

Масштабируемость программного комплекса модели Земной системы ИВМ РАН на многопроцессорных вычислительных системах

А.В. Сахно^{3,4,1}, М.А. Тарасевич^{1,2,3}, Р.Ю. Фадеев^{1,2,3},
Е.М. Володин^{1,2}, А.С. Грицун^{1,2}

¹Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН, Москва, Россия

²ФГБУ Гидрометцентр России, Москва, Россия

³Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия

⁴Московский институт электронной техники, Москва, Россия



Модель климата ИВМ РАН

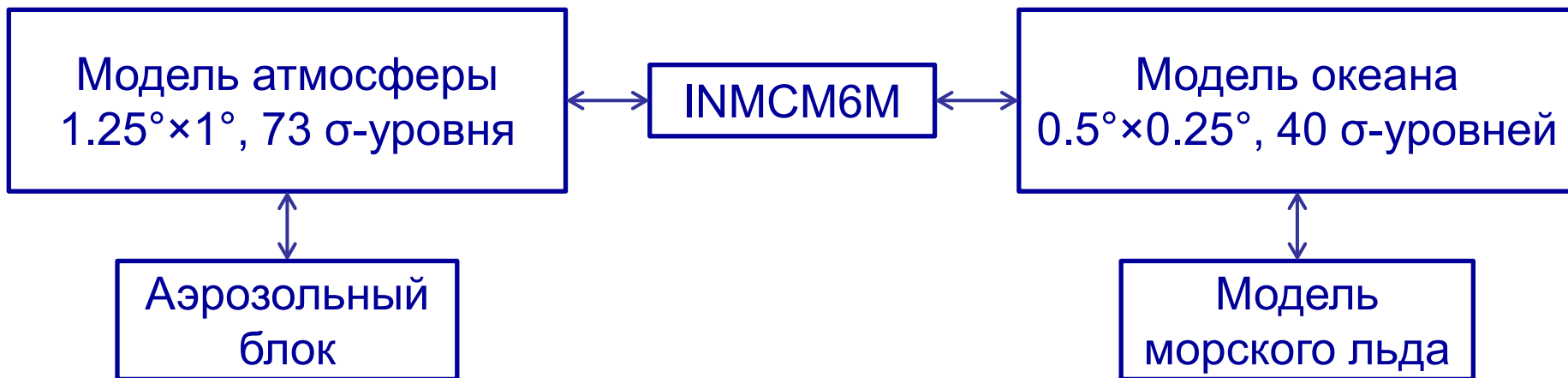
INMCM6M – версия модели Земной системы ИВМ РАН с высоким разрешением. Она состоит из атмосферной модели, модели океана и аэрозольного модуля.

Модель циркуляции атмосферы использует полунеявную схему интегрирования, которая требует решения уравнения Гельмгольца на каждом шаге, также в модели используется алгоритм БПФ.

Интерактивный аэрозольный модуль описывает эволюцию концентрации 10 веществ и включен в модель атмосферы. Модель океана решает набор крупномасштабных уравнений с приближениями гидростатики и Буссинеска, а также включает модуль для описания морского льда.

