

# РЕАЛИЗАЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗА ПОГОДЫ НА МАССИВНО-ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

М.А. Толстых

Современная глобальная модель численного прогноза погоды должна адекватно описывать атмосферные процессы синоптического масштаба с периодами от нескольких часов до нескольких дней, особенно процессы цикло- и фронтогенеза, а также часть процессов мезометеорологического масштаба с характерными периодами от десятков минут до нескольких часов. Сложность задачи прогноза погоды определяется бароклинной и баротропной неустойчивостью атмосферы. Точность прогноза фактически является точностью предсказания траектории модельной атмосферы в фазовом пространстве, имеющем размерность  $10^7$  и выше.

Численный прогноз погоды с высоким пространственным разрешением требует больших вычислительных ресурсов, в частности, в связи с тем, что оперативный прогноз налагает ограничение на допустимое время счета модели атмосферы и системы усвоения данных наблюдений.

В настоящее время большинство глобальных моделей среднесрочного прогноза погоды в мире имеет горизонтальное разрешение 18-40 км. Развитие вычислительной техники сделает возможным в ближайшие годы реализацию глобальных моделей численного прогноза погоды с горизонтальным разрешением порядка 1-10 км. Это ставит перед разработчиками моделей целый ряд интересных и во многом взаимосвязанных задач, в том числе связанных с практической реализацией таких моделей на параллельных вычислительных системах:

1. Формулировка уравнений негидростатической сжимаемой атмосферы, включая выбор вертикальной координаты, которая позволяет построить эффективный параллельный численный алгоритм решения таких уравнений на сфере;
2. Методы аппроксимации негидростатических уравнений (выбор сетки и метода дискретизации уравнений);
3. Численные методы решения дискретных уравнений, допускающие эффективное распараллеливание на 10000-100000 процессорах;
4. Параметризация процессов, которые описываются при выбранном горизонтальном разрешении лишь частично (например, глубокая конвекция);
5. Включение ранее не учитывавшихся обратных связей, существующих в системе «атмосфера-океан-суша-снег-лед», например, учет углеродного цикла;
6. Методы эффективной параллельной реализации глобальных моделей на 10000-100000 процессорах.

В докладе представлен обзор применяемых в мире подходов к решению этих задач и достигнутых результатов. Кратко описывается современное состояние глобальной полулагранжевой модели прогноза ПЛАВ [2], параллельный программный комплекс которой был представлен на конференции в 2005 и 2006 гг. Оперативная версия модели имеет разрешение  $0,9^\circ$  по долготе,  $0,72^\circ$  по широте и 28 уровней по вертикали, перспективная версия имеет горизонтальное разрешение  $0,45 \times 0,37$  градуса и 50 уровней.

Обсуждается стратегия развития параллельного программного комплекса модели, которая позволит достичь масштабируемости на тысячах процессоров.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. М.А. Толстых, А.В.Фролов. Некоторые современные проблемы численного прогноза погоды // Изв. РАН, сер. ФАиО, 2005, с. 115-126.
2. М.А. Tolstykh. Semi-Lagrangian high-resolution atmospheric model for numerical weather prediction// Russian Meteorology and Hydrology, 2001, N 4, p. 1-9.
3. Е.М.Володин, М.А.Толстых. Параллельные вычисления в задачах моделирования климата и прогноза погоды// Вычислительные методы и программирование, 2007, Т.8, с. 113-122.