

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского
отделения Российской академии наук
(ИВМиМГ СО РАН)**

Отчет по основной референтной группе 1 Математика

Дата формирования отчета: **19.05.2017**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Инфраструктура научной организации

1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

2. Информация о структурных подразделениях научной организации

Научное направление «Вычислительная математика»

Лаборатория методов Монте-Карло

Основные научные направления: разработка эффективных алгоритмов численного статистического моделирования для решения естественнонаучных задач, в частности, задачи переноса излучения в различных средах, переноса частиц в веществе, включая нелинейные кинетические процессы в разреженных газах.

Лаборатория стохастических задач

Основные научные направления: построение суперкомпьютерных алгоритмов статистического моделирования задач оптики атмосферы и океана; разработка стохастических моделей метеорологических полей; развитие стохастических моделей и алгоритмов моделирования для задач оптоэлектроники и катализа; разработка численных моделей и алгоритмов для решения стохастических задач математической физики; разработка сеточных и проекционных стохастических алгоритмов решения прикладных задач.

Лаборатория численного анализа стохастических дифференциальных уравнений



Основные научные направления: разработка численных методов решения систем стохастических дифференциальных уравнений, алгоритмов параметрического анализа нелинейных стохастических дифференциальных уравнений, методов математического моделирования в задачах математической физики и химии, параллельных алгоритмов статистического моделирования для кластерных вычислений, электронных учебных систем для университетов.

Лаборатория численного анализа и машинной графики

Основные научные направления: построение и исследование полностью консервативных, сопряжено-согласованных разностных схем для динамических задач линейной теории упругости и вязкоупругости; построение и исследование методов декомпозиции и фиктивных компонент для решения эллиптических и параболических сеточных задач; построение и исследование методов многомерной сплайн-аппроксимации; построение и исследование моделей и методов реалистической визуализации пространственных сцен, содержащих объекты с различными оптическими характеристиками.

Лаборатория вычислительной физики

Основные научные направления: разработка новых эффективных алгоритмов и программ для моделирования физических явлений, происходящих в приборах СВЧ-электроники, электронных пушках, ускорителях заряженных частиц, сопровождаемые исследованиями в области вычислительной математики, распараллеливания алгоритмов и программ для проведения расчетов на многопроцессорных супер-ЭВМ, разработками технологий для автоматизации проведения расчетов.

Лаборатория математических задач химии

Основные научные направления: разработка вычислительных моделей процессов тепло-массопереноса с реализацией на современных высокопроизводительных супер-ЭВМ; численное математическое моделирование таких процессов как фильтрационное горение газов, фильтрация многофазной несжимаемой жидкости, тепло-массоперенос при коллизионных явлениях в литосфере и пр.; проведение исследований в области вычислительной математики, включающих разработку и анализ новых алгоритмов метода конечных элементов, методов декомпозиции области, методов расщепления, построение новых кубатурных формул на сфере, построение высокоточных базисов в проекционных методах и пр.

Лаборатория математического моделирования гидродинамических процессов в природной среде

Основные научные направления: разработка численных методов математического моделирования для решения прямых и обратных задач гидротермодинамики, переноса и трансформации загрязняющих примесей в атмосфере и водных объектах (озеро Байкал); разработка корректных алгоритмов для условно-корректных и обратных задач природоохранного направления с использованием вариационного подхода и концепции сопряженных интегрирующих множителей; разработка вариационных методов усвоения данных назем-



ного и дистанционного зондирования в моделях геофизической гидродинамики и химии; разработка методов направленного мониторинга для оценок экологических рисков от природных и техногенных воздействий и экологической безопасности; развитие технологии моделирования для природоохранных задач, создание параллельных версий алгоритмов и реализация их на супер-ЭВМ; решение прикладных задач мезо- и регионального масштабов для индустриальных регионов, городских агломераций и крупных объектов, расположенных, в основном, в Сибири.

Лаборатория математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере

Основные научные направления: разработка суперкомпьютерных моделей атмосферы, океана и водных объектов суши на основе численного решения уравнений геофизической гидродинамики, а также алгоритмов оптимального размещения систем мониторинга полей атмосферного загрязнения; исследование межгодовой, сезонной и климатической изменчивости состояния атмосферы, океана, морского льда и донных отложений, изучение региональных особенностей климата Сибири и Арктики, анализ данных наземного и спутникового мониторинга, создание баз данных и геоинформационных систем для исследования процессов загрязнения территорий городов, оценок ингаляционных рисков здоровью населения и социально-экономического ущерба.

Научное направление «Математическое моделирование и методы прикладной математики»

Лаборатория математических задач геофизики

Основные научные направления: разработка численных методов математического моделирования прямых и обратных задач сейсмологии, электродинамики, фильтрации; создание параллельных алгоритмов и программ для высокопроизводительных вычислительных систем с параллельной архитектурой для моделирования динамических задач сейсмологии, электродинамики, фильтрации; обоснование уже существующих и разработка новых численных методов решения многомерных обратных задач математической физики (коэффициентные обратные задачи акустики, сейсмологии, диффузии, томографии); разработка и обоснование численных алгоритмов продолжения решений с части границы многомерных уравнений в частных производных в таких приложениях как акустика, сейсмология, георадары, тепловая томография; реализация разработанных методов и алгоритмов решения обратных и некорректно поставленных задач в комплексах программ.

Лаборатория численного моделирования сейсмических полей

Основные научные направления: разработка аналитических методов и численных алгоритмов для математического моделирования геофизических явлений и процессов в сложно построенных средах; разработка методов решения прямых и обратных динамических задач сейсмологии; численное моделирование распространения сейсмических и электромагнитных волн в упругих средах, средах с затуханием, анизотропных и пористых средах с использованием супер-ЭВМ.

Лаборатория математического моделирования волн цунами



Основные научные направления: математическое моделирование возбуждения и распространения цунами в океане, изучение связи условий возбуждения цунами с механизмом очага подводного землетрясения, сейсмотектоническими особенностями регионов и условиями осадконакопления на океанском дне; разработка новых численных методов расчета кинематики и динамики волн цунами; развитие новых подходов к решению задачи оценки долгосрочного цунамириска (цунамирайонирования побережья) на основе интеграции сейсмотектонических и вероятностных моделей геодинамического процесса и расчетных моделей распространения цунами на реальных участках акватории океана; создание и поддержка баз данных по наблюдениям катастрофических природных явлений (цунами, землетрясения, вулканические извержения, ураганы и тайфуны, импактные удары), создание специализированных графических оболочек для работы с базами данных; создание интегрированной информационно-экспертной системы для оперативного и долгосрочного прогноза волн цунами; решение обратной задачи на восстановление источника цунами по наблюдениям на сети береговых мареографов, определение условий разрешимости этой задачи при использовании реальных записей цунами; оценка опасности и возможных последствий при кометно-астероидных ударах по поверхности суши и в морских акваториях.

Лаборатория геофизической информатики

Основные научные направления: математическое моделирование на супер-ЭВМ и экспериментальные исследования в задачах активной сейсмологии и вибросейсмического мониторинга среды; исследование процессов формирования и распространения волновых полей от вибрационных источников в неоднородных сложнопостроенных средах, моделирующих вулканические структуры и зоны разломов в сейсмоактивных областях; исследование взаимодействия волновых полей различной физической природы и нелинейных эффектов при вибрационном излучении сейсмических волн; разработка алгоритмов и программ обработки данных активного мониторинга; экспериментальные работы по активной сейсмологии в Алтае-Саянском регионе, Байкальской рифтовой зоне и в зонах вулканических структур Тамани и Приэльбрусья; развитие геоинформационных и Интернет- технологий для задач активной сейсмологии и вибросейсмического мониторинга сейсмо-вулканоопасных зон.

Лаборатория обработки изображений

Основные научные направления: разработка суперкомпьютерных численных алгоритмов и программных технологий автоматизированной обработки аэрокосмических изображений поверхности Северного Ледовитого океана и прибрежных зон Арктики для прикладных дистанционных исследований; статистических методов обработки изображений; численных методов для решения задач вычислительной томографии и обработки изображений; соответствующих Web-технологий.