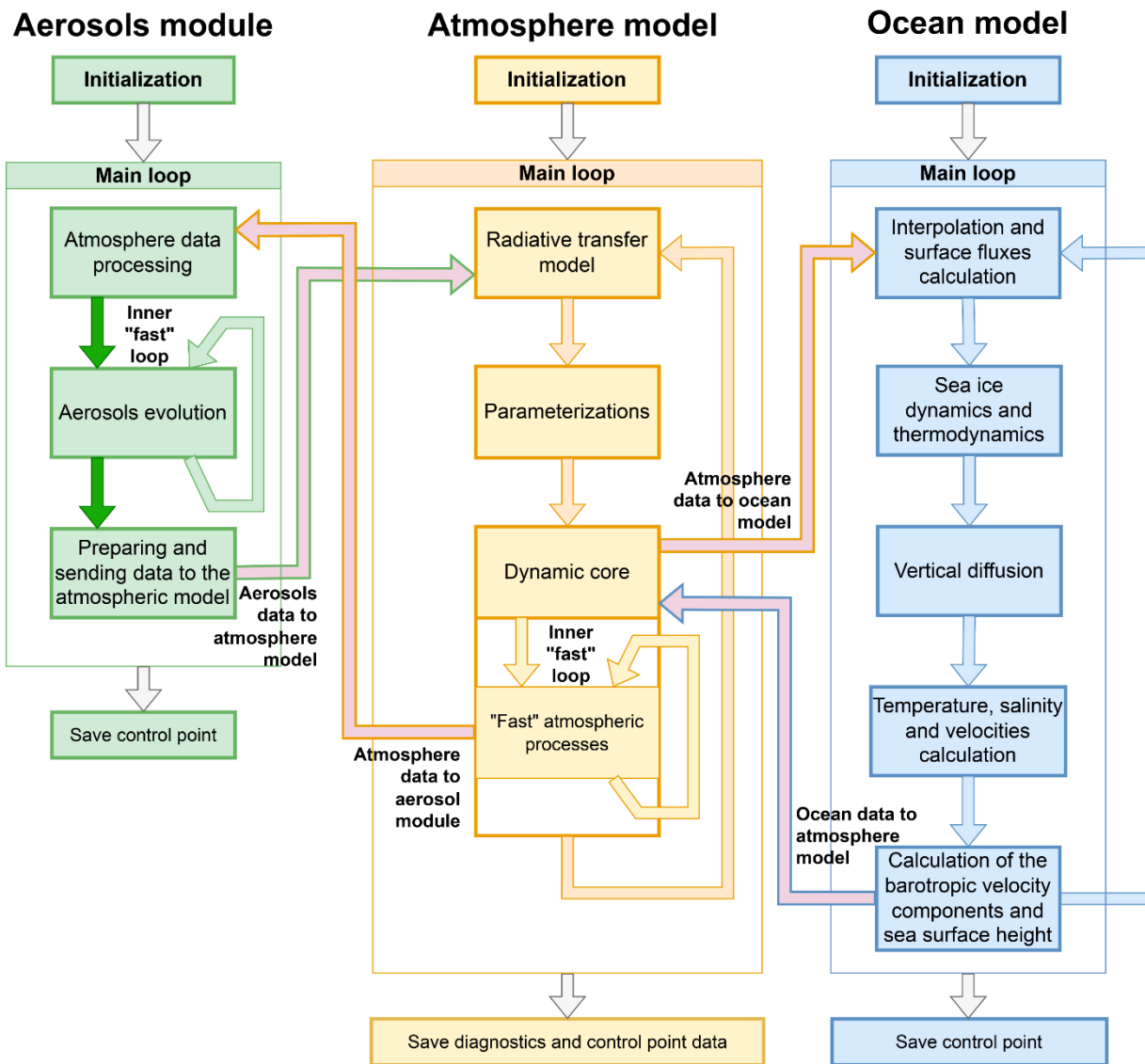


Модель климата ИВМ РАН



- Шаги по времени в моделях атмосферы и океана составляют 1.5 и 12 минут соответственно
- Модель атмосферы, океана и аэрозольный блок обмениваются данными с использованием библиотеки MPI

