

АНСАМБЛЕВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ СОВМЕСТНОЙ МОДЕЛИ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ОКЕАН-АТМОСФЕРА С ВОЗМУЩЕНИЕМ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОСЛЕ УСВОЕНИЯ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

К. П. Беляев , Г. М. Михайлов, В. П. Пархоменко , К. А. Танажура , Н. П. Тучкова

Моделирование климата [1] и построение климатических прогнозов на основе ансамблевых экспериментов является актуальной проблемой вычислительной математики. Настоящий период в этой области характеризуется развитием математических основ моделирования [2], а именно, переходом от моделей океана и атмосферы к совместным моделям общей циркуляции, а также развитием вычислительных методов на базе алгоритмов параллельного программирования [3, 4]. Сложность организации численных экспериментов в совместной модели определяется, во многом, необходимостью расчетов на длительный период времени и с различными начальными условиями, что требует значительных вычислительных и временных ресурсов. Тем не менее, только на основе задания серии начальных данных и получении серии результатов можно получить оценку достоверности моделей и, соответственно, прогнозов. Снижение неопределенности модельных климатических прогнозов может быть достигнуто путем сравнительного анализа результатов, полученных для различных сценариев построения массивов начальных данных и возмущений в численных экспериментах.

В рамках настоящего исследования предлагается организация экспериментов для различных сценариев с одинаковыми начальными условиями, и одинаковых сценариев, для различных начальных условий и возмущений модели. В работе используются известные совместные климатические модели: модель общей циркуляции ВЦ РАН (ОЦА ВЦ РАН), европейская модель EGMAM (ECHAM-NOPE). При построении начальных полей для экспериментов по интегрированию моделей использованы гибридные методы усвоения данных, сочетающие вероятностный и вариационный подходы. Методы усвоения данных являются новыми и достаточно общими, в частности из них следуют стандартный метод объективной интерполяции и известный фильтр Калмана-Бьюси [5].

Используются данные международного проекта ARGOS [6] (50 наземных станций, принимающих и передающих данные в реальном времени через спутниковые системы с 1600 дрейфующих платформ) и данные с буев PIRATA [7] (см. рис.1.). Предварительный контроль качества данных осуществляется по алгоритмам, изложенным в монографии [8].

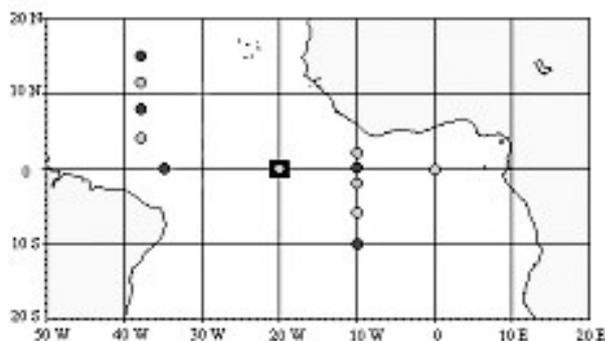


Рис. 1. Конфигурация модельной области и буев эксперимента PIRATA

В работе исследуется влияние крупнейших рек, образующих сток в Атлантику. Данными наблюдений корректируются стоки этих рек, и полученные новые поля подставляются в модели в качестве начальных значений. Изучается влияние подобных возмущений на различных временных периодах (от нескольких месяцев, до нескольких лет), а также обратная связь, насколько изменение начальных полей влияет на осадки и, следовательно, на стоки.