Научное направление «Параллельные и распределенные вычисления»

Лаборатория синтеза параллельных программ



Основные научные направления: разработка технологий параллельного программирования; перспективных систем параллельного программирования; создание теории и методов параллельного фрагментированного программирования; разработка языков высокого уровня, методов и средств параллельной реализации больших численных моделей на пета- и экса-флопсных супер-ЭВМ; построение структурных методов автоматического конструирования параллельных программ; исследование методов фрагментации алгоритма как универсального подхода к распараллеливанию численных алгоритмов; исследование эффективности реализации численных фрагментированных алгоритмов на мультипроцессорах и мультикомпьютерах; разработка распределенных системных алгоритмов с локальными взаимодействиями для эффективной реализации систем параллельного программирования распределенных вычислительных систем; разработка технологии клеточно-автоматного моделирования нелинейных процессов в физике, химии, биологии; разработка клеточно-автоматных моделей для исследования процессов в потоках жидкости, в активных средах с катализаторами, в биосистемах, в системах со сложной структурой; разработка эффективных алгоритмов и программных реализаций на суперкомпьютерах клеточно-автоматных моделей физических, химических и биологических явлений на микро- и нано- уровнях.

Лаборатория параллельных алгоритмов решения больших задач

Основные научные направления: разработка вычислительных моделей, эффективных параллельных алгоритмов и передовых технологий математического моделирования, в том числе с использованием супер-ЭВМ, для решения многомерных задач по изучению процесса волнообразования и кумулятивной струи при сварке взрывом металлических пластин, динамики многокомпонентной низкотемпературной плазмы, эволюции галактик и межзвездной среды, динамики релятивистских пучков заряженных частиц; объяснение на основе вычислительных экспериментов на супер-ЭВМ физических и математических эффектов и оценка их влияния на получаемые решения.

Лаборатория Сибирский суперкомпьютерный центр

Основные научные направления: разработка суперкомпьютерных технологий и методов математического моделирования архитектур и численных алгоритмов для пета- и экса-флопсных супер-ЭВМ; имитационное моделирование масштабируемости параллельных программ, разработка и исследование математической модели функционирования системы управления потоком параллельных задач поступающих в ЦКП для оптимизации загрузки вычислительных кластеров, прототипирование параллельных программ; обеспечение исследователей - сотрудников научных институтов РАН, ВУЗов, грантодержателей РФФИ, Миннауки, Минобрразования России современными вычислительными средствами для работ по математическому моделированию в фундаментальных и прикладных исследованиях; организация обучения специалистов СО РАН и студентов ВУЗов методам параллельных вычислений на суперкомпьютерах.

Научное направление «Информационные системы»

Лаборатория моделирования динамических процессов в информационных сетях



Основные научные направления: разработка численных методов математического и имитационного моделирования применительно к анализу и оптимизации информационных сетей различного типа и назначения; исследование структурных моделей на основе теории графов, гиперграфов и гиперсетей, моделей динамики поведения информационных и коммуникационных сетей на основе методов теории случайных процессов и имитационного моделирования, алгоритмов и средств сжатия, хранения и обработки данных.

Лаборатория прикладных систем

Основные научные направления: разработка методов, алгоритмов и программ среды для решения задач анализа и синтеза систем информатики; развитие теории и алгоритмов исследования и оптимизации информационных систем нового поколения; исследование вопросов живучести различных сетей передачи данных. Разработка алгоритмов обнаружения атак на компоненты IP-сетей; разработка методов, алгоритмов и программ вычисления вероятностно-временных характеристик в нестационарных гиперсетях; мониторинг распределенных информационно-вычислительных систем; разработка методов и базовых алгоритмов для задач моделирования трафика в инфо-коммуникационных сетях; разработка методов, алгоритмов и программ для решения задач исследования параметров информационных систем, имеющих распределенную сетевую структуру, ранжирования элементов коллекции периодических изданий распределенной библиографической базы данных, имитационное моделирование автомобильного трафика в Новосибирске и других городах Сибирского федерального округа.

Лаборатория системного моделирования

Основные научные направления: разработка методов, алгоритмов и программ решения задач моделирования и исследования операций, в том числе: проблемы имитационного моделирования в операционных средах параллельных вычислительных систем (распределенные и параллельные реализации), разработка и исследование методов и алгоритмов отображения параллельных алгоритмов на архитектуру вычислительных систем, задачи синтеза оптимальных структур вычислительных систем (теоретико-графовые модели, метаэвристические методы оптимизации), задачи многоуровневого календарного планирования (стратегическое и тактическое планирование сложных комплексов работ), задачи математического программирования (параллельные алгоритмы оптимизации).

3. Научно-исследовательская инфраструктура

Ресурсы Сибирского суперкомпьютерного центра.

Суперкомпьютер НКС-30Т (суммарная пиковая производительность 115 ТФЛОПС):

1) 40 серверов SL390s G7, каждый из которых имеет: два 6-ядерных CPU Xeon X5670 (2.93 ГГц), 96 Гбайт ОЗУ, три карты NVIDIA Tesla M 2090 на архитектуре Fermi (compute capability 2.0, 1 GPU с 512 ядрами, 6 Гбайт памяти GDDR5, 665 Гфлопс - производительность для двойной точности, 1331 Гфлопс - для одинарной). Общая пиковая производительность – 85 Тфлопс.



2) 48 двойных блейд-сервера HP BL2x220c G7: 96 вычислительных модуля, ОП модуля - 24 Гбайта, 192 (1152 ядра) процессора Intel Xeon X5670, 2.93 GHz (Westmere). Производительность - 13,5 Тфлопс

3) 64 двойных блейд-сервера HP BL2x220 G6: 128 вычислительных модуля, ОП модуля - 16 Гбайт, 256 (1024 ядра) процессоров Intel Xeon E5540, 2.53 ГГц (Nehalem), 1024 ядер. Производительность - 10,36 Тфлопс.

4) 32 двойных блейд-сервера HP BL2x220 G5: 64 вычислительных модуля, ОП модуля - 16 Гбайт, 128 (512 ядер) процессоров Intel Xeon E5450, 3.00 ГГц (Harperstown). Производительность - 6,1 Тфлопс

5) Управляющий модуль/узел HP DL380 G6.

6) Параллельная файловая система (ПФС) IBRIX: 4 шлюзовых сервера на базе HP DL380 G6, 2 дисковые полки HP MSA 2312sa DC, 2 дисковые полки расширения HP MSA 2000 DC, сервер управления на базе HP DL360 G6, ёмкость 32 Тбайт.

7) Система хранения данных (СХД): сервер HP DL380 G6, полки расширения MSA2312sa и MSA2000, ёмкость 36 Тбайт (max – 120 Тбайт).

8) Сервер с общей памятью (HP DL980 G7): 8 (80 ядер) процессоров Intel E7-4870, 1024 Гбайт RAM.

Балансовая стоимость оборудования ССКЦ на конец 2015 года: 143.4 миллиона рублей.

В настоящее время благодаря субсидии ФАНО центр дооснащен кластером НКС-1П:

- 40 x CPU Intel Xeon E5-2697v4 (640 ядер)

- 16 x CPU Intel Xeon Phi 7290 KNL (1152 ядер)

- Параллельная файловая система – 220 Тбайт

Пиковая производительность – 81,9 ТФЛОП/С

Стоимость оборудования – 60 млн. рублей.

Основные результаты, полученные в 2013-2015 гг. на оборудовании ССКЦ:

1) Институт цитологии и генетики СО РАН: биоинформационный анализ транскриптомных данных, анализ SNP в промоторах генов (онкозаболевания), генетические исследования растений (продовольственная безопасность РФ).

2) Институт теоретической и прикладной математики СО РАН: получены траектории спуска и время жизни спутников по проекту QB50 (международная программа исследования термосферы Земли), суперкомпьютерное моделирование тепловых потоков дельтакрыла в гиперзвуковом режиме (проект спускаемых космических аппаратов).

3) Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН: создана библиотека PARMONC для исполнения задач распределенного численного статистического моделирования для супер-ЭВМ с использованием которой, в частности, решались задачи моделирования газовых разрядов в плазматроне (ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск и ИСЭ СО РАН, Томск), переноса излучения в различных средах (ГНЦ РФ – ФЭИ, Обнинск).

Вибросейсмический полигон



Институт имеет экспериментальную базу на вибросейсмическом полигоне СО РАН п. Быстровка, НСО, где расположены вибросейсмические источники большой мощности ЦВ-100, ЦВ-40, ГРВ-50, ГРВ-200 с которыми выполнены уникальные экспериментальные работы по программе «Вибрационное зондирование Земли» и исследования вибросейсмических полей на расстоянии до 1000 км от источника, а также прикладные работы. Институт имеет мобильные системы регистрации вибросейсмических сигналов (сейсмические группы) на базе цифровых регистраторов «Байкал» и низкочастотных сейсмоприемников, которые используются для вибросейсмических исследований в Алтае-Саянском регионе, Байкальской рифтовой зоне и северной Монголии. В южном Прибайкалье выполняются работы по вибросейсмическому мониторингу Байкальской рифтовой зоны и глубинному сейсмическому зондированию земной коры на 500-км профиле Байкал-Улан-Батор, Монголия в кооперации с Институтом земной коры СО РАН, Геологическим институтом СО РАН, Бурятским филиалом Геофизической службы РАН и Институтом астрономии и геофизики Монгольской академией наук.

Основные научные результаты, полученные с использованием объектов научно-исследовательской инфраструктуры:

1) Определены многолетние тренды времен вступлений вибросейсмических волн при вибросейсмическом мониторинге Байкальской рифтовой зоны, составляющие 2 мсек/год на трассе Бабушкин-Тырган, пересекающую сейсмоактивную зону южного Байкала.

2) Методами математического моделирования и вибросейсмического зондирования на 500-км профиле Байкал-Улан-Батор проведена верификация скоростных моделей земной коры международных экспериментов BEST и PASCAL для южного Прибайкалья.

3) Экспериментально определена величина вариаций скоростей сейсмических волн в земной коре, составляющая 10⁻⁷, вызванная лунно-солнечными приливными деформациями коры, и исследован эффект акусто-сейсмической индукции, заключающийся в излучении сейсмическим вибратором акустических волн, их дальним распространением и наведением в точке прихода индуцированной поверхностной сейсмической волны.

4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований



Фонд алгоритмов и программ СО РАН (ФАП СО РАН)

ФАП СО РАН был создан в 2009 г. в рамках работы по заказному междисциплинарному проекту №1 «Создание программной среды для институтов СО РАН на базе свободно-распространяемого ПО и программного обеспечения с открытым исходным кодом в качестве составной части национальной программной платформы» (научные координаторы проекта – академик Годунов С. К. и академик Михайленко Б. Г.).

При создании Фонда были определены следующие основные задачи и направления его деятельности:

- формирование сбалансированной программной среды институтов СО РАН на основе свободно-распространяемого программного обеспечения (ПО), ПО с открытым исходным кодом и проприетарного ПО;
- создание корпоративного репозитория ПО для сотрудников СО РАН;
- формирование лицензионной корпоративной политики СО РАН в области использования программных средств и баз данных;
- создание и ведение каталога программ и баз данных, разработанных в рамках научных и образовательных проектов.

Фонд работает в соответствии с Положением о ФАП СО РАН. Была создана Web-ориентированная информационная система, которая состоит из взаимодействующих интернет-портала «Фонд алгоритмов и программ СО РАН» (<http://fap.sbras.ru>) и корпоративного репозитория ПО СО РАН (<http://mirror.sscs.ru>).

Всего в ФАП СО РАН зарегистрировано 238 программ и 38 Баз данных.

В настоящее время прорабатывается вопрос о взаимодействии ФАП СО РАН и Федеральной службой по интеллектуальной собственности: в связи с открытием регионального отделения ФИПС в Новосибирске подготовлен состав экспертов – сотрудников ИВМиМГ СО РАН в числе десяти человек для работы в области экспертизы Программ для ЭВМ и Баз данных.

Всего в 2013-2015 гг. в ИВМиМГ СО РАН получено 13 свидетельств о государственной регистрации программ и баз данных.

Основные алгоритмы, программы и базы данных, зарегистрированные в ФАП СО РАН и Роспатенте, которые имеют прикладное значение для решения задач в Сибирском федеральном округе и Арктике:

1) Глобальная база данных по цунами / Global tsunami database (GTDB)

База данных предназначена для каталогизации информации о цунамигенных событиях и высотах наблюдаемых волн цунами для научных исследований, для вероятностных оценок цунами-риска, анализа характеристик землетрясений, вызывающих цунами. Область применения – науки о Земле. Содержит сведения о цунами по всему Мировому океану за весь исторический период имеющихся наблюдений (с 2000 г. до н.э. по настоящее время). Основным содержанием базы данных является параметрический каталог цунами-генных событий (2396 записи, 31 поле информации) и каталог наблюдаемых высот волн



цунами (21950 записей, 20 полей информации). Структурные единицы содержат текстовые описания проявлений цунами, библиографию, фото-файлы. База данных снабжена специализированной графической оболочкой PDM (Parametric Data Manager), построенной на принципах ГИС-технологий и предусматривающей возможности для ввода, хранения, сортировки и выборки данных, а также их визуализации на конкретной картографической основе (цифровой карте местности).

2) Графическая оболочка PDM/TSU (Parametric Data Manager for Tsunami Database) для работы с базой данных по цунами

Программа предназначена для работы с базой данных по наблюдениям цунами, построенной на базе СУБД Access. Предназначена для сбора, хранения, редактирования, выборки, визуализации и обработки данных наблюдений цунами. Программа может обрабатывать все основные типы данных о цунами, представленных как в параметрическом (параметры очага цунами, измерения времен пробега и высот заплеска), так и в описательном (структурированный текст, библиографические ссылки) и графическом (фотографии, карты, схемы, оцифрованные изображения) виде. Основными элементами графической оболочки являются список QLT (Quick Look Table), который отображает список цунами-генных событий с набором их основных параметров и карточки цунами-событий ТЕС (Tsunami Event Card), которые предоставляют доступ к полному набору параметрических и справочных данных, относящихся к данному событию. Имеется возможность манипулировать с различными наборами параметров, относящихся к одному и тому же событию, что дает свободу выбора по источникам данных.

3) Вэб-энциклопедия о природных катастрофах /Web Encyclopedia on Natural Hazards

Программа предназначена для обработки и визуализации данных по природным катастрофам, содержащимся в базах данных по цунами, землетрясениям, импактным структурам Земли и вулканам, а также для предоставления доступа к текстовым и графическим данным по ураганам, по известным болидам и астероидам, разработанным в Лаборатории математического моделирования волн цунами ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск. Область применения – науки о Земле. Функциональные возможности: просмотр полных каталогов на веб-сайте, выборки по заданным критериям отбора, сортировка, а также визуализация данных по импактным структурам Земли в оболочке Google Earth.

4) GIS-ENDDB (Geoinformation system - the Earth's Natural Disasters Database)

Программа служит для исследования исторических стихийных бедствий (землетрясений и космических ударов) и выявления структур сейсмичности и метеоритных кольцевых структур математическими и геоинформационными средствами. Область применения: геодинамика, геотектоника. Управляющее меню программы содержит опции выбора географической области и слоев (цветные модели рельефа, гравиметрии, теплового потока, пункты геофизических наблюдений с возможностью просмотра данных каждого пункта), поиска и визуализации данных сейсмологических каталогов, каталога импактных структур; визуализации результатов анализа в виде графиков и картограмм (например, частоты па-



дения метеоритов, частоты землетрясений в пространстве и времени), а также выявления линейментов и других структур группирования событий. Программа представляет собой совокупность трех взаимодействующих программных блоков: системы управления базами данных соответствующей предметной области, географической подсистемы и подсистемы анализа данных. Программа позволяет выявлять сейсмо-геодинамические структуры сейсмичности. Визуализация детального рельефа импактных структур Земли с помощью реализованных в программе ГИС-технологий позволяет выявлять типичные, многократно повторяющиеся особенности их строения, и путем сравнения различных элементов этих структур оценить их надежность как диагностических признаков астроблем.