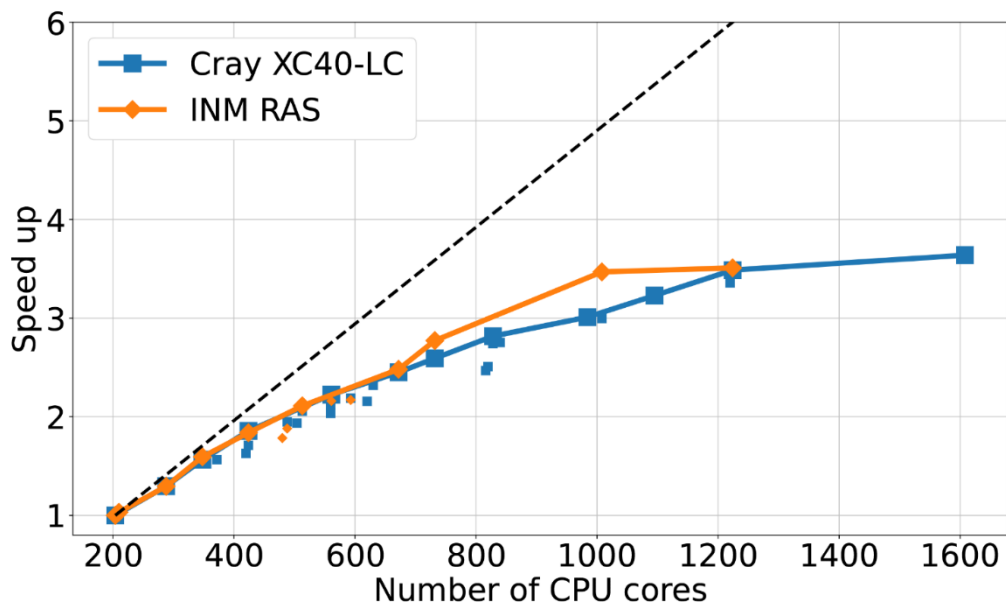
Модель климата ИВМ РАН



Разработка профилировщика

- Для анализа параллельных свойств кода INMCM6M был разработан модуль Mod_ParProf
- Модуль реализует возможность накопления информации о времени работы фрагментов программного кода модели независимо на каждом MPI процессе
- Mod_ParProf позволяет анализировать общее время работы модели, рассчитывает статистику (среднее, СКО, max, min) для отмеченных участков кода, запись результатов ведется в диагностический файл
- На Python разработана система для визуализации результатов в виде столбчатой диаграммы

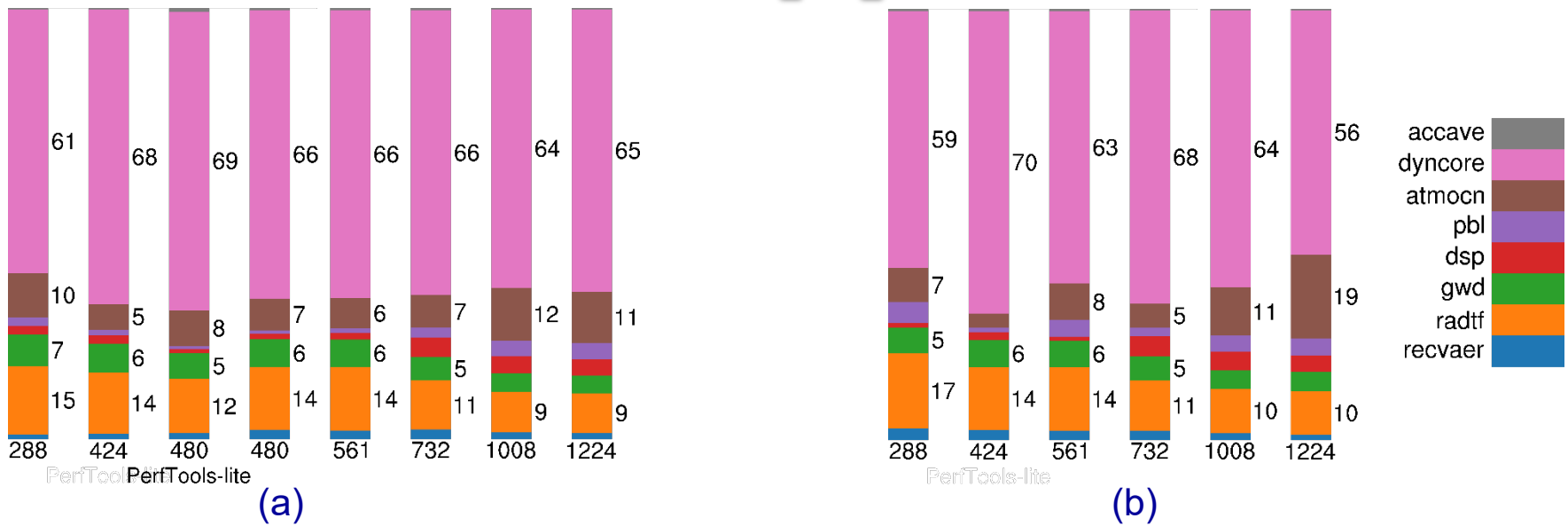
Масштабируемость на различных НРС



	Размер MPI коммуникатора					
INMCM (Commworld)	288	424	561	732	1008	1224
Модель атмосферы	120	180	240	312	432	540
Аэрозольный блок	120	180	240	312	432	540
Модель океана	48	64	81	108	144	144

