

Секция «Математика и механика»

Математические модели с минимальной параметризацией для анализа разработки месторождений нетрадиционных углеводородов

Борисов В.Е.¹, Балашов В.А.²

*1 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Механико-математический факультет, 2 - ИПМ РАН - Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 11 отдел, Москва, Россия
E-mail: narellen@mail.ru*

В настоящее время методы математического моделирования находят все более широкое применение при анализе процесса разработки нефтегазовых месторождений. Используемые на практике математические модели фильтрации различаются степенью детализации (пространственного разрешения) протекающих в пласте процессов.

Наиболее распространенными являются трехмерные модели фильтрации (в частности, модель типа «черная нефть» и ее обобщения, см., например, [1, 2]), которые составляют одну из основных компонент постоянно-действующих геолого-технологических моделей нефтегазовых месторождений [3]. Они позволяют детально описывать процессы миграции флюида в пласте в ходе разработки месторождения, — но вместе с тем требуют в качестве входных данных детальной информации о свойствах пласта и флюида. Точность этих данных зачастую невысока, что с учетом длительного времени моделирования и трудно формализуемой процедуры адаптации гидродинамических моделей [4], приводит к тому, что предсказательная сила построенных моделей не всегда достаточна. При этом ряд задач разработки месторождения с достаточной для практики точностью может быть решен с помощью более простых моделей типа «интегральных» моделей материального баланса.

В отличие от трехмерных моделей «локального» материального баланса, интегральные модели описывают динамику разработки месторождения *в целом*, без учета деталей процесса фильтрации флюида в нефтегазовом пласте. Если трехмерные модели основаны на уравнениях баланса массы флюида в бесконечно малом элементе пласта (или ячейке расчетной сетки), то интегральные модели массового баланса описывают закон сохранения массы флюида для всего месторождения. В принципе, они могут учитывать тот же спектр физических механизмов, сопутствующих процессу разработки месторождения, что и полноразмерные, трехмерные модели фильтрации.

Модели материального баланса могут быть использованы для решения таких технологических задач, как оценка начальных запасов месторождения и ключевых свойств пластовой системы, первичное технико-экономическое обоснование выбранной схемы разработки и ее основных параметров, определение технологических пределов методов, планируемых или уже используемых для разработки и т.д.

К достоинствам моделей указанного типа в первую очередь следует отнести сравнительную легкость их использования, в частности, небольшое число параметров модели и ограниченный объем данных моделирования, что упрощает их анализ и обеспечивает быструю скорость расчета. Как следствие, возникает возможность проведения многовариантного моделирования. Недостатки обусловлены прежде всего простотой модели — являясь интегральной, она не дает детального описания процесса миграции флюида в

ходе разработки. Несмотря на это модели материального баланса могут рассматриваться как одни из эффективных вспомогательных (а на некоторых этапах — и основных) инструментов для подготовки и анализа проекта разработки. В настоящее время наиболее часто модели данного класса используются при моделировании процессов разработки месторождений нетрадиционных углеводородов, в частности, сланцевого газа и метана угольных пластов. Начало исследований в этой области было положено в [5], далее наиболее известными работами являются [6, 7].

В данной работе представлен сравнительный анализ ряда существующих моделей материального баланса для месторождений сланцевого газа и метана угольных пластов и предложена их обобщенная формулировка. Разработаны вычислительные алгоритмы для решения задачи и идентификации параметров моделей по данным наблюдений (данным нормальной эксплуатации скважин).

Литература

1. Aziz K., Settari A. Petroleum Reservoir Simulation. — Essex, England: Elsevier Applied Science Publishers, 1979.
2. Басниев К. С., Дмитриев Н. М., Каневская Р. Д., Максимов В. М. Подземная гидромеханика. — Москва: ИКИ, 2006.
3. Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений. // РД 153 39.0 047 00. — Москва: Министерство топлива и энергетики РФ, 2000.
4. Закревский К. Е., Майсюк Д. М., Сыртланов В. Р. Оценка качества 3D моделей. — Москва: ООО «ИПЦ Маска», 2008.
5. King G.R., Material Balance Techniques for Coal Seam and Devonian Shale Gas Reservoirs // SPE Paper 20730, SPE Reservoir Simulation Symposium, 1990.
6. Ahmed T., Centilmen A., Roux B. A generalized Material Balance Equation for Coalbed Methane Reservoirs // SPE Paper 102638, SPE Reservoir Simulation Symposium, 2006.
7. Firanda E. Gas and Water Production Forecasting Using Semi-analytical Method in Coalbed Methane Reservoirs // Search and Discovery — 2012. Article #80204