# Лаборатория Сибирский суперкомпьютерный центр

Зав. лабораторией д.т.н. Глинский Б. М.

## Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2016 г. в соответствии с планом НИР института

**Проект НИР 1.4.1.3** "Развитие суперкомпьютерных технологий и методов моделирования архитектур и алгоритмов для пета- и экзафлопсных суперЭВМ".

Номер государственной регистрации НИР 01201370232

Руководители: д.т.н. Глинский Б. М, д.т.н. Родионов А. С.

Предложена методология разработки алгоритмического и программного обеспечения для суперкомпьютеров экзафлопсного уровня, содержащая три связанных этапа: первый этап определяется со-дизайном, под которым понимается адаптация вычислительного алгоритма и математического метода к архитектуре суперкомпьютера на всех этапах разработки программы; на втором предполагается создание упреждающего алгоритмического и программного обеспечения для наиболее перспективных экзафлопсных суперкомпьютеров на основе имитационного моделирования с целью адаптации алгоритмов к заданной архитектуре суперкомпьютера; на третьем этапе оценивается энергоэффективность алгоритма при различных реализациях на данной архитектуре либо на различных архитектурах.

Предложены новые реализации решателя систем ОДУ для численного решения задач фармакокинетики. Разработан новый алгоритм транслирования кинетических схем для задач астрофизики. Протестирована схема взаимодействия блока моделирования физико-химических процессов с уравнениями газовой динамики для численного моделирования столкновения галактик.

Модернизирован пакет ChemPak для решения задач химической кинетики совместно с гидродинамическим решателем CosmoPhi. Проведено тестирование модернизированного пакета на трех системах, описывающих динамику водорода и гелия в рамках космологической задачи.

$$H + H + grain \rightarrow H_2 + grain$$
$$H_2 + H \rightarrow 3H$$
$$H_2 + H_2 \rightarrow 2H + H_2$$
$$H_2 + \gamma \rightarrow 2H$$
$$H + c.r. \rightarrow H^+ + e$$
$$H + e \rightarrow H^+ + 2e$$
$$H^+ + e \rightarrow H + \gamma$$
$$H^+ + e + grain \rightarrow H + grain$$

Модернизирован пакет ChemPak для решения задач химической кинетики совместно с гидродинамическим решателем CosmoPhi. Проведено тестирование модернизированного пакета на системе, описывающей динамику водорода и гелия в рамках космологической задачи.

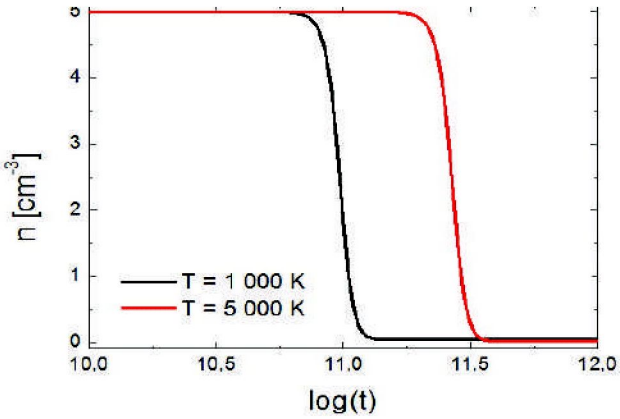


Рис. 1

Изучен механизм образования молекулярного водорода из атомарного на космической пыли под воздействием космического и гамма излучения для констант скоростей протекания процесса при температурах 1000 К и 5000 К. Результаты соответствуют аналитическим исследованиям.

Предложен параллельный алгоритм моделирования упругих волн в 3D-средах со сложной геометрией свободной поверхности. В работе используется построение криволинейной 3D сетки, хорошо согласующейся с формой области моделирования. Отличительной особенностью построенной сетки является локальная ортогональность вблизи свободной поверхности (все попарно пересекающиеся ребра всех ячеек возле свободной поверхности образуют между собой прямые углы). Проведена прогонка тестовых задач для исследования масштабируемости и ускорения данного алгоритма. Из реальных расчетов получены временные задержки для имитационного моделирования.

## Результаты работ по ЦП "Суперкомпьютер" Президиума СО РАН и Минобрнауки РФ

### Инфраструктура ЦКП ССКЦ ИВиМГ СО РАН

Центр обработки данных (ЦОД) ССКЦ занимает четыре помещения общей площадью 205 м$^2$: машинный зал № 1 площадью 66,7 м$^2$; машинный зал № 2 площадью 59,9 м$^2$; узел электропитания площадью 58,5 м$^2$; помещение гидромодуля площадью 20 м$^2$.

В 2016 г. машинный зал № 1 освобожден от работающей вычислительной техники; в нем будет установлен новый кластер.