- Выбор конфигурации имеет ряд ограничений

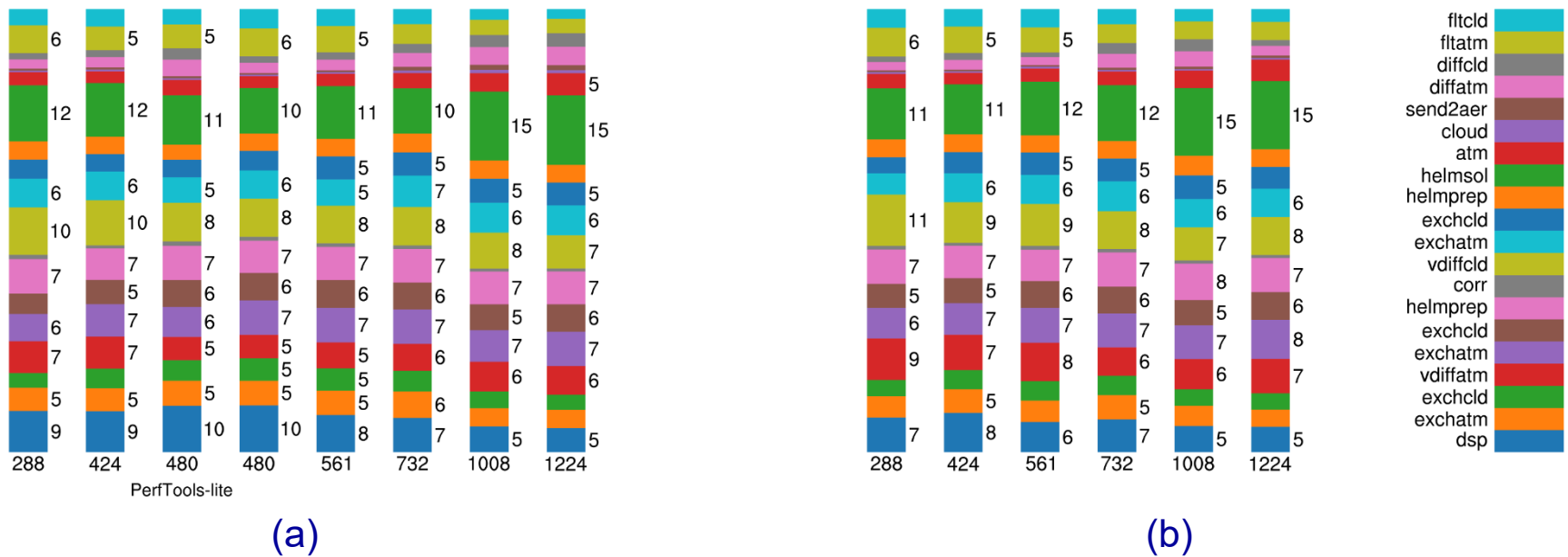
Время работы главного цикла в модели атмосферы



Результаты профилировки на Cray XC40-LC (a) и кластере ИВМ РАН (b)

- Динамическое ядро *dyncore* является самым постоянным по времени, там содержатся внутренние обмены и отправка данных в блок аэрозолей
- Блок параметризаций процессов подсеточного масштаба *radtf*, *gwd*, *dsp*, *pbl* хорошо масштабируется
- Доля обработки и обмена данными с океаном *atmocn* увеличивается за счет сбора на мастер-процессе перед отправкой