5) PARMONC - библиотека для реализации технологии распределённого численного статистического моделирования на массивно-параллельных вычислительных системах

Библиотека предназначена для реализации технологии распределённого численного статистического моделирования на массивно-параллельных вычислительных системах. В библиотеке применяется технология MPI. В библиотеке используется длиннопериодный 128-битный параллельный генератор псевдослучайных чисел. Библиотечные подпрограммы могут быть использованы в пользовательских программах, написанных на языках C и Fortran. В процессе счета результаты вычислений периодически сохраняются на жестком диске. Библиотечные подпрограммы автоматически распределяют вычислительную нагрузку по процессорам кластера. Также можно организовать продолжение ранее проведённых расчетов с автоматическим учетом их результатов; получать коррелированные статистические оценки функционалов.

7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона

1) Программа фундаментальных исследований по стратегическим направлениям развития науки Президиума РАН № 1, проект «Разработка методов математического моделирования и вычислительных технологий для решения взаимосвязанных задач экологии и климата с использованием данных наземного и спутникового мониторинга», руководители: д.ф.-м.н. Пененко В.В., д.т.н. Пяткин В.П.

С помощью решений обратных задач выполнены сценарные расчеты по оценке риска загрязнения атмосферы над Арктикой выбросами от действующих и потенциально возможных источников, расположенных в Северном полушарии Земли. Разработаны технологии решения задач обработки спутниковых данных на гибридных высокопроизводительных кластерах, оснащенных GPU. Разработаны новые параметрические методы обнаружения разломов ледяных структур на спутниковых изображениях.

2) Программа Президиума РАН № 4, проект "Прямые и обратные задачи для изучения изменений качества окружающей среды в Сибирских регионах", руководитель: д.ф.-м.н. Пененко В. В.



Адаптированы базовые версии негидростатической модели гидротермодинамики атмосферы и модели переноса загрязняющих примесей мезометеорологического масштаба к условиям южного Прибайкалья. На базе этих моделей выполнены сценарные расчеты по оценке риска загрязнения окружающей среды от агрегированного источника, расположенного в г. Шелехове.

3) Программа Президиума РАН №4, проект «Развитие моделей и методов оптимального мониторинга загрязнения территорий Сибири в зонах катастрофического действия природных и техногенных площадных источников», руководитель: д.ф.-м.н. Рапуга В.Ф.

На данных наземного и спутникового мониторинга проведена численная реконструкция полей загрязнения снежного покрова атмосферными выбросами Новосибирского электродного и Искитимского цементного заводов. Выявлены устойчивые количественные закономерности между полями выпадения пыли и интенсивностью изменения тонов серого цвета по радиальным относительно основных источников направлениям.

4) Программа Президиума РАН № 23, проект «Исследование разномасштабных гидрофизических процессов как основных факторов, обуславливающих появление кольцевых структур на ледовом покрове озера Байкал», руководитель: к.ф.-м.н. Цветова Е.А.

В 2013 -2015 гг. на базе негидростатической модели динамики вод озера и доступных данных наблюдений исследовалась конкретная ситуация, связанная с появлением кольцевой структуры на льду озера Байкал в 2009 году. Выполнены сценарные расчеты по выявлению механизмов формирования локальных структур. Основным источником возмущений в сценариях являлось изменение плотности в заданном объеме воды за счет разложения всплывающих газогидратов.

5) Программа Отделения математических наук РАН № 3, проект «Современные вычислительные технологии решения больших задач естествознания, геофизики, физики атмосферы и океана и охраны окружающей среды, в том числе, в интересах освоения Арктики и Сибири», руководитель: д.ф.-м.н. Кузин В.И.

Исследована вариация циркуляции Северного Ледовитого океана. Определенное направление работ состояло в исследовании гидрологии Сибири в XX и XXI веках. Изменения в этих процессах приводят к вариациям речного стока, следствием чего является изменение пресноводного баланса Северного Ледовитого океана, влияющее на климатическую систему Евразии. Изучено поведение субаквальных многолетнемерзлых пород на шельфе восточных арктических морей. Исследовано загрязнение промышленных районов Сибири антропогенными выбросами.

6) Интеграционный проект СО РАН № 35 «Углеродная составляющая (неорганическая и органическая) аэрозоля: образование и поведение в атмосфере», руководитель: д.ф.-м.н. В.В. Пененко.

Для оценок качества атмосферы с помощью решения обратных задач выполнены расчеты функций чувствительности и наблюдаемости территорий по данным наблюдений



оптической толщи газо-аэрозольных примесей в атмосфере для некоторых станций Сиб-АЭРОНЕТ.

7) Интеграционный проект СО РАН № 8 «Оценка влияния антропогенных источников Прибайкалья на качество атмосферы над акваторией Байкала на основе экспериментальных наблюдений и методов математического моделирования», руководитель: д.ф.-м.н. В.В. Пененко.

Обработаны данные климатической информации более чем за 50-летний период, выявлены главные факторы глобального масштаба и специфика их проявления в Байкальском регионе с целью определения роли региона в общей климатической системе Земли. Разработаны способы построения климатических сценариев с использованием главных факторов для целей природоохранного прогнозирования. Методами прямого моделирования на основе негидростатической модели мезо-региональных атмосферных процессов рассчитаны типичные сценарии формирования мезоклиматов и на их фоне решены задачи распространения примесей от основных агрегированных источников, расположенных в регионе. Проанализировано отличие циркуляционных систем, построенных в зимних (в условиях открытой воды) и летних сценариях.

8) Интеграционный проект СО РАН №109 «Развитие информационно-моделирующих технологий для оценки состояния вод суши и морей Восточно-Сибирского сектора Арктики», руководитель: д.ф.-м.н. Е.Н. Голубева.

Разработан комплекс численных моделей, предназначенный для исследования гидрологических и биохимических процессов, протекающих в районе Восточно-Сибирского шельфа и исследования их изменчивости при вариации глобальных климатических параметров. Комплекс включает: а) взаимодействующие региональные модели Северного Ледовитого океана (сеточное разрешение 10-25 км), шельфовой зоны океана (разрешение 3-4 км), окрестностей дельты р. Лены (разрешение до 400 м); б) модель речного стока на основе линейной резервуарной модели и гидродинамическая модель дельты р. Лены; в) модель осадочного слоя с многолетней мерзлотой; г) модуль усвоения данных контактных и спутниковых наблюдений.

8. Стратегическое развитие научной организации

Институт разрабатывает Комплексный план фундаментальных научных исследований «Численное решение междисциплинарных прямых и обратных задач на супер-ЭВМ в науках о Земле, жизни и жизнеобеспечения для ускоренного развития Сибири и освоения Арктики».

Основные блоки плана обсуждались в 2014 г. на Общем собрании СО РАН (доклад С.И. Кабанихина «Цифровая интеллектуальная Арктика»).

Стратегическое развитие Института базируется на решении перечисленных ниже задач, сгруппированных по основным направлениям научных исследований.

1. В научном направлении «Вычислительная математика»:



- Разработка суперкомпьютерных алгоритмов численного статистического моделирования случайных процессов и полей в естественных и физико-технических науках.

- Разработка высокоэффективных параллельных алгоритмов метода Монте-Карло для анализа моделей стохастических процессов в физике и естественных науках.

- Разработка многомерных вычислительных моделей процессов фильтрации и теплопереноса в пористых средах на высокопроизводительных вычислительных системах, в том числе моделей тепловых процессов в многолетнемерзлых грунтах, моделей нефтяных резервуаров, моделей процессов фильтрационного горения газов.