ЦКП оборудован автоматической системой газового пожаротушения, пожарной и охранной сигнализациями, источниками бесперебойного питания и прецизионными кондиционерами, системой мониторинга температуры и влажности. Дополнительная информация доступна по ссылке http://www2.sscc.ru/Information/Infrastr/2012/Infrastr-2012.htm.

Общая мощность двух источников бесперебойного электропитания составляет 240 кВт, общая мощность прецизионных кондиционеров по холоду составляет 276 кВт. Общее энергопотребление ЦКП ССКЦ составило: в 2012 г. – 1250,248 тыс. кВт ч., в 2013 г. – 1253,346 тыс. кВт ч., в 2014 г. – 1010,395 тыс. кВт ч., в 2015 г. – 1148,548 тыс. кВт ч., в 2016 г. – 992,132 тыс. кВт ч. Вычислительная техника работает в круглосуточном режиме.

ЦКП ССКЦ подключен по выделенному каналу (1 Гбит/с) к сети Новосибирского научного центра и дополнительно по скоростному каналу (10 Гбит/с) к Суперкомпьютерной сети ННЦ.

### Вычислительные ресурсы

1) Кластерный суперкомпьютер НКС-30Т, изготовитель Hewlett – Packard (США). Введен в эксплуатацию в апреле 2009 г., модернизирован в 2010 и 2011 гг. Гибридное расширение на GPU NVIDIA Tesla M2090 введено в эксплуатацию в феврале 2012 г. Пиковая производительность 115 Тфлопс, в том числе 79 Тфлопс на GPU NVIDIA Tesla M2090. ТОП-50 СНГ: 32-е место для расширения кластера на GPU (архитектура GPGPU) в 23-й

редакции рейтинга от 28.09.2015 г.; 37-е место в 25-й редакции от 26.09.2016 г. Базовый кластер на процессорах Intel Xeon (архитектура MPP) в рейтинг не вошел. Коммуникационная сеть – QDR Infiniband. Транспортная и сервисная сети – Gigabit Ethernet. Кластерная файловая система Ibrix, 32 Тбайт полезной емкости. Полная информация доступна по адресу http://www2.sscc.ru/НКС-30Т/НКС-30Т.htm.

2) На части кластера НКС-30Т развернута виртуализованная вычислительная среда (основанная на KVM), используемая для обработки данных физических экспериментов в физике высоких энергий, осуществляемых в ИЯФ СО РАН. Обмен данными между ИЯФ СО РАН, НГУ и ССКЦ осуществляется через суперкомпьютерную сеть ННЦ (10 Гбит/с).

3) Сервер с общей памятью HP ProLiant DL980 G7 (архитектура SMP). После расширения в сентябре 2013 г. включает восемь 10-ядерных процессоров Intel E7-4870 с тактовой частотой 2,4 ГГц, оперативной памятью 1024 Гбайт и 8 SAS дисками по 300 Гбайт. Пиковая производительность сервера составляет 768 Гфлопс. Сервер включен в кластер НКС-30Т как нестандартный вычислительный узел.

4) Закупленный в 2014 г. сервер HP ProLiant DL380 G8 используется для работы с NVIDIA Kepler K40.

5) В 2014 г. были установлены три дисковые полки HP D2700 с дисками HP 1.2 TB 6G 10K SAS. Две полки HP D2700 подключены к IBRIX (BIOIFS) и одна – к серверу HP DL980. Версия IBRIX 5.6 обновлена до 6.1. На основе работ, проведенных в 2014 г., а также закупки (ИЦиГ) и установки в 2015 г. еще двух дисковых полок HP D2700 с дисками HP 1.2 TB 6G 10K удалось отказаться от работы неподдерживаемых гарантийным обслуживанием дисков SATA. При этом объем внешней памяти теперь составляет 2×47 Тбайт, размер сегментов IBRIX на новых дисках – 5.9 Тбайт.

**Программное обеспечение/инструментальные средства разработки**

1) В 2013 г. закуплены лицензии на Intel Cluster Studio XE и Intel Parallel Studio XE for OS Linux. На кластере НКС-30Т установлен Intel MPI 4.1, Intel TraceAnalyzer/Collector, компиляторы Intel C++ и Intel Fortran из состава Composer XE 2013 SP1, включающие библиотеки Intel MKL, Intel IPP и Intel TBB. Коммерческая поддержка программного обеспечения Intel заканчивается в сентябре 2016 г.

2) На кластере также установлены параллельные версии Gromacs, Quantum Espresso и Bioscope. Установленный в октябре 2013 г Gromacs 4.6.3 поддерживает параллельную работу как на ядрах CPU, так и на GPU NVIDIA M2090.

3) Установлен и эксплуатируется ANSYS CFD версии 14.5.7 с лицензиями HPC, обеспечивающими параллельное выполнение программ Fluent. В 2014 г. закуплена академическая лицензия на ANSYS CFD (без лицензий HPC); коммерческая поддержка по этой лицензии закончилась 14.12.2015.