Для модели ОЦА ВЦ РАН реализован и исследован модифицированный метод распараллеливания с одновременным расчетом вклада физики и динамики модели общей циркуляции атмосферы соответственно на двух группах процессоров с одних и тех же входных данных на основе декомпозиции расчетной области. Это позволяет оптимизировать загрузку процессоров и повысить эффективность распараллеливания [8, 9]. По модифицированному и исходному вариантам программы были проведены тестовые расчеты, подтвердившие корректность этого метода. Увеличено количество расчетных уровней в модели по вертикали до 20 основных расчетных уровней для расчета динамики и переноса солнечной и тепловой

радиации. Реализована параллельная программа на основе декомпозиции расчетной области на кластере МВС-6000IM с распределенной памятью и на сервере ВЦ РАН с общей памятью (см. рис. 2). Проведен анализ общих временных затрат и затрат двух основных блоков программы: блока Физика и блока Динамика. Анализ этих данных показывает лучшие характеристики масштабируемости программы для сервера ВЦ по сравнению с кластером МВС-6000IM. Исследована эффективность модифицированной схемы. Проведена работа по реализации вариантов распараллеливания климатической модели совместно с глобальной моделью биогеохимических циклов.

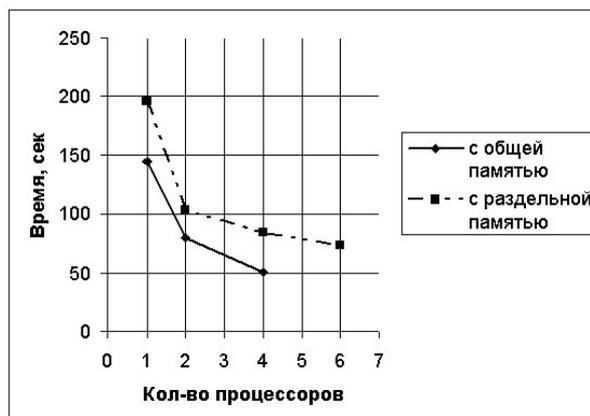


Рис. 2. Сравнение времени счета для компьютеров с общей и с распределенной памятью.

Далее предполагается проведение ансамблевых расчетов на модели климата с учетом неопределенности начальных данных и параметров модели, осуществление численных экспериментов на модифицированных моделях по воспроизведению и чувствительности климата и биосферы совместно с глобальной моделью биогеохимических циклов на длительные времена, в частности прогноз изменения климата в результате антропогенных воздействий. Будет проведен анализ результатов и их сравнение для различных моделей и модификация отдельных блоков моделей с учетом проведенных тестовых расчетов.

Работа ведется при поддержке РФФИ (проект 08-07-00126) и программы фундаментальных исследований Президиума РАН (проект П-15).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Марчук Г.И., Дымников В.П., Залесный В.Б., Лыкосов В.Н., Галин В.Я. Математическое моделирование общей циркуляции атмосферы и океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 320 с.
2. Дымников В.П., Лыкосов В.Н., Володин Е.М., Галин В.Я., Глазунов А.В., Грицун А.С., Дианский Н.А., Толстых М.А., Чавро А.И. Моделирование климата и его изменений. // Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования, М.: Наука, 2005, Т. 2, С. 38 - 175.
3. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. С-П.: БХВ-Петербург, 2002, 600 с.
4. Воеводин В.В. Вычислительная математика и структура алгоритмов. М: Изд-во МГУ, 2006. 112 с.
5. Belyaev K., Tanajura A. C. On the correction of perturbations due to data assimilation in ocean circulation models // Applied Math. Modelling. 2005. V. 29. P. 690-709.
6. Worldwide location and data collection system. <http://www.argos-system.org/>.
7. Pilot Research Moored Array in the Atlantic (PIRATA). www.pmel.noaa.gov/pirata/
8. Михайлов Г.М., Беляев К.П., Пархоменко В.П., Тучкова Н.П., Танажура К.А.. Методы усвоения данных наблюдений и их применение для расчета характеристик мирового океана. М: ВЦ РАН, 2007. 236 с.
9. Забелок С.А., Пархоменко В.П., Шипилин А.В. Разработка и реализация параллельного алгоритма для модели общей циркуляции атмосферы. М.: ВЦ РАН, 2004. 23 с.