- Разработка вычислительных моделей взаимодействия поляризованного света с анизотропными прозрачными кристаллами для задач фотореалистической визуализации; данные исследования сопровождаются построением новых параллельных вычислительных алгоритмов для высокопроизводительных графических процессоров и большим объемом работ по верификации алгоритмов, основывающихся на сравнении натуральных и численных экспериментов.

2. В научном направлении «Математическое моделирование и методы прикладной математики»

- Разработка эффективных аналитических и численных алгоритмов для моделирования прямых и обратных задач геофизики на современных суперкомпьютерных комплексах.

- Создание алгоритмов и комплексов программ для численного моделирования возбуждения и распространения цунами, поддержка баз данных по природным катастрофам (цунами, землетрясения, вулканические извержения, импактные события), прогнозирование последствий природных катастроф.

- Математическое моделирование, разработка новых моделей, алгоритмов и программ в задачах активной сейсмологии, экспериментальные исследования по вибросейсмическому зондированию земной коры и вибромониторингу геодинамических процессов Сибирского региона, взаимодействию сопряженных полей, создание научной информационно-аналитической системы на базе Интернет-технологий.

- Разработка математических моделей и методов для решения фундаментальных и прикладных задач природоохранного направления, в том числе для решения климато-экологических проблем индустриальных регионов и городов Сибири.

- Разработка комплекса взаимодействующих моделей в области теории климата и проблем окружающей среды. Исследование динамики климатической системы Земли, ее компонент и региональных особенностей на основе суперкомпьютерного моделирования и решения прямых и обратных задач.

- Создание современных математических моделей, ориентированных на суперкомпьютерные вычисления.

- Проведение численных экспериментов для решения задач геологии, геофизики, астрофизики и физики плазмы.



- Разработка новых методов, алгоритмов, высокопроизводительных программных технологий обработки данных дистанционного зондирования Земли для поддержки решения задач комплексного изучения состояния и изменения природной среды Сибирских регионов и Арктики.

3. В научном направлении «Параллельные и распределенные вычисления»

- Создание современных математических моделей и технологий параллельной реализации крупномасштабных численных экспериментов на современных и перспективных суперкомпьютерах для решения задач геологии, геофизики, астрофизики и физики плазмы.

- Разработка средств эффективного использования и автоматизации параллельной реализации крупномасштабных численных моделей на экзафлопсных вычислителях.

- Создание территориально распределенного вычислительного комплекса МСЦ РАН - ИВМиМГ СО РАН.

4. В научном направлении «Информационные системы»

- Разработка математического аппарата (модели, методы, алгоритмы и программы) для децентрализованных беспроводных сетей, не имеющих постоянной структуры. Измерение и анализ параметров центральности узлов однородных сетевых структур.

- Разработка алгоритмов и программных средств математического и имитационного моделирования сетей мониторинга, сбора и передачи данных, в том числе беспроводных сетей мониторинга состояния окружающей среды.

Долгосрочные партнеры Института из числа организаций, подведомственных ФАНО России:

1. Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук.
2. Институт вычислительной математики РАН.
3. Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН.
4. Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН.
5. Межведомственный суперкомпьютерный центр Российской академии наук.
6. Институт геологии и минералогии СО РАН.
7. Институт ядерной физики СО РАН.
8. Институт океанологии РАН.
9. Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН.
10. Институт физики Земли РАН.
11. Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН.
12. Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН.
13. Геологический институт СО РАН.
14. Институт земной коры СО РАН.
15. Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН.
16. Институт теоретической и прикладной механики СО РАН.
17. Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН.



18. Институт астрономии РАН.
19. Институт теплофизики СО РАН.
20. Институт сильноточной электроники СО РАН.
21. Институт систем информатики им. Ершова СО РАН.
22. Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева.
23. Институт химической кинетики и горения СО РАН.
24. Институт катализа СО РАН им. Г.К. Борескова.
25. Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН.
26. Институт прикладной математики ДВО РАН.
27. Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН.

Долгосрочные партнеры Института из других ведомств:

1. ФГУП "РФЯЦ - ВНИИЭФ", Саров.
2. ЗАО «РСК-Технологии», Москва.
3. НИЦ космической гидрометеорологии "Планета.
4. Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета.
5. ООО «НовосибирскНИПИнефть».
6. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет).
7. Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С. А. Чаплыгина.
8. Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт.
9. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова.
10. Новосибирский НИИ патологии кровообращения имени академика Е.Н. Мешалкина.

Интеграция в мировое научное сообщество

9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год

1) FAMOS/AOMIP - "Forum for Arctic Modeling and Observational Synthesis".

Страны участники: США, Великобритания, Франция, Германия, Россия, Китай, Япония, Финляндия, Норвегия.

Цели: участие в постановке задач и выработке направлений исследования климатической изменчивости Северного Ледовитого океана; калибровка численных моделей, проведение исследования на основе численного моделирования, оценка и прогноз возможного развития климатической системы в целом и по отдельным регионам Арктики; расширение международного сотрудничества и координации усилий в области описания климатических процессов, протекающих в Арктике; разработка координированного подхода на основе объединения численного моделирования, теоретических исследований, анализа данных наблюдений; подготовка нового поколения ученых, занимающихся проблемами климатической изменчивости Арктики.



Участники от ИВМиМГ СО РАН: д.ф.-м.н. Голубева Е.Н., д.ф.-м.н. Платов Г.А., Якшина Д.Ф.

ИВМиМГ СО РАН осуществляет экспертную роль.

2) Научный комитет по океаническим исследованиям SCOR Working Group 140 Biogeochemical Exchange Processes at the Sea-Ice Interfaces (BEPSII).

Станы участники: Нидерланды, Канада, Германия, Россия, США, Австралия, Финляндия, Бельгия Франция.

Цели: Организация международного исследования по анализу биохимических процессов, протекающих в морском льду, в условиях меняющегося климата полярных регионов. Разработка параметризаций этих процессов для использования в численных моделях климатической системы.

Участники от ИВМиМГ СО РАН: д.ф.-м.н. Голубева Е.Н. - действительный член рабочей группы.

ИВМиМГ СО РАН осуществляет экспертную роль.

3) IPCC – межправительственная группа экспертов по изменению климата.

В группе - 195 стран участников.

ИВМиМГ СО РАН осуществляет экспертную роль.

4) AGU – американский геофизический союз.

В союзе - 135 стран участников.

ИВМиМГ СО РАН осуществляет экспертную роль.

5) EGU – европейский союз наук о Земле.

В союзе - 95 стран участников (11 000 исследователей).

ИВМиМГ СО РАН осуществляет экспертную роль.

10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год

1. Меморандум о взаимопонимании между Институтом вычислительной математики и математической геофизики Сибирского Отделения Российской Академии наук, г.Новосибирск, Российская Федерация и Сункьонкванским Национальным Университетом, г. Сункьонкван, Республики Корея.

Координаторы: от ИВМиМГ СО РАН - ведущий научный сотрудник лаборатории математического моделирования информационных сетей, д.т.н., А.С. Родионов; от Сункьонкванского национального университета - руководитель исследовательского центра по распознаванию образов Донгхо Вон.



Срок меморандума: 01.01.2007 - 31.12.2017.

2. Договор о научно-исследовательском сотрудничестве между Институтом вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация и Восточно-Казахстанским государственным техническим университетом им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан.

Координаторы: от ИВМиМГ СО РАН - директор, чл.-корр. РАН С.И. Кабанихин; от Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева - ректор Ж.К. Шаймарданов.

Срок договора: 23.10.2015 - 23.10.2020.

3. Договор о сотрудничестве между Институтом вычислительной математики и математической геофизики Сибирского Отделения Российской Академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация и Малазийским технологическим университетом, г. Джохор, Малайзия.

Координаторы: от ИВМиМГ СО РАН - зав. лабораторией синтеза параллельных программ, профессор, д.т.н. В.Э. Малышкин; от малазийского технологического университета - профессор, заместитель директора по науке и инновациям Мохд Азрай Кассим/Mohd Azraai Kassim.

