

ПРИМЕНЕНИЕ CUDA-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

В данной работе рассмотрен метод интенсификации процесса добычи минерала подземного выщелачивания управлением фильтрационными токами раствора в пласте. Метод подземного выщелачивания (ПВ) является весьма эффективной и экономичной технологией добычи твердых полезных ископаемых и эффективность добычи во многом зависит от фильтрационных токов.

Казахстан обладает 15-20-тью процентами мировых запасов урана и является мировым лидером по добыче урана с 2009 года. Все урановые месторождения разрабатываются методом подземного выщелачивания (ПВ), при этом методы расчета расположения скважин, методы контроля добычи и прогнозирования протекающих в пластах массообменных процессов, остались прежними, инженерными, и характеризуются крайне низкой точностью и эффективностью. Поэтому разработка современных эффективных методов прогнозирования ресурсоемких задач с использованием высокопроизводительных вычислительных систем для проектирования схемы геотехнологического полигона и определения оптимальных режимных параметров месторождения, является актуальной задачей информационных технологии и геотехнологии /1, 2/.

Рассматриваемый процесс является ресурсоемким, так как требует огромного количества вычислений, связанных с трехмерностью процесса, неоднородностью и анизотропностью пласта. Ввиду большого объема вычислений при решении подобных задач, разработанные методы будут адаптированы на применение высокопроизводительных вычислительных систем, в частности будет использованы возможности GPU с применением технологии CUDA — технология GPGPU, позволяющая реализовывать на C алгоритмы, выполнимые на графических процессорах ускорителей GeForce.

Использование GPU позволяет быстрое исполнение большого числа параллельно выполняемых потоков инструкций. При использовании GPU отпадает необходимость использования кэш-памяти большого размера. Эффективного использования мощи GPU в неграфических расчётах является распараллеливание алгоритмов на сотни исполнительных блоков, имеющихся в видеочипах.

CUDA использует большое число отдельных нитей для вычислений, часто каждому вычисляемому элементом соответствует одна нить /3/. Все нити группируются в иерархию - grid/block/thread.

Верхний уровень - grid - соответствует ядру и объединяет все нити выполняющие данное ядро. grid представляет собой одномерный или двумерный массив блоков (block). Каждый блок (block) представляет из себя одно/двух/трехмерный массив нитей (threads).

При этом каждый блок представляет собой полностью независимый набор взаимодействующих между собой нитей, нити из разных блоков не могут между собой взаимодействовать.

Процесс добычи минерала методом ПВ описывается трехмерными уравнениями для гидродинамического напора, законом Дарси для скорости фильтрации /4/.

Уравнение для гидродинамического напора решается итерационным методом Якоби, который хорошо распараллеливается за счет того, что состоит из простейших арифметических операций, умножение матрицы на вектор. Вектор-результат x_i^{k+1} можно разбить на отдельные подвекторы одинакового размера. Нахождение каждого такого подвектора может происходить абсолютно независимо от нахождения остальных подвекторов. Нахождение такого подвектора - задача отдельного блока, внутри блока каждому элементу подвектора соответствует отдельная нить.

При этом нити внутри блока могут взаимодействовать между собой (т.е. совместно решать подзадачу) через общую память (shared memory) функцию синхронизации всех нитей блока (_synchronize). Физически общая память – это аналог глобальной памяти и работает с той же скоростью.

В результате использования shared-памяти можно поднять быстродействие более чем на порядок.

Список литературы

1. Добыча урана методом подземного выщелачивания. / под ред. В.А. Маилова.- Москва: Атомиздат,1980. - 248с.
2. Белецкий, В.И., Богатков, Л.К., Волков, Н.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. / под. ред. Д.И. Скороварова. – Москва: Энергоатомиздат, 1997. – 672 с.
3. А. В. Боресков, А. А. Харламов Основы работы с технологией CUDA. – ДМК Пресс, 2010. - ISBN 978-5-94074-578-5. – С. 232
4. Баренблатт, Г.И., Ентов, В.И., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. – Москва: Недра,1984г. - 288 с.