

Моделирование динамики выноса механических примесей из пласта

К.Э. Лежнев^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Инжиниринговый центр МФТИ по трудноизвлекаемым полезным ископаемым

Подъем твердого материала из пласта во время добычи углеводородов называется пескопроявлением. Пескопроявление может стать большой проблемой в резервуарах из слабосцементированного песчаника. Песок, поднимающийся по скважине, приводит к быстрой эрозии оборудования и другим проблемам. В связи с этим во многих случаях операторы принимают решение устанавливать различные фильтры на скважину. Однако, исследования в Канаде (в восточной Альберте и западном Саскачеване) [1] показали, что установка фильтров может привести к снижению добычи нефти в 8-10 раз – до экономически невыгодных уровней. Поэтому в первую очередь стоит вопрос о построении физической модели выноса песка из пласта, на основании которой можно будет эффективно предсказывать масштабы пескопроявления и, соответственно, принимать решения о дальнейшей эксплуатации скважины.

В литературе [2] выделяют три типа пескопроявления:

- Нестационарный уменьшающийся объем добычи песка. В таком случае после резкого выброса песка в начальный момент времени (после преодоления критической депрессии), пескопроявление постепенно уменьшается со временем. После оно может совсем прекратиться или перейти на второй режим
- Постоянный объем добычи песка. В таком режиме вместе с углеводородами и другими флюидами на поверхность подминается и некоторое количество песка (1-5%).
- Неконтролируемый вынос песка. В таком случае возможны наиболее неприятные последствия для последующей добычи – полное обрушение скважины.

Пескопроявление происходит за счет разрушения породы, которое тоже может быть трех типов [2]:

- Разрушение под действием сдвиговых напряжений. Такое разрушение может привести к любому из трех типов пескопроявления.
- Разрушение под действием растягивающих напряжений. Оно не является серьезным фактором пескопроявления и может привести к кратковременным небольшим выбросам песка в скважину.
- Коллапс пор. Приводит к разрушению пласта и может привести к обрушению скважины.

Модели пескопроявления делятся на два больших типа [3] – основанные на механике сплошной среды и методе дискретных элементов. Метод дискретных элементов моделирует все на уровне мельчайших частиц породы (песчинок), в нем можно учесть большой диапазон процессов, однако он требует очень больших компьютерных мощностей для расчета реальных пластов и скважин, поэтому нами он не рассматривался.

Наша модель основана на работах Геиликмана и ван ден Хёка [1, 4]. В ней предполагается наличие вокруг скважины разрушенной зоны, в которой реализуются уравнения пластичности. Вокруг зоны пластичности находится неразрушенный упругий пласт. После решения задач нахождения напряжений в обеих зонах и нахождения дебита флюида, можно найти количество песка, поступающего в скважину в определенный момент. Разрушенная зона постоянно растет за счет выноса песка.

Литература

1. *Geilikman M.B., Dusseaul M.B.* Fluid rate enhancement from massive sand production in heavy-oil reservoirs // *Journal of Petroleum Science and Engineering* 17. 1997. P. 5-18
2. *Fjaer E., Holt R.M., Horsrud P., Raaen A.M., Risnes R.* Petroleum Related Rock Mechanics. 2nd edition. – Amsterdam: Elsevier, 2008. 491 p.
3. *Rahmati H. [at al.]* Review of Sand Production Prediction Models // *Journal of Petroleum Engineering Volume* 2013
4. *van den Hoek P.J., Geilikman M.B.* Prediction of Sand Production Rate in Oil and Gas Reservoirs // SPE 84496. 2003.