4) В январе 2014 г. установлен коммерческий пакет Gaussian g09 Rev D.01 w/LINDA. Для программирования на GPU Nvidia установлен CUDA Toolkit 6.5 и PGI Accelerator версии 14.9.

5) Сервер с общей памятью HP ProLiant DL980 G7 включен в НКС-30Т, поэтому на нем доступно программное обеспечение кластера.

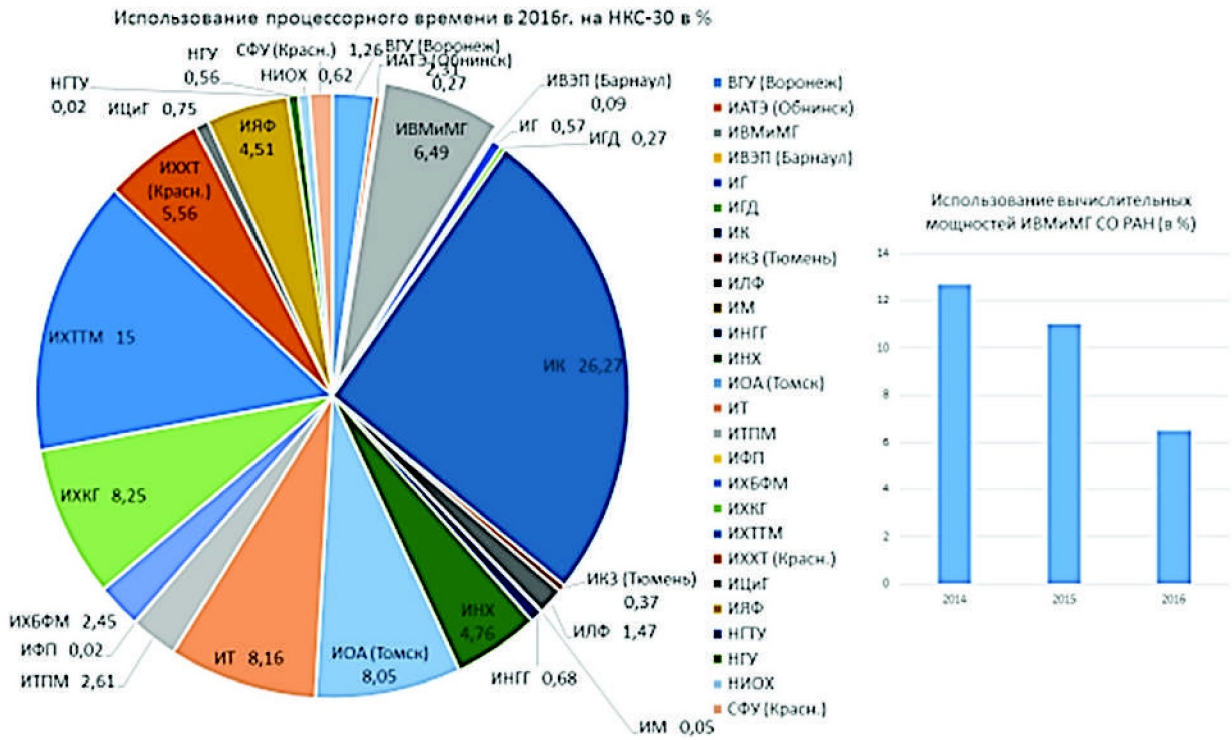


Рис. 2. Использование процессорного времени (CPU) в 2016 г., %

**Использование услуг в 2016 г.**

По статистике

Всего пользователей – 192
Всего организаций – 34,
из них:
академических организаций – 24
университетов – 7 (НГУ, НГТУ, СФУ (Красноярск), ВГУ (Воронеж), АлтГТУ (Барнаул), АлтГТПУ (Барнаул), ХГУ (Абакан))
прочих организаций – 3 (СибНИА, СибНИГМИ, компания "Котэс")

По отчетам пользователей

Всего грантов, программ, проектов, тем – 176,
из них:
российских – 172
международных – 4
программ РАН – 16
грантов РФФИ – 66
грантов РНФ – 22
проектов СО РАН – 37
программ Минобрнауки – 19
прочих – 16

Всего публикаций – 166,
из них:
российских – 57
зарубежных – 109
докт. дис. – 0,
канд. дис. – 7,
дипломных работ – 9,
патентов – 3

**Подготовка кадров и повышение квалификации**

1) Поддержка практических занятий в пакете Gaussian 09 на ресурсах ССКЦ в рамках учебного курса "Теоретическая и вычислительная спектроскопия" (2016 г.), проводимого приглашенным профессором Энрико Бенасси из университета Пизы (Италия). Описание курса: http://www.htt.nsu.ru/?p=1469; http://www.nsu.ru/8f7a4f74a00ee8cd0a9dcd708389042f. Результат – рост числа пользователей, в том числе и новых, желающих работать на Gaussian 09.