Срок договора: 05.12.2013- 05.12.2017.

4. Договор о сотрудничестве на проведение исследований задач, возникающих при разведке и добычи нефти и газа в Республике Узбекистан между Каршинским государственным университетом, г. Карши, Республика Узбекистан и Институтом вычислительной математики и математической геофизики Сибирского Отделения Российской Академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация.

Координаторы: от Каршинского государственного университета - ректор Б.А.Шоимкулов; от ИВМиМГ СО РАН – директор, чл.-корр. РАН С.И. Кабанихин.

Срок договора: 23.01.2015 - 23.01.2019.

5. Меморандум о взаимном сотрудничестве между Международным казахско-турецким университетом им. Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Республика Казахстан и Институтом вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской Академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация.

Координаторы: от Международного казахско-турецкого университета – ректор У.С. Абдибеков; от ИВМиМГ СО РАН – директор, чл.-корр. РАН С.И. Кабанихин.

Срок меморандума: 28.10.2015 - 28.10.2020.

6. Соглашение о сотрудничестве N170-1/15 между АО «Международный университет информационных технологий», г. Алматы, Республика Казахстан и Институтом вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской Академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация.



Координаторы: от АО «Международный университет информационных технологий» - ректор Д.А. Шыныбеков; от ИВМиМГ СО РАН – директор, чл.-корр. РАН С.И. Кабанихин.

Срок соглашения: 02.11.2015 - 02.11.2020.

7. Договор с АО «Научный центр противоинфекционных препаратов», Алматы, Казахстан, Численные методы решения обратных задач фармакокинетики, 2014 г.

Степень участия: исполнитель.

8. Договор с АО «Научный центр противоинфекционных препаратов», Алматы, Казахстан, Математические модели в иммунологии. Прямые и обратные задачи, 2014 г.

Степень участия: исполнитель.

9. Договор с АО «Научный центр противоинфекционных препаратов», Алматы, Казахстан, Разработка программного обеспечения для исследования и численного решения прямых и обратных задач фармакокинетики и эпидемиологии, 2015 г.

Степень участия: исполнитель.

НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Приоритетное направление I.2 Вычислительная математика

Программа I.2.1. Вычислительные методы в задачах естествознания

1) Общая теория полностью консервативных, сопряжено-согласованных разностных схем для динамических задач линейной теории упругости и вязкоупругости. Коновалов А.Н., советник РАН, академик РАН

На основе смешанной постановки (скорость - деформации) завершена разработка общей теории полностью консервативных, сопряжено-согласованных разностных схем для динамических задач линейной теории упругости и вязкоупругости. Построенные явно разрешимые дискретные модели позволяют, в частности, управлять дисбалансом полной энергии и обладают той же степенью распараллеливания, что и обычные явные схемы.

Публикации:

1. Коновалов А.Н. Полностью консервативные разностные схемы для динамических задач линейной теории упругости // Дифференциальные уравнения. 2013. Т. 49, № 7. С. 885-896 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 0.344, DOI 10.1134/S037406411307008X).

2) Минимизация вычислительной трудоемкости смещенных оценок метода Монте-Карло. Михайлов Г.А., советник РАН, чл.-корр. РАН, Лотова Г.З., с.н.с., к.ф.-м.н.

Численное статистическое моделирование свободного пробега частицы для столкновительной модели процесса переноса с учетом ускорения внешним силовым полем реализу-



ется шагами по времени. Построена новая конструктивная оценка соответствующей детерминированной относительной погрешности, которая позволяет выбрать подходящую величину шага. Стандартные статистические “локальные оценки” плотности потока частиц являются смещенными вследствие зануления вкладов от столкновений в “локальном шаре” малого радиуса для ограничения дисперсии. Получены практически эффективные оценки соответствующей относительной погрешности. Дополнительно осуществлена равномерная оптимизация функциональной оценки плотности распределения частиц типа гистограммы в предположении “пуассоновости” соответствующего статистического ансамбля. Оказалось, что в оптимальных (по трудоемкости) вариантах рассмотренных алгоритмов детерминированная погрешность близка к статистической.

Публикации:

1. Михайлов Г.А., Лотова Г.З. О выборе шага по времени и вероятности столкновения в численном статистическом моделировании переноса частиц с учетом ускорения внешним силовым полем // Доклады Академии наук. 2014. Т. 458, №3. С. 272-275 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 0.445, DOI 10.7868/S086956521427005X).

2. Лотова Г.З., Михайлов Г.А. Исследование и улучшение смещенных оценок метода Монте-Карло // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2015. Т. 55, № 1. С. 8-19 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 0.789, DOI 10.7868/S0044466915010159).

3) Стохастическая модель и алгоритмы моделирования процессов аннигиляции электронно-дырочных пар с учетом пространственных флуктуаций и наличия центров рекомбинации. Сабельфельд К.К., г.н.с., д.ф.-м.н., Киреева А.А., н.с., к.ф.-м.н., Левыкин А.И. с.н.с., к.ф.-м.н.

Разработаны стохастические модели и алгоритмы моделирования бимолекулярных реакций на основе неоднородного по пространству уравнения Смолуховского и приближенного решения его с помощью кинетического метода Монте-Карло. Данный подход детально исследован для случая аннигиляции электронов и дырок в неоднородных полупроводниках как за счет туннелирования, так и диффузии, с учетом нерадиационных рекомбинаций в дефектах. Проведена серия численных экспериментов, детально изучен обнаруженный нами эффект кластеризации, получены оценки квантовой эффективности на основе решения стационарной задачи с источником электронно-дырочных пар.

Публикации:

1. Sabelfeld K., Brandt O., Kaganer V. Stochastic model for the fluctuation-limited reaction-diffusion kinetics in inhomogeneous media based on the nonlinear Smoluchowski equations // Journal of Mathematical Chemistry. 2015, V. 53, I. 2. P. 651-669 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 1.056, DOI 10.1007/s10910-014-0446-6).

2. Sabelfeld K., Levykin A., Kireeva A. Stochastic simulation of fluctuation-induced reaction-diffusion kinetics governed by Smoluchowski equations // Monte Carlo Methods and Applications. 2015. V. 21, I. 1. P. 33-48 (Scopus, Impact Factor 0.377, DOI 10.1515/mcma-2014-0012).



3. Kireeva A.E., Sabelfeld K.K. Cellular automata model of electrons and holes annihilation in an inhomogeneous semiconductor // *Lecture notes in computer science*. 2015. V. 9251. P. 191-200 (Web of Science, Scopus, DOI 10.1007/978-3-319-21909-7_18).

Приоритетное направление I.3 Математическое моделирование

Программа I.3.1. Математическое моделирование и разработка новых численных методов в задачах геофизики, физики океана и атмосферы, и охраны окружающей среды

1) Комплекс алгоритмов и программ численного решения прямых и обратных задач для исследования процессов, происходящих в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере. Кабанихин С.И., директор, член-корр., Криворотко О.И., м.н.с., к.ф.-м.н., Маринин И.В., вед. прогр.

Разработан комплекс алгоритмов и программ численного моделирования и обращения волновых фронтов для оперативного решения прямых и обратных задач электродинамики, акустики и теории упругости. На основе трехмерной геоинформационной системы разработанные алгоритмы используются для моделирования, визуализации, прогнозирования и оценки рисков природных и техногенных катастроф (землетрясения, цунами, наводнения). Результатом численного моделирования прямых и обратных задач явилось создание трехмерных цифровых моделей различных регионов и Земного шара в целом с учетом взаимодействия процессов, происходящих в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере Земли с оперативным использованием сейсмических, электромагнитных, метеорологических и космических данных.

Публикации:

1. Kabanikhin S.I., Krivorotko O.I. A numerical method for determining the amplitude of a wave edge in shallow water approximation // *Applied and Computational Mathematics*. 2013. V. 12, I. 2. P. 91-96 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 0.717).

