

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕЩИНОВАТОГО КОЛЛЕКТОРА
Шадрин А.С.

Научный руководитель доцент В.С. Рукавишников
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В современном мире все большее внимание уделяется карбонатным коллекторам, содержащие в себе сложную структуру порового пространства. Это вызывает ряд проблем, начиная с осложнениями во время бурения и заканчивая трудоемкостью определения коллекторских свойств пласта. Согласно исследованиям [1] продуктивность палеозойских отложений в Западной Сибири напрямую связана с поглощениями во время бурения скважин.

Цель работы – проанализировать при каких параметрах пустотного пространства возможны различные интенсивности поглощения, а также при каких условиях наблюдается потеря циркуляции (поглощение 415 м³/сут.), рассмотренное на примере скважины Арчинского месторождения. Концептуально было предположено 2 возможных варианта пустотного пространства: трещинная и трещинно-кавернозная зона поглощения.

Для реализации вариантов пустотного пространства было построено 3 модели (рис.):

1. Модель с однородными ФЕС – выдержанная зона поглощения с толщиной 5 м и высокими ФЕС;
2. Модель с локальным измельчением сетки – основная область низких ФЕС пересечена вертикальными ячейками шириной 1м с высокой проницаемостью;
3. Модель двойной проницаемости – зона поглощения представлена матрицей с низкими ФЕС и узкими высокопроводимыми трещинами.

Параметры моделирования приведены в таблице.

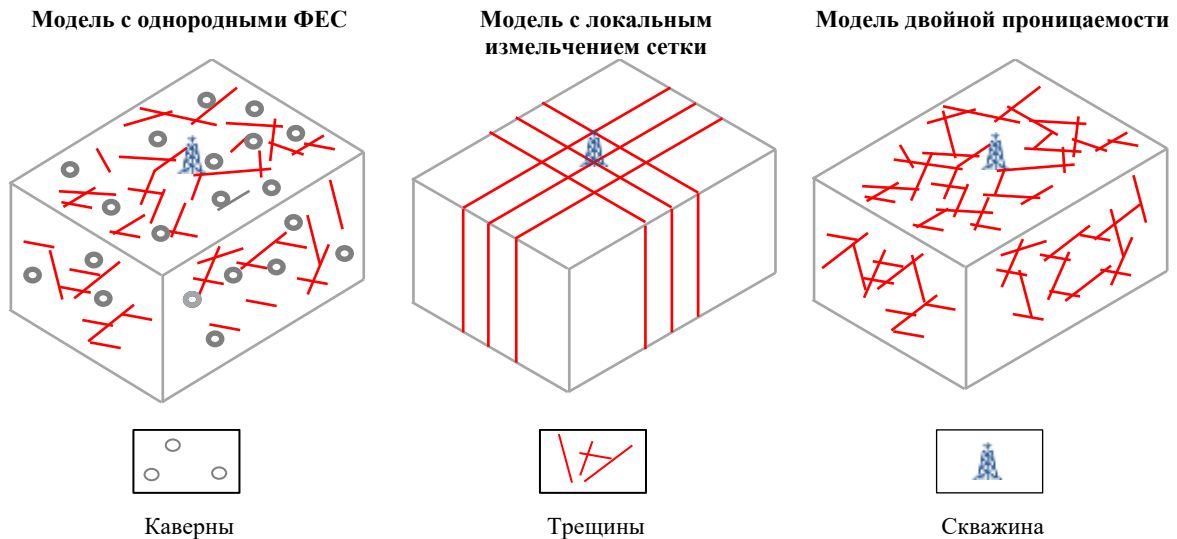


Рис. Подход к моделированию

Параметры моделирования

Таблица

Параметр	Значение		
	Модель с однородными ФЕС	Модель с локальным измельчением сетки	Модель двойной проницаемости
Область моделирования	4x4 км		
Размер ячеек	50x50x0,2 м		
Пластовое давление	333,7		
Забойное давление	343,3		
Эффективная толщина	5 м		
Permx/Permz	2		
Пористость	0,3		
Нефтенасыщенность	0,68		
Проницаемость породы	700 мД	0,5 мД	80 мД
Проницаемость трещины	-	7,5 мД	500 Д

Модель с однородными ФЕС. Моделирование трещинно-кавернозной зоны поглощения проводилось в неявном виде. Для задания каверн (параметр емкости) и трещин (параметр проницаемости) был построен

однородный пласт (зона поглощения) с повышенными значениями пористости, а проницаемость варьировалась с целью получения поглощения $415 \text{ м}^3/\text{сут}$.

При адаптации модели выяснилось, что для поглощения $415 \text{ м}^3/\text{сут}$. при репрессии, создаваемой гидростатическим столбом бурового раствора необходима проницаемость $3500 \text{ мД}\cdot\text{м}$ и поровый объем в размере $1,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

Модель с локальным измельчением сетки.

