

УДК 622.276.031:532.11

ВЫВОД И ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО НЕСТАЦИОНАРНОГО УРАВНЕНИЯ ПЬЕЗОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ В КАВЕРНОЗНЫХ ПЛАСТАХ

А.А. Быков, к.т.н., **А.Н. Бычков**
(ООО «Нефтегазовый центр МФТИ»)

В настоящее время моделирование фильтрации в неоднородных пластах, в том числе кавернозных, выполняется с помощью уравнения пьезопроводности, в котором соответствующим образом изменяется коэффициент проницаемости. Выражение для такого эффективного коэффициента на основе мультипольного приближения одним из первых предложил Максвелл, и в последующем оно уточнялось для различных случаев. Однако если проинтегрировать по пространству возмущение давления из-за каверны в виде квадрупольного момента, то результат будет отличен от нуля. Это означает, что каждой каверне можно приписать наличие «дополнительной» массы, которая не играет роли при моделировании стационарной задачи фильтрации, но должна учитываться при моделировании нестационарной фильтрации.

Полученная «дополнительная» масса оказалась пропорциональной лапласиану от поля давления, и применение закона сохранения массы привело к следующему модифицированному уравнению пьезопроводности:

$$\frac{\partial}{\partial t} p + b \frac{\partial}{\partial t} \Delta p = a \Delta p. \quad (1)$$

В ряде частных случаев в литературе известны решения уравнения (1) в аналитическом виде.

Для верификации предложенного уравнения проведено численное моделирование *in situ* в кавернозном и однородном пластах классической задачи прогрева полупространства. Известно, что данная задача

для однородного пласта является автомодельной, однако моделирование показало, что для неоднородного пласта профили давления автомодельными не являются. Аппроксимация полученных полей давления решением, приведенным в работе¹, показало лучшее совпадение, чем аппроксимация классическим решением уравнения пьезопроводности. Таким образом, показано, что для моделирования фильтрации в кавернозном пласте лучше использовать уравнение (1), чем уравнение пьезопроводности.

¹Robert A., Gorder Van, Vajravelu K. Third-order partial differential equations arising in the impulsive motion of a flat plate // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. – 2009. – V. 14. – Issue 6. – 2009. – P. 2629–2636.