2) Ведется подготовка специалистов по высокопроизводительным вычислениям на четырех кафедрах: Математических методов геофизики НГУ (зав. кафедрой член-корр. РАН проф. Кабанихин С. И.); Параллельных вычислений НГУ (зав. кафедрой проф. Малышкин В. Э.); Вычислительных систем НГУ (зав. кафедрой проф. Глинский Б. М.); Параллельных вычислительных технологий НГТУ (зав. кафедрой проф. Малышкин В. Э.).

3) Регулярно проводится семинар "Высокопроизводительные вычисления" на базе ССКЦ, кафедры Вычислительных систем НГУ. Презентации семинаров размещаются на странице http://www2.sscc.ru/Seminars/NEW/Seminars.htm.

4) В ИВМиМГ СО РАН в 2016 г. проведены городская Зимняя и Международная летняя школы по параллельному программированию совместно с Новосибирским государственным университетом и Новосибирским государственным техническим университетом. В работе зимней школ участвовали студенты НГУ, НГТУ. В летней школе участвовали студенты НГУ, НГТУ, лицея Lycée Saint Joseph – La Salle de Lorient (г. Лорьян, Франция), студенты, аспиранты и научные сотрудники Казахского национального университета им. Аль-Фараби (Алма-Ата).

**Объем финансирования 2016 г.**

Собственные средства – 3,3 млн руб.

**Основные итоги 2016 г.**

1) Получена субсидия ФАНО в размере 60 млн руб. на модернизацию ЦКП ССКЦ;

2) Разработано техническое задание и проводится аукцион на новый кластер с ориентацией на современные компоненты вычислительной техники

3) Поддерживаются практические занятия в пакете Gaussian 09 на ресурсах ССКЦ курса лекций "Теоретическая и вычислительная спектроскопия" (2016 г.), проводимого приглашенным профессором Энрико Бенасси из университета г. Пизы (Италия);

4) Оказываются вычислительные и консалтинговые услуги пользователям для осуществления работ в рамках грантов, программ, проектов, подготовки диссертаций и дипломов.

**Основные проблемы**

1. Моральное устаревание кластера, выход из строя вычислительных узлов. Самые новые вычислительные модули введены в эксплуатацию в феврале 2012 г.

2. Устаревание программного обеспечения. Red Hat 5.4 (2010 г.) не поддерживает установку Intel MPI 5.0 и новее.

3. Решение с одним управляющим модулем подходит для относительно небольшого вычислительного кластера. При увеличении числа вычислительных модулей необходимо распределить функции управляющего модуля на несколько модулей: на одном (Head node) – управляющее ПО (очередь заданий, CMU сервера лицензий); другой (или другие) (Login node) будут служить для захода пользователей на кластер, компиляции программ, постановки их в очередь на выполнение, обмена данными.

4. Из-за выхода кондиционера DeLonghi ACCURATE AL 60 из строя в жаркие дни приходится переходить на ручное управление кластером и уменьшать его загрузку, чтобы избежать перегрева вычислительных узлов.

5. Резкое сокращение финансирования ЦКП ССКЦ ИВМиМГ СО РАН в последние годы: 2014 – 6 млн руб.; 2015 – 4,5 млн руб.; 2016 – 3,3 млн руб.; 2017 – 1,8 млн руб.

## Результаты работ по проектам РФФИ

**Проект РФФИ № 16-07-00434** "Разработка алгоритмического и программного обеспечения экзафлопсных суперЭВМ на основе интегрального подхода".

Руководитель – д.т.н. Глинский Б. М.

Работа по проекту в 2016 г. проводилась по нескольким направлениям. Расширено понятие со-дизайна в рамках предлагаемого интегрального подхода. В рамках методики со-

дизайна рассмотрены две постановки динамической теории упругости: первая – в терминах смещений, вторая – в терминах скоростей смещения и напряжения. Исследовано время работы и размер используемой памяти созданных параллельных программ, их масштабируемость и энергоэффективность. Показано, что подход в терминах смещения позволяет решать большие 3D задачи динамической теории упругости на существенно меньшем числе графических ускорителей. Предложен параллельный алгоритм моделирования упругих волн в 3D-средах со сложной геометрией свободной поверхности. На одной и той же версии параллельного кода для этой задачи показана энергоэффективность 4.5ГФЛОП/Ватт для ускорителя вычислений NVIDIA Tesla 2090M и 12 ГФЛОП/Ватт для ускорителя вычислений NVIDIA Kepler K40M. Исследована производительность векторизованного варианта реализации метода решения уравнений гравитационной магнитной газовой динамики на ускорителях Intel Xeon Phi на архитектуре KNL, получена производительность 457 гигафлопс в рамках одного ускорителя. Создана модель взаимодействия параллельных процессов для решения задач астрофизики. С использованием интегрального подхода разрабатывается программа MANAS (Multiprocessor Application for Numerical Analisys and Simulation) для решения задачи физики плазмы. Программа является параметризованной (на основе механизма шаблонов C++) и может использоваться как в двумерном, так и в трехмерном вариантах. Программа, реализующая численную модель плазмы, может быть эффективной на суперЭВМ экзафлопсного класса, если в программе используется эйлерово-лагранжева декомпозиция расчетной области.