Следующим шагом проверялась гипотеза о трещиноватой зоне поглощения. Основные параметры модели остались прежними, за исключением проницаемости матрицы (горной породы), которая была принята равной $0,5 \text{ мД}$ (таблица). С помощью локального измельчения сетки в ячейках, проходящих через скважину, искусственно была создана «трещина» (ячейки) с высокой проницаемостью (которая варьировалась для адаптации модели) шириной 1 см .

Результаты расчета модели при различных проницаемостях и насыщениях флюидом не обеспечили необходимые объемы поглощения, за счет скачкообразного повышения давления в трещине до забойного.

При попытке достичь необходимого значения поглощения в скважины были построены различные вариации трещин. Так как локальное измельчение сетки кратно увеличивает количество ячеек, а, следовательно, и время расчета, было принято решение построить модель с трещиной шириной 1 м и подобрать для нее такую проницаемость, при которой скважина будет иметь такую же приемистость, как и при трещине с шириной 1 см . Так, сантиметровой трещине с проницаемостью 500 Д соответствует метровая трещина с проницаемостью $7,5 \text{ мД}$.

При расчете моделей с одной магистральной трещиной (разломом) и примыкающими к ней трещинами, влияние каждой последующей, наиболее удаленной трещины, уменьшает вклад в значение поглощения в скважине. Следовательно, для достижения поглощения в $415 \text{ ст. м}^3/\text{сут}$ необходимое число трещин должно составлять минимум 1158 , что составит расстояние от скважины $25 \cdot (1158 - 2) / 2 = 14450 \text{ м} = 14,5 \text{ км}$, при 25 м между трещинами.

При моделировании сети из пересекающихся трещин необходимое количество трещин резко сокращается. Для достижения поглощения в $415 \text{ ст. м}^3/\text{сут}$ необходимое число трещин должно составлять минимум 26 . Расстояние от скважины составит $25 \cdot (26 - 2) / 4 = 150 \text{ м}$, при расстоянии 25 м между трещинами. Плотность трещин составит $0,2$ трещины на 1 м^3 .

Модель двойной проницаемости.

В резервуаре с двойной пористостью флюиды находятся в двух взаимосвязанных системах: матрица (matrix) (составляет большую часть объема резервуара) и трещина (fracture) (обладающие большой проницаемостью). При моделировании двойной пористости переток флюидов возможен только по сети трещин, а при моделировании двойной проницаемости – возможны перетоки фаз между соседними ячейками горной породы (матрица-матрица, трещина-матрица, трещина-трещина).

Для моделирования данных систем каждому блоку геометрической сетки соответствуют две ячейки, представляющие объем породы и разлома для данного блока. Для задания плотности трещин используется сигма-фактор. Сигма-фактор связан с расстояниями между трещинами (размерами блоков горной породы) следующим образом:

$$\sigma = 4 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot l_x} + \frac{1}{2 \cdot l_y} + \frac{1}{2 \cdot l_z} \right) \quad (1)$$

где l_x , l_y и l_z – расстояния между трещинами (размеры блоков горной породы) по направлениям X, Y и Z.

При адаптации модели на реальное поглощение достичь необходимого значения поглощения бурового раствора удалось лишь при повышении проницаемости матрицы породы. Данный результат косвенно доказывает необходимость учета кавернозности пласта, т. к. емкостные свойства трещиноватой системы не позволяют обеспечить необходимую приемистость.

Выводы:

По результатам моделирования были сделаны следующие выводы для скважины:

- потеря циркуляции бурового раствора, наблюдаемая на примере скважины возможна только при наличии высокой проницаемости (кД порядка $3500 \text{ мД}\cdot\text{м}$) и емкости/кавернозности (удельный поровый объем порядка $1,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$). Наиболее адекватно таким условиям отвечает трещинно-кавернозный пласт. Только трещины и/или разломы не смогут обеспечить измеренные скорости и объемы поглощения.

- более низкие интенсивности поглощения могут быть объяснены как снижением проницаемости, так и снижением емкости коллектора, причем емкость коллектора играет первоочередную роль. Таким образом, в случае снижения интенсивности поглощения или незначительных поглощений – адекватной моделью будет являться трещиноватый пласт с различной апертурой (шириной) трещин.

Литература

1. Патент №2507547 Российская Федерация, МПК G01V 11/00 (2006.01). Способ поиска залежей нефти в породах фундамента: №2011109513/28: заявл. 14.03.2011: опубл. 20.09.2012 / Сахипов Д. М., Сахипов Э. М.; заявитель Сахипов Д.М. Бюл. – № 26