

Решение нелинейных задач фильтрации для низкопроницаемых и
сверхнизкопроницаемых коллекторов.

Максютов Р.Г.¹, Конюхов А.В.^{1,2}, Извеков О.Я.¹, Завьялова Н.А.¹

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Объединенный институт высоких температур РАН

Ввиду постепенного истощения запасов нефти, заключенной в традиционных месторождениях, все большую роль играет разработка сланцевой нефти. Такое решение сопряжено с определенными сложностями, связанными с низкой и сверхнизкой проницаемостью этих нестандартных коллекторов.

Существует много моделей однофазной фильтрации флюида в пористой среде [1]. Для описания низкопроницаемых коллекторов, были рассмотрены модели с переменными коэффициентами (вязкость, проницаемость, коэффициент сжимаемости и пр.) [2], а также некоторыми модификациями обычного закона Дарси (модель с запирающим градиентом давления) [3,4] в одномерном и двумерном случаях:

$$\mathbf{w}_f = \begin{cases} -\frac{k(p)}{\mu} \left(1 - \frac{\alpha}{|\nabla p|}\right) \nabla p, & |\nabla p| > \alpha \\ 0, & |\nabla p| < \alpha \end{cases} \quad (1)$$

$$k(p) = k_0 \exp(\beta(p - p_0)) \quad (2)$$

Так же была рассмотрена простейшая двухфазная модель для описания совместной фильтрации газа нефти с учетом растворения газа и нелинейности коэффициентов в одномерном случае.

Использование явных методов аппроксимации уравнений не позволяет быстро и эффективно делать расчеты на больших сетках (порядка 1000). Ввиду этого в докладе были предложены полностью неявные схемы, не ограничивающие число Куранта [5].

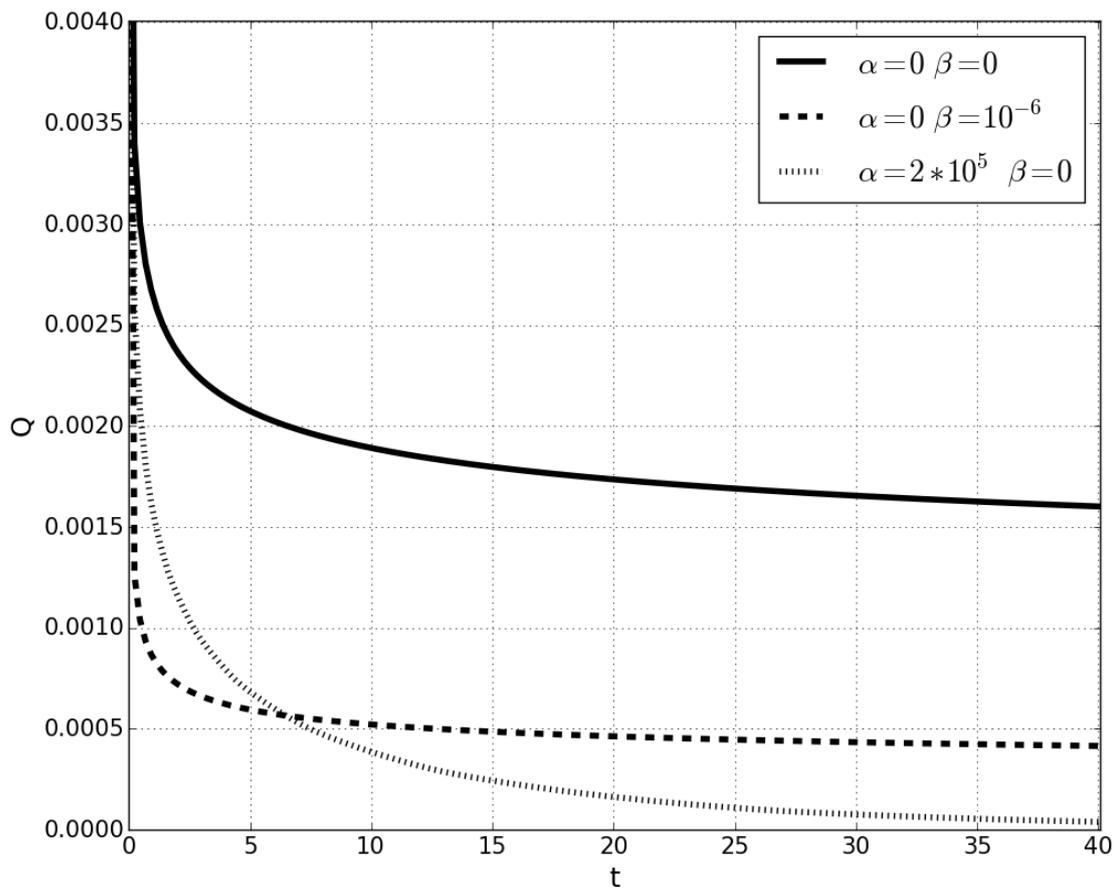


Рис. 1. Зависимость дебита ($\text{м}^3/\text{сутки}$) от времени (сутки). Кривые на графике: $\alpha = 0, \beta = 0$ – простой закон Дарси; $\alpha = 2 \cdot 10^5 \frac{\text{Па}}{\text{м}}, \beta = 0$ – с запирающим градиентом давления (1); $\alpha = 0, \beta = 10^{-6} \text{Па}^{-1}$ - проницаемость, меняющаяся по экспоненте (2).

Литература

1. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидромеханика. – М.: Недра, 1993. – 416 с.
2. Rutqvist J.Y., Wu S., Tsang C.F. et. all. A Modeling Approach for Analysis of Coupled Multiphase Fluid Flow, Heat Transfer, and Deformation in Fractured Porous Rock. // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2002 -39: P. 429-442.
3. Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Розенберг Г.Д. Нефтегазовая гидромеханика. – М.-Ижевск, 2005. – 544 с.
4. Liu H. H., Birkholzer J. On the relationship between water flux and hydraulic gradient for unsaturated and saturated clay // Journal of Hydrology. – 2012. – Т. 475. – P. 242-247.
5. Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем – М.-Ижевск, 2004. – 416 с.