

# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ АНСАМБЛЕВОГО СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ПОГОДЫ НА СУПЕРКОМПЬЮТЕРЕ

Е.Д. Астахова, Ю.В. Алферов

Прогноз погоды - это описание будущей эволюции состояния атмосферы на основе результатов численного интегрирования во времени уравнений гидротермодинамики атмосферы. Для решения этой задачи необходимо знание начального состояния атмосферы, которое определяется с использованием данных наблюдений и специальных процедур их усвоения. Число данных наблюдений мало по сравнению с числом степеней свободы атмосферы, наблюдения неоднородно распределены в пространстве и во времени, к тому же они всегда содержат инструментальную ошибку. Поэтому начальное состояние атмосферы всегда определено неточно. Фактически, начальное состояние атмосферы, от которого начинается интегрирование прогностических уравнений, можно рассматривать только как наилучшее приближение к истине. Это имеет принципиальное значение, так как за счет хаотической и нелинейной динамики атмосферы даже очень малые ошибки в начальном состоянии могут привести к существенным ошибкам в описании эволюции атмосферы.

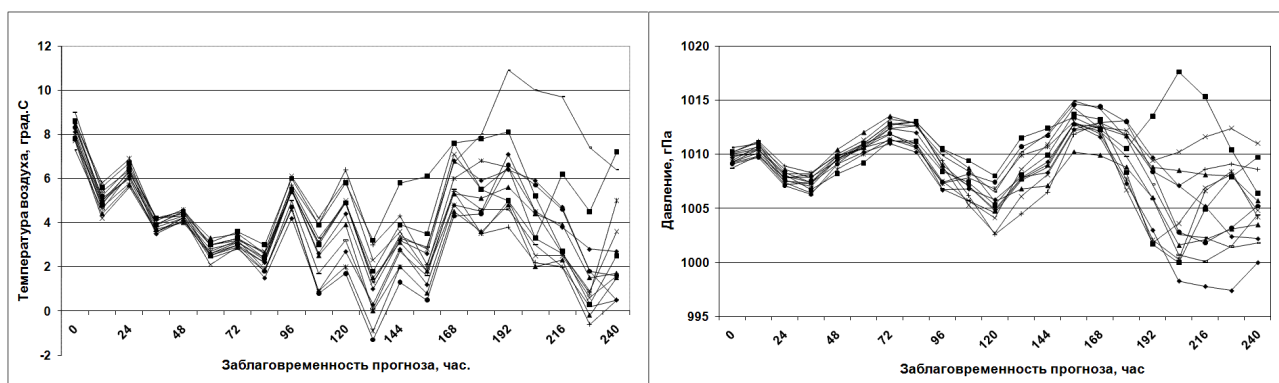


Рис. 1

На приведенном ниже рисунке видно, сколь сильно результаты прогнозов по начальным данным, возмущенным в пределах ошибки наблюдений, начинают расходиться с ростом заблаговременности прогноза.

Рис. 1. Прогнозы температуры воздуха на уровне 850 гПа и приземного давления воздуха в Москве по спектральной модели атмосферы Гидрометцентра России с использованием начальных данных, возмущенных в пределах точности наблюдения.

Наиболее правильным подходом к решению рассматриваемой проблемы было бы рассмотрение не единичного состояния атмосферы, а плотности их распределения. Единственным известным на настоящий момент практически способом описать эволюцию плотности распределения является ансамблевый подход, при котором выполняется несколько численных прогнозов с использованием различных начальных данных, рассматриваемых как реалистичная выборка из распределения состояний атмосферы.

Заметим, что несовершенство используемых в прогнозах моделей атмосферы вносит дополнительные погрешности, и ансамбль обычно расширяют, пытаясь учесть и этот источник неопределенности прогнозов, путем использования различных моделей или возмущения неадиабатических тенденций.

В настоящее время ансамблевый подход является наиболее перспективным методом в численных прогнозах погоды. Все больше прогностических центров начинает в оперативном режиме выпускать ансамблевые прогнозы.

Все это стало возможным в связи с развитием компьютерной техники. Не вызывает сомнений, что задача детерминированного прогноза погоды (единичного прогноза по начальным данным, являющимся наилучшим приближением к истинному состоянию атмосферы) требует многопроцессорной мощной техники, и проблемами оптимизации соответствующего программного обеспечения занимаются многие специалисты. Вопросы распараллеливания вычислений при решении такой задачи докладывались и на данной конференции (в том числе и авторами настоящего доклада [1-2]). В задачах ансамблевого прогноза речь идет о множественном интегрировании модели атмосферы, результаты которого, как и в случае детерминированного прогноза, должны быть готовы к определенному моменту времени, чтобы оставаться актуальными. Понятно, что требования к компьютерным ресурсам возрастают в десятки раз. Оперативные ансамблевые системы прогнозы могут быть реализованы только на суперкомпьютерах.

В данной работе рассматривается реализация ансамблевой системы среднесрочного прогноза погоды в Гидрометцентре РФ на новом суперкомпьютере, установленном в конце 2008 года в Мировом метеорологическом центре «Москва». Система основана на использовании спектральной модели атмосферы

Гидрометцентра РФ, распараллеленной на основе технологий MPI и OpenMP [3]. Обсуждается проблема оптимальной организации задачи ансамблевого прогноза на многопроцессорной ЭВМ и приводятся результаты тестирования модели на различных компьютерах.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Астахова Е.Д., Алферов Ю.В. Организация задачи численного среднесрочного прогноза погоды на многопроцессорных системах. Научный сервис в сети Интернет: технологии параллельного программирования. Труды Всероссийской научной конференции, 18 – 23 сентября 2006 г., г. Новороссийск, Изд-во Моск. Университета, с. 78 – 79.
2. Астахова Е.Д., Алферов Ю.В. Организация параллельных вычислений в задаче численного прогноза погоды на примере спектральной модели атмосферы Гидрометцентра России. Научный сервис в сети Интернет: технологии распределенных вычислений. Труды Всероссийской научной конференции, 19 – 24 сентября 2005 г., г. Новороссийск, Изд-во Моск. Университета, с. 144 – 145.
3. Астахова Е.Д., Алферов Ю.В. Опыт использования параллельных алгоритмов в спектральной модели среднесрочного прогноза погоды Гидрометцентра России // Вычислительные методы и программирование. — 2007. — Т. 8. — С. 138 – 146.