРП и при расчёте глубины проникновения частиц, входящих в состав суспензии, в разрабатываемый пласт при наличии трещины ГРП.

Ключевые слова: трещина автогидроразрыва пласта, полимер-дисперсная система, расход суспензии, зона дренирования пласта, фильтрация

Development of a mathematical model for predicting the characteristic dimensions of the reservoir drainage zone with an auto-hudraulic fracture

The paper proposes an analysis of the mechanisms of fluid penetration into the formation during the development of low-permeability reservoirs during the injection of a polymer-dispersed system with the formation of hydraulic fracture near injection well. A mathematical model has been formed that makes it possible to estimate the size of the drainage zone. It is applicable in solving the problem of blocking a fracture and in calculating the penetration depth of dispersed particles into the reservoir in the presence of a hydraulic fracture.

Keywords: hydraulic fracture near injection well, polymer-dispersed system, suspension flow rate, formation drainage zone, filtration

Методы исследования

Полагается, что рассматриваемая трещина авто-ГРП плоская и распространяется вдоль оси Ox. Используются уравнения неразрывности

Шевелёв Александр Павлович, к.ф.-м.н., профессор, ТюмГУ (Тюмень, Россия); Aleksandr Shevelev (University of Tyumen, Tyumen, Russia)

Гильманов Александр Янович, к.ф.-м.н., старший преподаватель, ТюмГУ (Тюмень, Россия); Aleksandr Gilmanov (University of Tyumen, Tyumen, Russia)

Канонирова Елизавета Петровна, студент, ТюмГУ (Тюмень, Россия); Elizaveta Kanonirova (University of Tyumen, Tyumen, Russia)

для жидкости и частиц суспензии в одномерном случае. Задача о протекании суспензии в трещине авто-ГРП сводится к рассмотрению движения рабочего раствора в канале прямоугольного сечения. Для описания скорости суспензии применен закон Пуазейля. Вводится допущение о линейности оттока жидкости в пласт. При этом скорость фильтрации принята низкой, что позволяет использовать для описания процесса проникновения суспензии в пласт закон Дарси.

Основная часть

Для нахождения характерных размеров зоны дренирования пласта L полагалось, что дисперсные частицы в пласт не поступают, а оседают на стенках поровых каналов в трещине. Таким образом в пласт поступает только жидкость. Система уравнений механики многофазных систем позволила найти выражение, описывающее распределение давления P в пласте. Для однозначного определения постоянных были установлены краевые условия:

$$P(0,t) = P_w, \tag{1}$$

$$P(l,t) = P_r, \tag{2}$$

где P_w - давление на забое скважины, P_r – пластовое давление, t – время, l – длина трещины.

Тогда выражение для давления P приняло следующий вид:

$$P = \frac{P_w - P_r}{1 - e^{-2\sqrt{\frac{12k}{w^3 L}}l}}\left(e^{-2\sqrt{\frac{12k}{w^3 L}}x} - e^{-2\sqrt{\frac{12k}{w^3 L}}(x-2l)}\right) + P_r, \tag{3}$$

где k - проницаемость пласта, w – ширина трещины, x – горизонтальная координата, L – характерный линейный размер пласта, на котором устанавливается пластовое давление, l – длина трещины.

Далее из закона Пуазейля было получено выражение для скорости фильтрации. Непосредственно найти характерный размер зоны дренирования пласта L позволило равенство расхода закачиваемой в трещину воды Q_{in} и расхода воды из трещины в пласт Q_{out}.

При этом

$$Q_{in} = u(0)wh(1 - \alpha_0), \tag{4}$$

$$Q_{out} = 2hw\int_0^l \frac{q}{hw}dx, \tag{5}$$

где α_0 – концентрация дисперсных частиц на забое нагнетательной скважины, q – удельный расход воды из трещины в пласт, а $u(0)$ – скорость суспензии в области нагнетания рабочего агента.

Приравнивая уравнения (4) и (5), было найдено выражение:

$$L = \frac{12kl^2}{w^3(ln(\frac{\alpha_0+1}{2\pm\sqrt{4-(\alpha_0+1)^2}}))^2}. \quad (6)$$

Таким образом в качестве характерного линейного размера пласта, на котором устанавливается пластовое давление L, было получено два корня (6), которые практически совпадают по значению.

Выводы

Сформированная математическая модель для определения расстояния до контура питания позволяет по заданным характеристикам разрабатываемого пласта, концентрации дисперсных частиц в закачиваемой суспензии и известной длине образованной трещины рассчитать глубину дренирования пласта в процессе закачки суспензии в трещину авто-ГРП. Показано, что разработанная математическая модель прогнозирует увеличение глубины проникновения жидкости при росте концентрации частиц суспензии. Это соответствует представлению о том, что при увеличении концентрации дисперсных частиц снижается расход закачиваемой воды и из равенства расходов отток воды в пласт также снизится. При прежнем перепаде давления это может быть достигнуто при возрастании размеров зоны дренирования.

Литература

1. *Желтов Ю.П.* Механика нефтегазоносного пласта. — Москва: Недра, 1975. — 216 с.

2. *Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М.* Движение жидкостей и газов в природных пластах. — Москва: Недра, 1984. — 211 с.

3. *Байкин А.Н.* Динамика трещины гидроразрыва пласта в неоднородной пороупругой среде. — Новосибирск, 2016. — 94 с.