**К вопросу о "затратности" расчетов гидрогеологических задач при оценке долговременной безопасности пунктов захоронения РАО**

###### В.К. Крамаренко1

*1ИБРАЭ РАН, г. Москва,*

*эл. почта: kram@ibrae.ac.ru*

В настоящее время при оценке долговременной безопасности пунктов захоронения РАО широко используются численные методы для решения гидрогеологических задач. В рамках эффективного и точного решения данных задач необходимо проводить многократные запуски численных расчетов как для проверки корректности построенной модели, так и для ее калибровки и анализа чувствительности. Также следует отметить, что задачи оценки долговременной безопасности во многих случаях требуют значительного периода моделирования (моделирование должно осуществляться на весь период потенциальной опасности ПЗРО), который может доходить до миллиона лет.

При построении современной гидрогеологической модели необходимо учитывать значительное количество различных деталей, что ведет к увеличению количества ячеек в расчетной сетке гидрогеологической модели до миллионов и десятков миллионов. Данные сетки могут занимать десятки гигабайт в оперативной памяти компьютера. Также необходимо учесть, что при математическом моделировании сложных процессов, таких как однофазная фильтрация в насыщенно-ненасыщенной постановке или многофазная фильтрация, возникает необходимость в итерационных методах решения нелинейных систем дифференциальных уравнений, что также может серьезно замедлять расчеты.

Все вышеперечисленные факторы ведут к тому, что один численный расчет гидрогеологической задачи в последовательном режиме без использования дополнительных средств может занимать часы или даже дни. Такая длительность создает серьезные препятствия даже для ручной настройки модели, необходимой для качественной оценки безопасности, не говоря уже об автоматических методах калибровки и анализа чувствительности. Для решения данной проблемы используются различные технологии ускорения и распараллеливания расчетов. Наиболее удобными и распространёнными технологиями являются следующие: использование общей памяти несколькими расчетными узлами, использование отдельных расчетных узлов с обменом данными между ними и использование специальных дополнительных устройств на расчётном узле.

В коде GeRa используется библиотека MPI, которая реализует технологию обмена данными между отдельными расчетными узлами. Данная библиотека позволяет проводить как расчеты на массивно-параллельных системах, так и полностью использовать ресурсы мощных рабочих станций, на которых могут быть установлены многоядерные процессоры.

При использовании данной технологии расчета реальных задач на массивно параллельных системах достигнуто ускорение в десятки раз [1,2], что позволяет успешно решать задачи с десятью и более миллионами неизвестных. В [2] расчет ускорился с 67214.51 секунд, то есть почти 19 часов, до 2130.66 секунд.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Grigorev, F. Kapyrin, I. Konshin, I. Kramarenko, V. Modeling Groundwater Flow in Unconfined Conditions of Variable Density Solutions in Dual-Porosity Media Using the GeRa Code // RuSCDays 2018: Supercomputing – 2018 – pp 266-278
2. Bagaev, D. Grigorev, F. Kapyrin, I. Konshin, I. Kramarenko, V. Plenkin, A. Improving Parallel Efficiency of a Complex Hydrogeological Problem Simulation in GeRa.// In book: Supercomputing – 2019 – pp 265-277