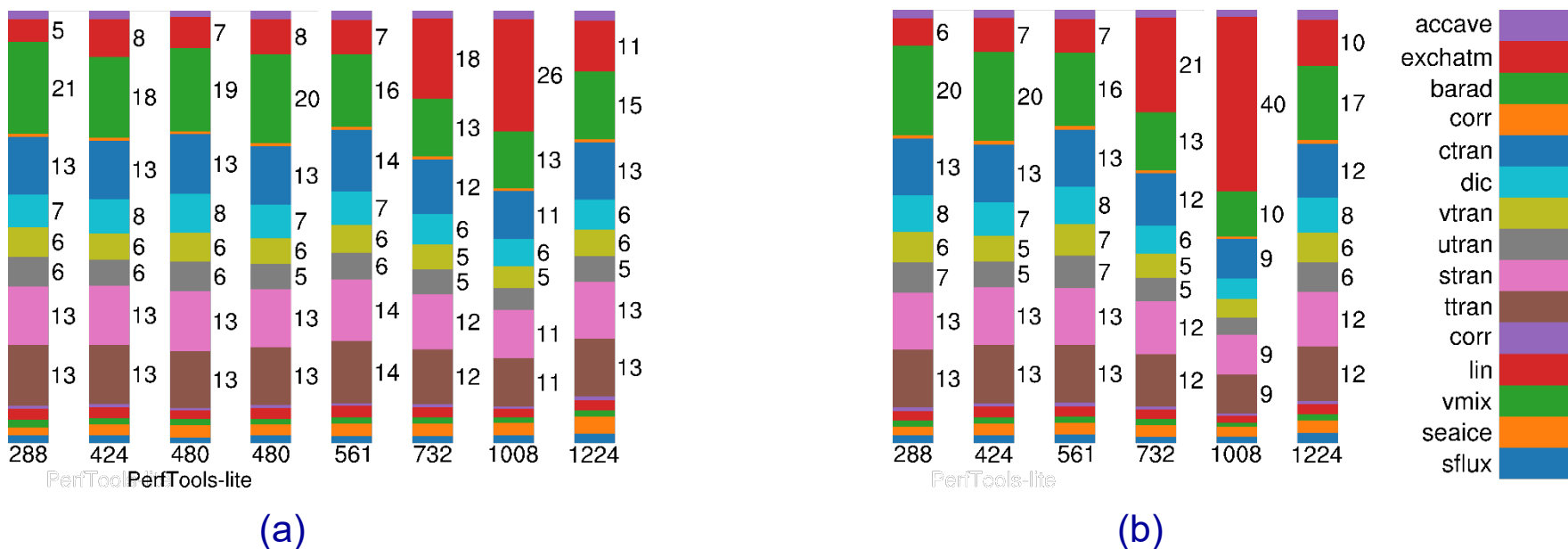
Масштабируемость динамического ядра



Профилировка динамического ядра модели на Cray XC40-LC (a) и кластере ИВМ РАН (b)

- В процедуре *helmsol* находится решение уравнения Гельмгольца
- Обмены данными через MPI встречаются в процедурах *exch**
- Временные доли процедур почти не меняются, динамическое ядро хорошо сбалансировано

Масштабируемость модели океана



Профилировка модели океана на Cray XC40-LC (a) и кластере IBM PAX (b)

- Процедуры *stran*, *ttran*, *ctran* отвечают за вертикальное и изопикническое перемешивание солёности, температуры и CO₂
- Решение матричных уравнений для уровня и баротропной части скорости происходит в *barad*
- Перед отправкой данных в океан, они собираются на мастер-процессе и интерполируются. Около половины процедуры занимает MPI_BCAST

Выводы

- С помощью разработанного профилировочного модуля удалось найти узкие места в составных частях глобальной модели, произведена верификация с помощью PerfTools-lite
- Система визуализации позволила наглядно отобразить результаты для мониторинга времени работы кода, что позволяет эффективнее находить оптимальные конфигурации и узкие места блоков модели*
- Разработанное ПО не является проприетарным, это позволяет использовать его неограниченно

**Blagodatskikh D.V., Iakovlev N.G., Volodin E.M., and Gritsun A.S* Non-local discretization of the isoneutral diffusion operator in a terrain-following climate ocean model // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling (accepted)



Спасибо за внимание!



Международная научная конференция Суперкомпьютерные дни в России 2023, 25 - 26 сентября

© 2023, А.В. Сахно, М.А. Тарасевич, Р.Ю. Фадеев, Е.М. Володин, А.С. Грицун