Предложена методика исследования эффективности применения параллельных вычислительных алгоритмов, основанных на сеточных методах. Критерием эффективности таких алгоритмов является сохранение постоянным времени расчета при увеличении расчетной области пропорционально увеличению числа вычислительных узлов. Методика основана на мультиагентном подходе к имитационному моделированию. Каждой вычислительной нити соответствует программный агент, имитирующий ее исполнение на вычислительном узле.

Получены результаты исследования эффективности алгоритма численного моделирования 3D сейсмических полей в изотропной неоднородной упругой среде. Исследованы два вида декомпозиции области: 2D и 3D. Как видно на графике, эффективность алгоритмов при увеличении числа ядер постепенно снижается, это объясняется увеличением числа обменов каждого узла с соседями на каждой итерации, для 3-мерного варианта это число растет более стремительно. Эффективное использование данного алгоритма на суперкомпьютерах требует модификации его в сторону снижения числа производимых обменов.

Получены результаты исследования эффективности алгоритма численного моделирования взаимодействия электронного пучка с плазмой. Исследовано решение данной задачи на различных типах вычислительных узлов. На этапе формирования полной матрицы текущей плотности тока и заряда необходим обмен значениями "все-со-всеми". Заметно, что эти обмены существенно снижают эффективность алгоритма. Как видно хорошую масштабируемость показывают вычисления на узлах с ускорителями Nvidia Kepler K40.

Получены результаты исследования эффективности алгоритма численного моделирования задачи столкновения галактик. Исследовано решение данной задачи на различных типах вычислительных узлов. Каждая нить обменивается граничными значениями только с двумя соседями. Как видно на рис. 3–5, алгоритм имеет хорошую масштабируемость. Лучшую масштабируемость показывают вычисления на узлах с ускорителями Nvidia Kepler K40 и Intel Xeon Phi.

