

Разработка совместной модели океан-лёд-атмосфера на основе компактной вычислительной платформы для моделирования CMF3.0

А.Ю. Коромыслов¹, Р.А.Ибраев^{2,3,4}, К.В.Ушаков^{2,3,4}, Р.Ю.Фадеев^{2,4}

¹Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

²Институт вычислительной математики РАН

³Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН

⁴Московский физико-технический институт (государственный университет)

Совместные модели атмосферы, океана и морского льда ранее применялись, в основном, в моделировании изменений климата, однако в настоящее время такие модели используются и в прогнозе погоды на различных временных масштабах.

Совместная модель модели атмосферы, океана, деятельного слоя суши и морского льда предполагает объединение отдельно разрабатываемых компонент в единый программный комплекс с отдельным сервисным элементом, основной функцией которого является организация взаимодействия и обмена данными между компонентами, синхронизация времени, а также, в некоторых случаях, работа с файловой системой. В силу огромных вычислительных затрат, каждый компонент в отдельности и совместная модель в целом должны быть не только вычислительно эффективны с точки зрения количества арифметических операций, но и обладать хорошей масштабируемостью.

В настоящей работе обсуждаются особенности технической реализации перспективной совместной модели океан-лёд-атмосфера. Основными компонентами здесь являются: модель Мирового океана ИВМИО [1], модель атмосферы ПЛАВ [2], модель льда CICE[3] и компактная вычислительная платформа для моделирования CMF 3.0 [4, 5]. Архитектура совместной модели изображена на рис.1.

Необходимо с помощью системы CMF3.0 модель атмосферы ПЛАВ, модель Мирового океана ИВМИО и модель льда CICE-5.1 объединить в единый программный комплекс.

В созданной модели компонент льда должен пересылать каждый час компоненту океана интегральные по всем категориям двумерные поля сплоченности льда, составляющих напряжения трения между водой и льдом, потоков тепла, соли, пресной воды и прошедшей сквозь лед солнечной радиации. Океан каждый час должен пересылать для компонента льда двумерные поля поверхностных температуры, солёности и составляющих скорости течения, наклон поверхности океана и потенциал намерзания-таяния. Последний должен вычисляться непосредственно перед пересылкой. Модель океана каждые 2 часа должна передавать в модель атмосферы 3 поля: температуру поверхности океана, сплоченность и температуру льда. Модель атмосферы каждый час должна передавать 9 двумерных полей в модели океана и льда: потоки коротко- и длинноволновой радиации, потоки скрытого и явного тепла, количество накопленных за период между обменами выпавших осадков, массу испарившейся воды, температуру воздуха на высоте 2 метра, и 2 компонента вектора напряжения трения ветра

Запуск совместной модели производился на новом разделе МВС10Р. Данный раздел имеет 24 узла по 16 ядер, на нем установлен последний компилятор Intel Fortran Compiler 2016.

С помощью системы CMF3.0 модель атмосферы ПЛАВ с горизонтальным разрешением 0.9° по долготе, 0.72° по широте (размерность сетки 400x251), 28 уровнями по вертикали, модель Мирового океана с разрешением 0.5° (соответствует сетке с числом узлов по долготе 720, по широте 360) и 49 вертикальными уровнями и модель льда с таким же разрешением, как и модель Мирового океана, и 5 вертикальными уровнями были объединены в единый программный комплекс. Шаг по времени модели атмосферы в экспериментах составлял 1200с, модели Мирового океана - 600с, модели льда - 3600с.

Модель показала хорошую масштабируемость и может быть мощным инструментом для оценки и прогноза региональных процессов. Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-37-00053) в ФГБУ «Гидрометцентр России».

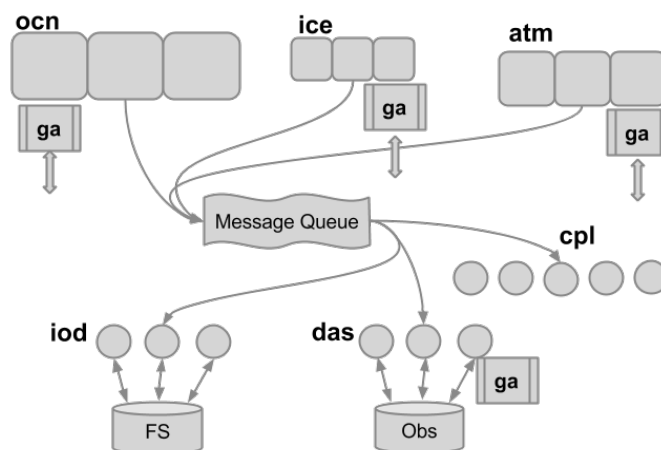


Рис. 1. Архитектура совместной модели океан-лед-атмосфера в CMF 3.0

Литература

1. *Ибраев Р.А., Хабеев Р.Н., Ушаков К.В.* Вихреразрешающая $1/10^\circ$ модель Мирового океана // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2012. 48(1), С. 45–55.
2. *Толстых М.А., Желен Ж.Ф., Володин Е.М., Богословский Н.Н., Вильфанд Р.М., Киктев Д.Б., Красюк Т.В., Кострыкин С.В., Мизяк В.Г., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Шляева А.В., Эзау И.Н., Юрова А.Ю.* Разработка многомасштабной версии глобальной модели атмосферы ПЛАВ. Метеорология и гидрология. 2015. № 6. С. 25-35.
3. *Hunke E.C. et al.* CICE: the Los Alamos Sea Ice Model Documentation and Software User's Manual Version 5.1. – 2015. – URL: <http://oceans11.lanl.gov/trac/CICE/attachment/wiki/WikiStart/cicedoc.pdf>
4. *Калмыков В.В., Ибраев Р.А.* CMF - фреймворк для модели земной системы высокого разрешения. Суперкомпьютерные дни в России: Труды международной конференции. Суперкомпьютерный консорциум университетов России, Федеральное агентство научных организаций России. 2015. С. 34-40.
5. *Калмыков В.В., Ибраев Р.А.* Программный комплекс совместного моделирования системы океан–лед–атмосфера–почва на массивно-параллельных компьютерах // Вычислительные методы и программирование, 2013, № 14, С. 88–95.