2. Kabanikhin S.I., Hasanov A., Marinin I.V., Krivorotko O.I., Khidasheli D. A variational approach to reconstruction of an initial tsunami source perturbation // *Applied Numerical Mathematics*. 2014. V. 83. P. 22-37 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 1.414, DOI 10.1016/j.apnum.2014.04.008).

2) Оценка баланса пресной воды в Северном Ледовитом океане. Кузин В.И., д.ф.-м.н., Платов Г.А., д.ф.-м.н., Лаптева Н.А., м.н.с.

Представлены результаты моделирования распространения аномалий пресной воды от сибирских рек в XXI веке в Северном Ледовитом океане (СЛО) на основе результатов расчетов по модели речного стока и модели динамики океана, разработанных в ИВМиМГ. Расчеты межгодовой изменчивости речного стока в XXI веке при общих положительных трендах имеют отличия в притоках в Карское море и восточные моря Арктики, что приводит к разнице в распределении аномалий пресной воды в СЛО. Из анализа результатов численного моделирования распространения пресной воды в Арктике следует, что наиболее важной роль аномалий пресной воды становится в периоды быстрой смены атмосферной циркуляции. По осредненным результатам моделей INM, CNRM, GFDL и MIROC такие



изменения приводят к увеличению экспорта пресной воды через пролив Фрама с последующим уменьшением. Аналогичные, но меньшие, изменения происходят с притоком пресной воды через канадские проливы.

Публикации:

1. Kuzin V.I., Lapteva N.A. Modeling of the River Discharge from the Lena River Basin // Proc. SPIE. 9292, 20th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, November 25, 2014. (Web of Science, Scopus, DOI 10.1117/12.2075163)

2. Кузин В.И., Лаптева Н.А. Математическое моделирование стока основных рек Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27, № 6. С. 525–529.

3. Кузин В.И., Платов Г.А., Лаптева Н.А. Оценка влияния межгодовой изменчивости стока Сибирских рек на циркуляцию Северного Ледовитого океана // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2015. Т. 51. № 4. С. 437-447 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 0.5, DOI 10.1134/S0001433815040064).

3) Вариационные методы усвоения данных мониторинга качества атмосферы. Пененко А.В., н.с., к.ф.-м.н., Пененко В.В., зав. лабораторией, д.ф.-м.н.

Разработан вариационный метод усвоения данных мониторинга химического состава атмосферы для диагностики и прогнозирования изменений качества окружающей среды. Метод основан на вариационном принципе в сочетании с методами расщепления и декомпозиции для моделей, в которых участвуют системы уравнений типа конвекции-диффузии-реакции, описывающие эволюцию многокомпонентного состава атмосферного воздуха. В алгоритмах участвуют прямые, сопряженные и обратные задачи. В предлагаемом подходе задачи усвоения данных формулируются как последовательности связанных обратных задач с различными наборами данных измерений. Разработанные алгоритмы протестированы на реальных данных международной системы Airbase.

Публикации:

1. Пененко А.В., Пененко В.В. Прямой метод вариационного усвоения данных для моделей конвекции-диффузии на основе метода расщепления // Вычислительные технологии. 2014, Т.19, №4. С. 69-83.

2. Пененко В.В., Цветова Е. А., Пененко А. В. Методы совместного использования моделей и данных наблюдений в рамках вариационного подхода для прогнозирования погоды и качества состава атмосферы// Метеорология и гидрология. 2015. № 6. С. 13-24 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 0.242, DOI 10.3103/S1068373915060023).

Приоритетное направление I.4. Высокопроизводительные вычисления

Программа I.4.1. Математическое моделирование с использованием параллельных и распределенных вычислений

1) LuNA: автоматизированная система реализации численных алгоритмов на СуперЭВМ. Малышкин В.Э., зав. лаб., д.т.н., Перепелкин В. А., м.н.с. Городничев М.А., м.н.с.

Разработана экспериментальная система программирования численных алгоритмов LuNA, которая позволяет исключить параллельное программирование из процесса разра-



ботки больших численных моделей. LuNA обеспечивает автоматическую генерацию параллельных программ численного моделирования с необходимыми практическими свойствами для исполнения на мультикомпьютерах с большим числом процессоров, включая неоднородные суперкомпьютеры экзафлопсного диапазона с сотнями тысяч и миллионами процессорных элементов. Представление алгоритмов в системе LuNA осуществляется в соответствии с технологией фрагментированного программирования, которая предполагает разбиение регулярных вычислений на множество фрагментов вычислений, работающих над множеством фрагментов данных. Автоматическая динамическая миграция процессов обеспечивает равномерную нагрузку процессоров.

Публикации:

1. Malyshkin, V.E., Perepelkin, V.A. The PIC implementation in LuNA system of fragmented programming // The Journal of Supercomputing. 2014. V. 69, I. 1. P. 89-97 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 1.088, DOI 10.1007/s11227-014-1216-8).

2. Malyshkin V.E. Peculiarities of numerical algorithms parallel implementation for exaflops multicomputers // International Journal of Big Data Intelligence, Inderscience Publisher. 2014. V.1, No. 1/2. P. 65-73 (DOI: 10.1504/IJBDI.2014.063837).

2) Создание прототипа системы управления потоком параллельных заданий для ЦКП ССКЦ СО РАН на основе имитационной модели. Глинский Б.М., зав. лаб., д.т.н., Родионов А. С., зав. лаб. д.т.н., Винс Д.В., м.н.с.

В ИВМиМГ ведутся исследования эффективности использования ресурсов ВС, в частности от того, как организован процесс решения на ней параллельных задач пользователей. Для этого разработана имитационная мультиагентная модель распределенной системы управления потоком заданий для центров коллективного пользования (ЦКП). Также исследованы и подобраны алгоритмы синхронизации объектов, функционирующих на различных узлах ЦКП. Для данных алгоритмов подобраны оптимальные параметры. Разработанная модель системы управления потоком задач включает в себя программные агенты, реализующие модели: внешних источников задач, распределителей и контроллеров ресурсов, вычислительных систем. Модель внешней среды источников заданий представлена однотипными программными агентами, имитирующими пользователей, отправляющих задания на ЦКП. Для тестирования и исследования модели проведены ее испытания на реальных данных, реальной системы. Для этого использовались данные ЦКП ССКЦ СО РАН. В рамках модели воссоздана коммуникационная среда кластера НКС-30Т+GPU. В качестве заданий использовались задания, зарегистрированные системой управления кластера (PBS Pro) за 2011 - 2013 гг. Было создано от 124 (2011г.) до 189 (2013г.) виртуальных пользователей, которые отправляли такие же задания и в то же время, что и реальные пользователи в указанный период.

Публикации:

1. Винс Д.В. Анализ эффективности системы управления потоком заданий для ЦКП в мультиагентной имитационной модели // Вестник НГУ. 2014. Т. 12, Вып. 2. С. 33-41.



2. Винс Д.В., Глинский Б.М., Родионов А.С. Исследование управляющих процессов в суперкомпьютерных системах на основе мультиагентного моделирования // Вестник СибГУТИ. 2014. № 4 (28). С. 35-44.

3) Моделирование упруго-пластических деформаций при сварке взрывом на СуперЭВМ. Годунов С.К., академик РАН, Куликов И.М., м.н.с., к.ф.-м.н.

В задаче моделирования упруго-пластических деформаций при сварке взрывом рассмотрены требования к формулировке уравнения состояния. Для этого выписаны основные инварианты, из которых строится уравнение состояния, и для каждого инварианта выписаны условия его корректности. В результате сформулирована область корректности уравнения состояния упруго-пластичной среды; с помощью вычислительных экспериментов на многоядерных суперЭВМ смоделирован процесс волнообразования при сварке взрывом в упруго-пластической модели. Результат получен в рамках совместной работы с Институтом Математики СО РАН (академик С.К. Годунов), ИТПМ СО РАН и ИГиЛ СО РАН.