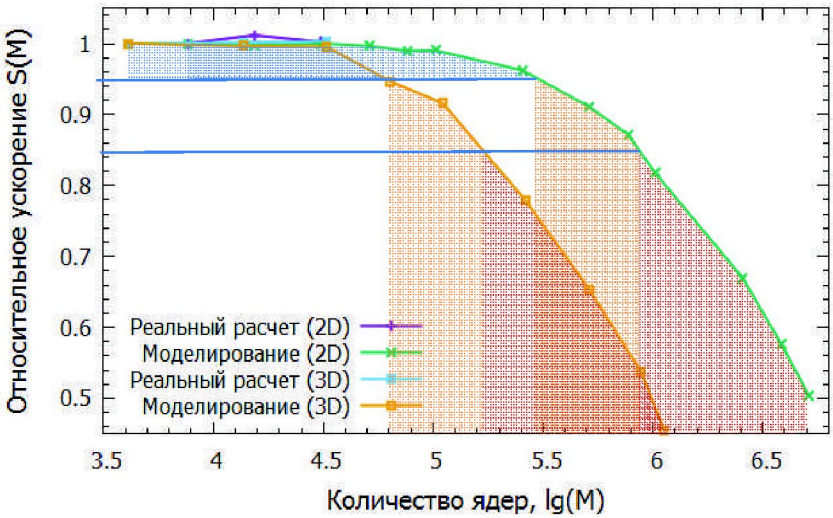


Рис. 3

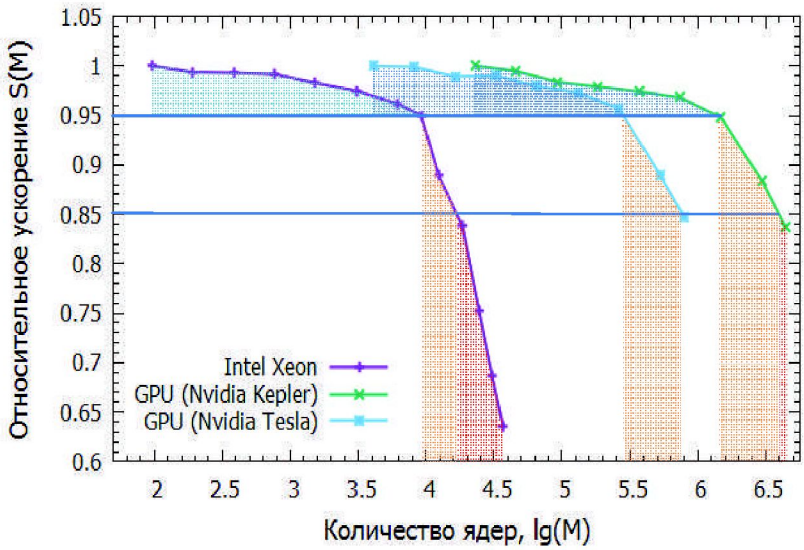


Рис. 4

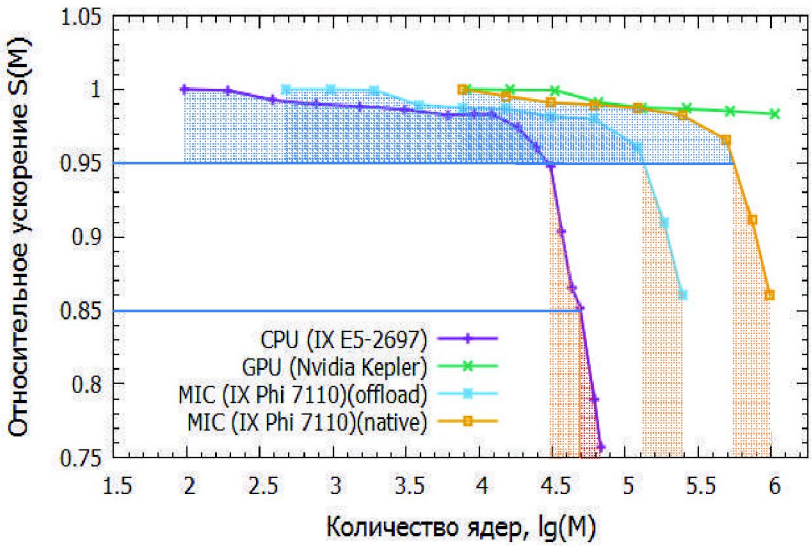


Рис. 5

## Результаты работ по проектам Президиума РАН

**Проект 4.6** "Моделирование и экспериментальные исследования вулканических структур методами активной и пассивной сейсмологии".

Руководитель – д.т.н. Глинский Б. М.

Моделирование распространения сейсмических волн в средах, характерных для вулканических структур, требует разработки суперкомпьютерных технологий для сокращения времени расчетов и получения возможности моделирования "больших" 3D упругих сред в целях создания систем вибросейсмического мониторинга сейсмоопасных объектов.

За отчетный период проведено сравнение разработанных эффективных параллельных реализаций решения задачи динамической теории упругости, записанной в терминах напряжений и скоростей смещения и в терминах смещений для гибридного суперкомпьютера, оснащенного графическими ускорителями. Исследовано время работы созданных параллельных программ и их масштабируемость. Рассматривался случай прямолинейной свободной поверхности. На основе полученных результатов можно дать рекомендации по использованию подхода, основанного на расчете смещений в случае ограниченного количества графических ускорителей и, соответственно, нехватки оперативной памяти для проведения крупномасштабных расчетов. При расчете напряжений и скоростей смещения памяти потребуется в два раза больше, однако это позволит достичь ускорения. Наиболее эффективным вариантом для исследования реальных геофизических объектов будет комбинирование обоих подходов. При этом проведение серий исследований локальных особенностей следует проводить с помощью подсчета напряжений и скоростей смещения, а разовое моделирование крупномасштабных областей – с помощью расчета смещений. Проведены тестовые расчеты. На основе решения уравнений теории упругости построены теоретические сейсмограммы для W компоненты волнового поля в предельных случаях: закупоренный верхний канал; заполненный магмой для физико-математической модели Эльбруса.

**Проект 14.6** "Создание информационно-вычислительной среды (GRID) на базе ССКЦ СО РАН".

Руководитель – д.т.н. Глинский Б. М.

В течение 2016 г. продолжались работы по поддержанию и эксплуатации виртуализированной вычислительной ГРИД-среды ННЦ, основанной на суперкомпьютерной 10 Гбит сети ННЦ и включающей вычислительные ресурсы ССКЦ, ИЯФ и НГУ. На начало 2016 г. в состав ГРИД-среды от ССКЦ входила подсистема из состава кластера НКС-30Т, основанная на двойных блейд-серверах HP BL2x220 G5 (32 штуки, суммарно 512 процессорных ядер и 1024 Гбайт памяти). В мае 2016 г., в связи с выводом из эксплуатации серверов G5, часть виртуального кластера переведена на двойные блейд-серверы HP BL2x220 G6 (64 штуки, суммарно 1024 процессорных ядра и 2048 Гбайт памяти). ГРИД-среда продолжает активно использоваться для обработки данных экспериментов по физике высоких энергий, осуществляемых в ИЯФ СО РАН как на собственных ускорителях, так и на Большом адронном коллайдере.

