

Мезоскопическое моделирование многофазных многокомпонентных течений

Юношева Е.В.

Новосибирский государственный университет

Исследование течения, которое возникает при подаче в породу жидкости или газа, важно для повышения процессов нефтеотдачи. Один из способов изучения таких течений – проведение лабораторных экспериментов над образцом керна. Однако высокая стоимость и длительность таких экспериментов ограничивают их практичность, требуя модернизации. Поэтому создание цифрового аналога выглядит экономичным решением, с помощью которого можно будет быстрее получать результаты и проводить большее количество экспериментов над образцом керна. Так как многофазные течения с обменом компонентами исследованы достаточно слабо, разрабатываемая численная модель позволит лучше понять их свойства и закономерности.

Работа посвящена исследованию двухфазного течения в пористой среде. Течение моделировалось с помощью метода решеточного уравнения Больцмана. Выбор данного метода обусловлен простотой его распараллеливания (в силу того, что метод явный), возможностью задания сколько угодно сложной геометрии канала, отсутствием необходимости отслеживать межфазную границу.

Использовались двумерная модель D2Q9 и трехмерная модель D3Q19. Для описания разделения фаз многокомпонентного флюида применялся метод псевдопотенциала с общим уравнением состояния Пенга-Робинсона [1]. Рассматриваемая система представляла собой смесь углеводородов. Реализовано двухфазное трехкомпонентное течение в 3D. При моделировании учитывалось взаимодействие флюида с материалом пористого скелета и задавались разные значения коэффициента смачивания на стенках и на материале скелета.

Для получения более корректных значений вязкости мы перешли в модель с многими временами релаксации [3] и реализовали вязкость, зависящую от компонентного состава смеси [2]. Метод с многими временами релаксации более устойчив, потому что поддерживает больший диапазон задания времен релаксации. А от времени релаксации зависит вязкость. Следовательно, получаем больший диапазон задания вязкости.

Так же был реализован алгоритм редуцирования многокомпонентной системы до нескольких псевдокомпонент [4]. Это нужно для того, чтобы ускорить процесс вычислений.

Список литературы

- [1] Cheng Peng, Luis F. Ayala, Orlando M. Ayala. A thermodynamically consistent pseudo-potential lattice Boltzmann model for multi-component, multiphase, partially miscible mixtures // Journal of Computational Physics. – 2021. – V. 429
- [2] d'Humières, D., Ginzburg, I., Krafczyk, M., Lallemand, P., Luo, L.-S. Multi-time relaxation lattice Boltzmann model in three dimensions (2001). Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 360, 437–451
- [3] Lohrenz, J., Bray, B. G., Clark, C. R. Calculating Viscosities of Reservoir Fluids From Their Compositions. Journal of Petroleum Technology, (1964), 16(10), 1171–1176. doi:10.2118/915-pa
- [4] Попов С.Б. Композиционное профилирование по глубине в газо-нефтяных месторождениях // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2017. № 61. 30 с. doi:10.20948/prepr-2017-61