

ПРОЦЕССЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИФфуЗИИ И КОНВЕКЦИИ ПРИ ЗАКАЧКЕ ГАЗА

Гришаев В.Ю., Коротков Р.Н.

Научный руководитель профессор В.И. Ерофеев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Закачка газа в трещиноватый нефтяной коллектор поддерживает пластовое давление и увеличивает добычу из пласта. Основной целью данной работы являлась разработка численной модели для расчёта массообмена (молекулярной диффузии и конвекции) между газом, закаченным в трещину, и остаточным флюидом (газом и нефтью) в матричном блоке. Модель двойного континуума применяется для описания поведения потока и извлечения жидкости в пористых средах. Результаты моделирования показывают, что, после 25 дней закачки N_2 более лёгкие и тяжёлые компоненты (C_1 и C_5) извлекаются примерно на 51 % и 39 % соответственно. При закачке CO_2 эти показатели составляют 49 % и 27 %.

Одним из осложнений добычи из нефтяных залежей является высокая вязкость нефти [1]. Закачка газа в нефтяной пласт с естественным трещиноватым строением не только поддерживает пластовое давление, но и увеличивает добычу нефти из пласта. При закачке газа в ненасыщенный трещиноватый коллектор газ попадает как в трещину, так и в матрицу. Это приводит к насыщению нефти и её перемещению из матрицы. Кроме того, закачиваемый в матрицу газ заставляет некоторые компоненты нефти испаряться и переходить в газовую фазу [2]. Таким образом, нефть транспортируется как по конвективному, так и по диффузионному механизмам.

Теория двойного континуума применяется для моделирования трещиноватых коллекторов, представляя пористую среду как единый блок матрицы с прилегающей трещиной. Трещина рассматривается как граничное условие для матрицы. Эта модель является хорошим выражением естественного трещинного коллектора, поскольку учитывает поток жидкости между матричным блоком и трещиной [3]. На рисунке показан общий вид этой модели. В этой модели матрица отделена, но трещина не отделена, поскольку трещина выступает в качестве граничного условия для матрицы.

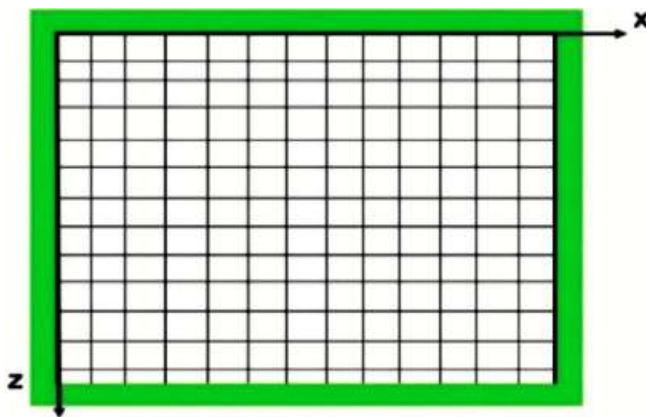


Рис. Макет модели [3]

Композиционные симуляторы были созданы для изучения нефтеотдачи пласта при закачке газа. При композиционном моделировании предполагается, что углеводородная и водная фазы не растворимы. Поэтому уравнение массообмена применяются отдельно для углеводородных и водных соединений. Для многофазного композиционного потока необходимо рассчитать вязкость, силу тяжести и капиллярные силы.

Диффузия является наиболее важным механизмом массопереноса при закачке N_2 между матрицей и трещиной. На ранних этапах моделирования N_2 и C_1 переносятся в керн преимущественно за счёт молекулярной диффузии газа, в то время как C_5 переносится в керн в основном за счёт конвекции нефти. Более того, во время испытания с закачкой CO_2 диффузия и конвекция проявляются одновременно. В начале моделирования механизм диффузии является доминирующим механизмом вытеснения, но со временем роль конвективного механизма в извлечении C_1 и C_5 возрастает. Кроме того, восстановление лёгких компонентов превышает восстановление тяжёлых компонентов. После 28 дней испытания с закачкой N_2 извлечение лёгких компонентов составляет около 50 %, а тяжёлых – около 40 %. Со временем процент подвижности компонентов увеличивается [3].

Литература

1. Neftegaz.ru, Вязкость нефти, <https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/142204-vyazkost-nefti/>
2. Eica A. S., Ershaghi I. Modeling of gas injection in fractured reservoirs // SPE Western Regional Meeting. – SPE, 1982. – C. SPE-10758-MS.
3. Gholamian H. et al. Numerical modeling of molecular diffusion and convection effects during gas injection into naturally fractured oil reservoirs // Oil & Gas Science and Technology–Revue d'IFP Energies nouvelles. – 2021. – Т. 76. – С. 81.