Второй виртуальный кластер – кластер Академпарк-ССКЦ, был создан совместно с департаментом системной интеграции компании "ТехноСити" и запущен в эксплуатацию в конце 2015 г. Кластер использует MPP-G6 часть кластера НКС-30Т из состава ССКЦ и серверы IBM Server 8737 из состава дата-центра Академпарка, имеет собственную систему управления заданиями и предназначен для решения задач обработки BigData. После

тестовой эксплуатации кластер не получил дальнейшего развития в связи с изменением ситуации у заказчиков. Выведен из эксплуатации в апреле 2016 г. Предусмотрена возможность быстрого повторного развертывания.

На основе опыта эксплуатации различных виртуальных сред проведен обзор кроссплатформенных программных решений для сетевой интеграции разнородных вычислительных ресурсов, географически удаленных друг от друга.

В 2016 г. начата работа над изучением возможности использования ускорителей GPU Nvidia Tesla M2090 для расчетов, проводимых в виртуализованных вычислительных средах.

## Публикации

### Зарубежные издания

1.Glinskiy B., Kulikov I., Chernykh I., Weins D., Snytnikov A., Nenashev V., Andreev A., Egunov V., Kharkov E. Numerical hydrodynamics simulation of astrophysical flows at Intel Xeon Phi supercomputers // Num. Hydrodynamics Simulation of Astrophys. Flows at Intel Xeon Phi supercomputers. Springer Verlag. 2016. No 10049. P. 342–354. (*в базах Scopus*, *Wos*)

2.Kulikov I., Chernykh I., Tutukov A. A new hydrodynamic model for numerical simulation of interacting galaxies on Intel Xeon Phi supercomputers // J. of Phys.: Conference Series. 2016. No 719. Article num. 012006. (*в базах Scopus*, *Wos*)

3.Glinskiy B., Kulikov I., Chernykh I., Weins D., Snytnikov A., Nenashev V., Andreev A., Egunov V., Kharkov E. The co-design of astrophysical code for massively parallel supercomputers // LNCS 10049. 2016. P. 342–354. (*в базе Wos*)

4.Kulikov I., Chernykh I., Protasov V. Mathematical modeling of formation, evolution and interaction of galaxies in cosmological context // J. of Physics: Conference Series. 2016. V. 722. Article num. 012023. (*в базе Wos*)

### Материалы международных конференций и совещаний

1.Kulikov I., Chernykh I., Glinsky B. Numerical simulations of astrophysical problems on massively parallel supercomputers // AIP Conference proc. 2016. No 1776. Article num. 090006 (*в базах Scopus*, *Wos*)

2.Сапетина А. Ф. Сравнение эффективности применения различных математических постановок для суперкомпьютерного 3D моделирования сейсмических волновых полей // Труды Междунар. конф. "Суперкомпьютерные дни в России". 2016. С. 985–995. (*в базе Scopus*)

3.Титов П. А. Технология моделирования распространения упругих волн в средах со сложной 3D геометрией поверхности на высокопроизводительных кластерах // Там же. С. 1020–1033. (*в базе Scopus*)

4.Глинский Б. М., Черных И. Г., Куликов И. М., Винс Д. В., Снытников А. В. Со-дизайн параллельных алгоритмов для решения задач астрофизики и физики плазмы на гибридных суперЭВМ // Тез. 16-й Междунар. конф. "Супервычисления и математическое моделирование". 2016. (*в базе РИНЦ*)

5.Kulikov I., Chernykh I., Vorobyov E., Snytnikov A., Weins D., Moskovsky A., Shmelev A., Protasov V., Serenko A., Nenashev V., Vshivkov V., Rodionov A., Glinsky B., Tutukov A. Numerical hydrodynamics simulation of astrophysical flows at Intel Xeon Phi supercomputers // CEUR Workshop Proc. 2016. V. 1576. P. 205–220. (*в базе Scopus*)

6.Куликов И. М., Черных И. Г., Воробьев Э. И., Снытников А. В., Винс Д. В., Московский А. А., Шмелев А. Б., Протасов В. А., Серенко А. А., Ненашев В. Е., Вшивков В. А., Родионов А. С., Глинский Б. М., Тутуков А. В. Численное гидродинамическое моделирование астрофизических течений на гибридных суперэвм, оснащенных ускорителями Intel Xeon Phi // Труды Междунар. науч. конф. "Параллельные вычислительные технологии" (ПаВТ'2016). 2016. С. 205–220. (*в базе РИНЦ*)

