

# СОВМЕСТНАЯ МОДЕЛЬ АТМОСФЕРЫ, ОКЕАНА, МОРСКОГО ЛЬДА И ПОЧВЫ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

М.А. Толстых, Р.А. Ибраев, В.В. Калмыков, Р.Ю. Фадеев, К.В. Ушаков

Уменьшение ошибок глобального прогноза погоды является важной практической задачей. В то же время для решения задачи прогноза погоды необходимы фундаментальные междисциплинарные исследования. Это связано, во-первых, со сложностью физических и химико-биологических процессов в атмосфере, океане, морском и наземном льду, на суше; математическими проблемами описания процессов в этих средах, на границах раздела сред и в пограничных слоях. Во-вторых, со сложностью взаимосвязей в Земной системе. В-третьих, с существенными вычислительными ресурсами, необходимыми для реализации компьютерных моделей сложных систем. В последние годы в мире наметилась тенденция к объединению усилий групп специалистов из разных стран.

Совместные модели Земной системы ранее применялись в основном в моделировании изменений климата, однако в настоящее время появилось все больше фактов, свидетельствующих о необходимости применения совместных моделей атмосферы, поверхности суши, океана, морского льда в прогнозе погоды на различных временных масштабах. Например, в работе [1] отмечена важность использования моделей океана и льда совместно с моделью атмосферы для краткосрочного прогноза погоды на восточном побережье Канады. Следует отметить, что за пределами синоптической предсказуемости (5-7 дней) мы можем говорить лишь о вероятностном прогнозе осредненных аномалий погоды по отношению к климату.

Создание совместных моделей высокого пространственного разрешения – это, наверное, самое востребованное сегодня направление развития наук о Земле, так как ни одна модель по отдельности не способна достичь прогностических результатов совместной модели. Огромные массивы данных, повышение сложности и размеров программ, их взаимодействия, параллельных алгоритмов, анализа и визуализации привели к тому, что разработка совместных моделей – это уже работа не только физиков, но и большого числа программистов из разных областей.

В докладе рассматривается разработка совместной модели атмосферы, почвы, океана и морского льда, ориентированной на прогноз погоды различной заблаговременности. В качестве атмосферного компонента совместной модели используется глобальная полулагранжева модель атмосферы ПЛАВ [2], разработанная в Институте вычислительной математики РАН и Гидрометцентре России, о развитии которой неоднократно рассказывалось на конференции. Модель состоит из блока решений уравнений динамики влажной атмосферы собственной разработки и набора параметризаций процессов подсеточного масштаба из модели консорциума ALADIN/LACE [3]. В основном использовалась версия модели с переменным разрешением от 0,8 до 0,28 градуса по широте, 0,56 градуса по долготе, 50 уровней по вертикали. Также были выполнены эксперименты с версией модели атмосферы ПЛАВ с разрешением от 0,25 до 0,18 градусов по широте, 0,225 градуса по долготе при таком же количестве (50) вертикальных уровней.

В качестве океанского компонента применяется модель Мирового океана ИВМ-ИО РАН [4]. В экспериментах использовались версии с различным горизонтальным разрешением, вплоть до 0,1 градуса по долготе и широте, при 49 уровнях по вертикали.

В настоящее время применяется модель почвы ISBA [5], однако в дальнейшем будет включена модель многослойной почвы и снега из климатической модели ИВМ РАН INMCM. Модель морского льда в представленных экспериментах не подключалась.

Для реализации совместной модели атмосферы, океана, поверхности и деятельного слоя суши, морского льда требуется объединить отдельно разрабатываемые (часто разными научными группами) компоненты в единую совместную систему. В функции такой системы входит распределение ресурсов между отдельными моделями — компонентами, интерполяция данных с сетки одной модели на сетку другой модели, организация обменов данными между моделями, организация ввода/вывода. Вопросы разработки и реализации такой программной системы подробно рассматриваются, например, в [6]. Здесь мы отметим, что подобная система реализована впервые в России. В зарубежной литературе она называется coupler (в данном случае это слово можно перевести как «соединитель»), поэтому мы называем нашу систему каплером..

В процессе реализации совместной модели из программного комплекса модели атмосферы был исключен блок ввода/вывода, т.к. в рамках совместной модели весь ввод/вывод осуществляется специально выделенными процессами каплера.. Были выполнены работы по дальнейшей оптимизации программного комплекса модели атмосферы.

Отладочные расчеты на сравнительно небольшом количестве процессоров (100-300) выполнялись на кластере ИВМ РАН, системе РСК Торнадо, установленной в ГВЦ Росгидромета. Эксперименты с совместной моделью высокого разрешения проводились на суперкомпьютере «Ломоносов».

На конференции будут представлены предварительные результаты экспериментов с совместной моделью.

Работа выполнена при поддержке грантов в форме субсидии Минобрнауки России в рамках ФЦП «Кадры» (соглашения 8344 и 8350 от 17.08.2012), частичной поддержке РФФИ (13-05-00868).

ЛИТЕРАТУРА:

1. P. Pellerin, H. Ritchie, F.J. Saucier, F. Roy, S. Desjardins, M. Valin and V. Lee "Impact of a two-way coupling between an atmospheric and an ocean-ice model over the Gulf of St. Lawrence" // *Mon. Weather Rev.* 2004 V. 132. P. 1379-1398.
2. М.А. Толстых "Глобальная полулагранжева модель численного прогноза погоды". М, Обнинск: ОАО ФОП, 2010, 111 стр.
3. J.-F. Geleyn, E. Bazile, P. Bougeault, M. Deque, V. Ivanovici, A. Joly, L. Labbe, J.-P. Piedelievre, J.-M. Piriou, J.-F. Royer "Atmospheric parameterization schemes in Meteo-France's ARPEGE N.W.P. Model" // *Parameterization of subgrid-scale physical processes, ECMWF Seminar proceedings.* - Reading, UK: 1994. P. 385-402.
4. Р.А. Ибраев, Р.Н. Хабеев, К.В. Ушаков "Вихреразрешающая  $1/10^\circ$  модель Мирового океана" // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана.* 2012. Т. 48. С. 45–55.
5. J. Noilhan, J.-F. Mahfouf "The ISBA land surface parameterisation scheme" // *Global Planet. Change.* 1996. V. 13. P. 145—149.
6. М.А. Толстых, Р.А. Ибраев, Е.М. Володин, К.В. Ушаков, В.В. Калмыков, А.В. Шляева, В.Г. Мизяк, Р.Н. Хабеев "Модели глобальной атмосферы и Мирового океана: алгоритмы и суперкомпьютерные технологии" М.: изд-во МГУ, 2013, 144стр.