

Прямое численное моделирование многомасштабных термо-гидро-механических процессов фильтрации и конвекции

Антоненко Борис Дмитриевич

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной механики, Москва,
Россия

E-mail: antonenko.boris@mail.ru

В наши дни, задачам вычислительной механики требуется численное моделирование нелинейных сложных процессов, которые включают в себя многомасштабность и рассмотрение термодинамических, гидрологических и механических взаимодействий. Для разрешения многомасштабности и для получения высокоточных результатов требуются вычисления с высоким разрешением в пространстве и времени [3]. К примеру, для решения современных резервуарных задач необходимо разрешать масштабы начиная с 30 метров (Баженовская свита) до масштаба западной Сибири (1 миллион квадратных километров) [1].

В связи с этим появляется необходимость в значительном ускорении расчётов, которого можно добиться, производя вычисления не на CPU (центральном процессоре) компьютера, а используя параллельные вычисления на CUDA ядрах видеокарт (технология Nvidia CUDA). Ожидаемое ускорение производительности оценивается в 100 раз, во-первых, благодаря изменениям в алгоритме и, во-вторых, благодаря переходу к графическому процессору. Именно такое ускорение позволяет моделировать и разрешать такие многогранные и многомасштабные взаимодействия, чтобы точно предсказывать эволюцию природных и промышленных систем.

Целью данной работы является развитие термо-динамически самосогласованной математической модели многомасштабных термо-гидро-механических сопряженных процессов и их программная реализация, включающая численное моделирование и анализ явления неизотермического распространения волн пористости в заполненном жидкостью твёрдом конвектирующем скелете.

Численное моделирование волн пористости проводится методом конечных разностей [2,3]. Результатом является код в пакете программ Matlab с дальнейшим применением метода установления для решения системы уравнений, с целью сокращения количества итераций, и код на расширенном языке C, решающий такую же систему, использующий параллельные вычисления на CUDA ядрах. Ускоренная версия предназначена для демонстрации многократного увеличения производительности за счёт использования для вычислений GPU вместо CPU.

Развитая модель тестировалась методом сравнения численных решений для двух тестов: моделирование уединенных волн (солитонов) пористости и конвекции, не в приближении Буссинеска.

Источники и литература

- 1) Peshkov G. A. et al. Impact of differing heat flow solutions on hydrocarbon generation predictions: A case study from West Siberian Basin //Marine and Petroleum Geology. – 2020. – С. 104807.
- 2) Raess L., Duretz T., Podladchikov Y. Y. Resolving hydromechanical coupling in two and three dimensions: spontaneous channelling of porous fluids owing to decompaction weakening //Geophysical Journal International. – 2019. – Т. 218. – №. 3. – С. 1591-1616.

- 3) Raess L., Simon N. S. C., Podladchikov Y. Y. Spontaneous formation of fluid escape pipes from subsurface reservoirs //Scientific reports. – 2018. – Т. 8. – №. 1. – С. 1-11.