

## ОПЕРАТИВНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗА ПОГОДЫ COSMO-RU И ИССЛЕДОВАНИЯ ЕЁ МАСШТАБИРУЕМОСТИ

*Д.В. Блинов, М.А. Никитин, Г.С. Ривин*

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации*

Рассматривается оперативная система прогноза погоды COSMO-Ru для ограниченной территории и её реализация на вычислительном кластере с архитектурой «РСК Торнадо». Представлены результаты численных экспериментов с различным количеством используемых ядер для оценки свойств масштабируемости кода модели.

Одна из областей, в которых широко применяются суперкомпьютерные технологии, – численный гидродинамический прогноз погоды. Современные модели прогноза погоды представляют собой сложный программный продукт, насчитывающий десятки тысяч строк исходного кода.

Прогноз погоды необходимо передать потребителю вскоре после срока наблюдения, к четко заданному моменту времени. Это требует эффективной оптимизации технологической линии численного прогноза погоды, которая включает следующие этапы: передача информации (с метеорологических и аэрологических станций, судов, буёв, самолётов и т.п.), подготовка начальных и граничных данных в узлах сетки, решение численного прогноза на суперкомпьютере, подготовка информации в нужном для потребителя виде (включая визуализацию) и её распространение.

В данной работе рассматривается система прогноза погоды COSMO-Ru для ограниченной территории, работающая в оперативном режиме на суперкомпьютерах Главного вычислительного центра Росгидромета. Аббревиатура COSMO расшифровывается как Consortium for Small-scale MOdeling – Консорциум по мезомасштабному моделированию. В настоящий момент в консорциум входят метеорологические организации семи стран. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) входит в число этих организаций.

Одним из компонентов системы прогноза погоды является негидростатическая совместная модель атмосферы и деятельного слоя почвы COSMO. Первая версия этой модели была создана Немецкой службой погоды (Deutscher Wetterdienst, DWD). Модель COSMO основана на решении системы уравнений гидро- и термодинамики, описывающей сжимаемый поток во влажной атмосфере. Расчёт производится на географической сетке со сдвинутыми полюсами, что дает возможность провести «экватор» через центр области интегрирования. Благодаря этому расстояние между соседними узлами по меридиану и параллели равномерное для широт, меньших 20°. В модели используются параметризации различных физических процессов. Кроме самой модели, система прогноза погоды COSMO-Ru включает в себя дополнительные компоненты: усвоение данных и инструменты пре- и постпроцессинга.

Система прогноза погоды COSMO-Ru введена в оперативную эксплуатацию в 2011 г. в ФГБУ «Гидрометцентр России». Регулярно, четыре раза в сутки (в 0, 6, 12 и 18 UTC) считаются модели для большей части Европы и всей европейской территории России (шаг сетки 7 км), Южного и Центрального федерального округов (шаг сетки 2,2 км) и Западной Сибири (шаг сетки 14 км). В настоящее время внедряется в оперативную практику модель COSMO-Ru ENA (Europe–North Asia) с областью решения, включающей территорию Европы и Северной Азии (шаг сетки 13 км).

В Главном вычислительном центре Росгидромета существуют два основных вычислительных кластера – «Альтикс» и «Торнадо». Модель ENA может считаться на обоих кластерах, но в настоящее время она считается на «Торнадо». Этот кластер обладает пиковой производительностью 36 Тфлопс и основан на архитектуре «РСК Торнадо», с применением энергоэффективного жидкостного охлаждения, процессоров Intel® Xeon® E5–2600 и серверных плат Intel® S2600JF.

На кластере «Торнадо» расположено 96 узлов, каждый узел содержит два восьми-ядерных процессора. Таким образом, общее количество ядер составляет 1536. Модель ENA считается на сетке с шагом 13 км, количество узлов сетки – 1500 по параллели и 1000 по меридиану. Для оперативных расчетов используется 288 ядер – 18 по широте и 16 по долготе. Такое количество ядер вызвано необходимостью параллельного расчета прогнозов погоды одновременно для 4 вышеперечисленных территорий, для каждой территории выделяется 288 ядер. Распараллеливание вычислений в модели проводится с помощью пакета MPI.

В докладе будет дано описание системы COSMO-Ru, трехлетнего опыта применения суперкомпьютеров для нахождения численных прогнозов погоды с помощью этой системы, а также представлены результаты численных экспериментов с различным количеством используемых ядер для нахождения оптимального разбиения области решения на подобласти и оценки свойств масштабируемости кода модели.

### **Литература**

1. Вильфанд Р.М., Ривин Г.С., Розинкина И.А. Мезомасштабный краткосрочный региональный прогноз погоды в Гидрометцентре России на примере COSMO-RU // Метеорология и гидрология. 2010. №1. С. 5-17.
2. Вильфанд Р.М., Ривин Г.С., Розинкина И.А. Система COSMO-RU негидростатического мезомасштабного краткосрочного прогноза погоды Гидрометцентра России: первый этап реализации и развития // Метеорология и гидрология. 2010. №8. С. 6-20.
3. Ривин Г.С., Розинкина И.А. (ред.). Гидрометеорологические прогнозы // Труды Гидрометцентра России. 2011. Вып. 346. 188 с.
4. Ривин Г.С. Современные системы мезомасштабного прогноза погоды: состояние и перспективы // В кн.: «80 лет Гидрометцентру России». М.: Триада ЛТД, 2010. С. 82-93.