7.Петренко Е. В., Черных И. Г., Куликов И. М. Разработка системы анализа производительности приложений для мобильных платформ // Труды Междунар. конф. "Программные системы: теория и приложения". 2016. Т. 7. № 2–1 (29). С. 127–135. (*в базе РИНЦ*)

8.Винс Д. В., Глинский Б. М. Применение мультиагентной модели системы оперативного управления высокопроизводительными вычислительными системами для исследования эффективности различных управляющих алгоритмов // Труды 12-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Новосибирск, 2016. С. 105–113. (*в базе РИНЦ*)

**Прочие публикации**

1.Глинский Б. М., Мартынов В. Н., Сапетина А. Ф. 3D-моделирование сейсмических волновых полей в средах, характерных для вулканических структур // Математические заметки СВФУ. 2015. Т. 22. № 3. С. 84–98. (*в базе РИНЦ*)

2.Сапетина А. Ф. Supercomputer-aided comparison of the efficiency of using different mathematical statements of the 3D geophysical problem // Bull. NCC. Ser.: Numerical Analysis. 2016. Iss. 18. (*в базе РИНЦ*)

**Участие в конференциях и совещаниях**

1.Цифровая индустрия промышленной России, Казань, Иннополис, 7–10 июня 2016 г. – 1 приглашенный доклад (Глинский Б. М., Черных И. Г.).

2.The 2nd International conference and summer school "Numerical computations: Theory and algorithms", Пиццо Калабро (Италия), 19–25 июня 2016 г. – 1 доклад (Черных И. Г.).

3.8-я Международная молодежная научная школа-конференция "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 1–7 сентября 2016 г. – 2 доклада (Титов П. А., Сапетина А. Ф.).

4.Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", Новосибирск, 12–16 декабря 2016 г. – 1 доклад (Винс Д. В., Глинский Б. М.).

5.The 10th Anniversary International multiconference "Bioinformatics of genome regulation and structure\ systems biology" Novosibirsk, August 29 – September 2, 2016 – 1 доклад (Chernykh I., Glinskiy B., Kuchin N.).

6.The 16th International conference on algorithms and architectures for parallel processing "ICA3PP 2016", Granada, December 14–16, 2016 –1 доклад (Glinskiy B., Chernykh I., Weins D.).

7."Супервычисления и математическое моделирование", Саров, 3–7 октября 2016 г. – 3 доклада (Глинский Б. М., Черных И. Г.).

8.Параллельные вычислительные технологии 2016, Архангельск, 28 марта – 1 апреля 2016 г. – 2 доклада (Черных И. Г., Глинский Б. М.).

9.8-й Сибирский форум индустрии информационных систем, Новосибирск, 6–7 апреля 2016 г. – 2 доклада (Черных И. Г., Глинский Б. М.).

10.Всероссийская конференция "Нелинейные волны: теория и новые приложения", Новосибирск, 29 февраля – 2 марта 2016 г. – 1 доклад (Черных И. Г.)

11.British council and Russian foundation for basic research Russian-British workshop "Uncertainty quantification in inverse modelling", Новосибирск, 25–27 апреля 2016 г. – 1 доклад (Черных И. Г.).

12.Международная конференция IXPUG/Ru, Санкт-Петербург, 9–10 июня 2016 г. – 1 доклад (Черных И. Г.).

13.Национальный Суперкомпьютерный форум 2016, Переславль-Залесский, 29 ноября – 2 декабря 2016 г. – 2 доклада (Глинский Б. М., Черных И. Г.).

## Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных *Wos* – 5
Публикаций, индексируемых в базе данных *Scopus* – 6
Публикаций, индексируемых в базе данных *РИНЦ* – 6
Публикаций в центральных зарубежных изданиях – 4
Публикаций в материалах международных конференций – 8
Публикаций в прочих изданиях – 2
Докладов на конференциях – 18, в том числе 2 пленарных.
Участников оргкомитетов конференций – 4

## Кадровый состав

| | | |
|---|---|---|
| Глинский Б. М. | зав. лаб., | д.т.н. |
| Черных И. Г. | с.н.с. | к.ф.-м.н. |
| Ломакин С. В. | м.н.с. | |
| Винс Д. В. | м.н.с. 0.5 | |
| Титов П. А. | м.н.с. 0.25 | |
| Кучин Н. В. | гл. спец. по СПО | |
| Макаров И. Н. | вед. програм. | |
| Зернова Л. В. | вед. програм. 0.75 | |
| Кононов А. А. | инженер-электр. 0.5 | |
| Сапетина А. Ф. | инженер 0.1, аспирант | |

Титов П. А., Ломакин С. В. – молодые научные сотрудники.

## Педагогическая деятельность

Глинский Б. М. – профессор, зав. кафедрой ММФ НГУ

**Руководство аспирантами**

1. Титов П. А. – 3-й курс аспирантуры.
2. Сапетина А. Ф. – 2-й курс аспирантуры.