Публикации:

1. Годунов С.К., Киселев С.П., Куликов И.М., Мали В.И. Численное и экспериментальное моделирование образования волн при сварке взрывом // Современные проблемы механики, Сборник статей. К 80-летию со дня рождения академика Андрея Геннадьевича Куликовского. Труды МИАН, № 281, 2013, стр. 16-31 (Web of Science, Impact Factor 0.464, DOI 10.1134/S0081543813040032).

2. Godunov S., Kulikov I. Computation of Discontinuous Solutions of Fluid Dynamics Equations with Entropy Nondecrease Guarantee // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2014. V. 54, I. 6. P. 1012-1024 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 0.789, DOI 10.1134/S0965542514060086).

3. Годунов С.К., Киселев С.П., Куликов И.М., Мали В.И. Моделирование ударно-волновых процессов в упругопластических материалах на различных (атомный, мезо и термодинамический) структурных уровнях. Москва, Ижевск: Ижевский институт компьютерных исследований. 2014. 296 С (ISBN 978-5-4344-0217-0, тираж 120 экземпляров).

13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год

Статьи:

1) Kabanikhin S. I., Sabelfeld K. K., Novikov N. S., Shishlenin M. A. Numerical solution of the multidimensional Gelfand – Levitan equation // Journal Inverse and Ill-posed problems.



2015. V. 23, I. 5. P. 439-450 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 0.987, DOI 10.1515/jiip-2014-0018).

2) Kabanikhin S.I., Krivorotko O.I. A numerical method for determining the amplitude of a wave edge in shallow water approximation // *Applied and Computational Mathematics*. 2013. V. 12, I. 2. P. 91-96 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 0.717).

3) Kabanikhin S.I., Hasanov A., Marinin I.V., Krivorotko O.I., Khidasheli D. A variational approach to reconstruction of an initial tsunami source perturbation // *Applied Numerical Mathematics*. 2014. V. 83. P. 22-37 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 1.414, DOI 10.1016/j.apnum.2014.04.008).

4) Malyshkin, V.E., Perepelkin, V.A. The PIC implementation in LuNA system of fragmented programming // *The Journal of Supercomputing*. 2014. V. 69, I. 1. P. 89-97 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 1.088, DOI 10.1007/s11227-014-1216-8).

5) Sabelfeld K., Brandt O., Kaganer V. Stochastic model for the fluctuation-limited reaction-diffusion kinetics in inhomogeneous media based on the nonlinear Smoluchowski equations // *Journal of Mathematical Chemistry*. 2015, V. 53, I. 2. P. 651-669 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 1.056, DOI 10.1007/s10910-014-0446-6).

6) Sabelfeld K. K., Kaganer V. M., Limbach F., Dogan P., Brandt O., Geelhaar L., Riechert H. Height self-equilibration during the growth of dense nanowire ensembles: Order emerging from disorder // *Applied Physics Letter*. 2013. V. 103. Article Number 133105 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 3.142, DOI 10.1063/1.4822110).

7) Kulikov I. GPUPEGAS: A New GPU-accelerated Hydrodynamic Code for Numerical Simulations of Interacting Galaxies // *The Astrophysical Journal Supplements Series*. 2014. V. 214, I. 1. Article Number 12 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 11.257, DOI 10.1088/0067-0049/214/1/12).

8) Kulikov I.M., Chernykh I.G., Snytnikov A.V., Glinskiy B.M., Tutukov A.V. AstroPhi: A code for complex simulation of dynamics of astrophysical objects using hybrid supercomputers // *Computer Physics Communications*. 2015. V. 186. P. 71-80 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 3.635, DOI 10.1016/j.cpc.2014.09.004).

9) Kostin V., Lisitsa V., Reshetova G., Tcheverda V. Local time-space mesh refinement for simulation of elastic wave propagation in multi-scale media // *Journal of Computational Physics*. 2015. V. 281. P. 669-689 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 2.556, DOI 10.1016/j.jcp.2014.10.047).

10) Kireeva A. Two-layer CA for simulation of catalytic reaction at dynamically varying surface temperature // *Journal of Computational Science*. 2015. V. 11. P. 317-325 (Web of Science, Scopus, Impact Factor 1.078, DOI 10.1016/j.jocs.2015.06.001).

Монографии:

1. Sabelfeld K.K., Simonov N.A. *Random Fields and Stochastic Lagrangian Models. Analysis and Applications in Turbulence and Porous Media*. Walter de Gruyter: Berlin. 2013. 399 P (ISBN 978-3-11-029681-5).



2. Sabelfeld K.K., Shalimova I.A. Spherical and Plane Integral operators for PDEs. Construction, Analysis, and Applications. Walter de Gruyter: Berlin. 2013. 328 P (ISBN 978-3-11-031533-2).

3. Годунов С.К., Киселев С.П., Куликов И.М., Мали В.И. Моделирование ударно-волновых процессов в упругопластических материалах на различных (атомный, мезо и термодинамический) структурных уровнях. Москва, Ижевск: Ижевский институт компьютерных исследований. 2014. 296 С (ISBN 978-5-4344-0217-0, тираж 120 экземпляров).

4. Фет Я.И. Хрестоматия по истории информатики. Новосибирск: Академическое издательство «ГЕО». 2014. 559 С (ISBN 978-5-906284-57-0, тираж 500 экземпляров).

5. Ильин В.П., Лаврова А.К., Марчук А.Г., Притвиц Н.А., Фет Я.И. Наш Марчук. Новосибирск: Издательство СО РАН. 2015. 428 С (ISBN 978-5-7692-1444-8, тираж 230 экземпляров).

6. Tarkov M.S. (Editor). Parallel PROGRAMMING: Practical Aspects, Models and Current Limitations. NOVA science publishers. Series: Mathematics Research Developments. 2014. 236 P (ISBN: 978-1-63321-957-1).

7. Кабанихин С.И., Криворотько О.И. Сингулярное разложение в некорректных задачах. Учебник для ВУЗов. Усть-Каменогорск, ВКГТУ, НГУ. 2014. 218 С.

8. Пригарин С.М., Численные модели случайных процессов и полей в методах Монте-Карло. Palmarium Academic Publishing, 2014, 160 С (ISBN 978-3-659-98980-3).

9. Величко В.В., Попков В.К., Попков Г.В. Модели и методы повышения живучести современных систем связи. Москва: издательство Горячая линия –Телеком. 2014. 256 С (ISBN 978-5-9912-0408-8, тираж 500 экземпляров).

10. Марчук Ан.Г. Кинематика цунами. Методы расчёта и особенности поведения над неровным дном. LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrucken, Deutschland. 2014. 204 С (ISBN 978-3-659-56110-8).

15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие

1. Российский научный фонд.

Проект РФФ № 14-11-00083 «Стохастические и клеточно-автоматные модели и алгоритмы для систем нелинейных интегро-дифференциальных уравнений и их применение к моделированию бимолекулярных реакций и процессов аннигиляции электронов и дырок в нановискерах».

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Сабельфельд К.К.

Срок выполнения 2014 – 2016 гг.

Объем финансирования 10 000 000 рублей.

Построен общий стохастический алгоритм в форме марковского случайного блуждания в непрерывном пространстве по координатам и времени и его клеточно-автоматная дис-



кретная реализация для моделирования процессов аннигиляции электронов и дырок для дву- и трехмерного случаев. Для трехмерного варианта потребовалась разработка схемы распараллеливания метода, что, с учетом нелинейности процессов диффузии и туннелирования, оказалось нетривиальной задачей. Однако это позволило реализовать алгоритм для практически интересных задач об оценке средней концентрации и интенсивности фотолюминесценции в полупроводниках.

2. Российский научный фонд.

Проект РНФ № 14-11-00485 «Высокопроизводительные методы и технологии моделирования электрофизических процессов и устройств».

Руководитель – д.ф.-м.н. Ильин В. П.

Срок выполнения 2014 – 2016 гг.

Объем финансирования 9 000 000 рублей.

Разработаны и исследованы комбинированные методы декомпозиции областей для решения внешних многомерных смешанных краевых задач со сложной конфигурацией граничных поверхностей, актуальных для моделирования электромагнитных полей во многих реальных устройствах (мобильные телефоны, антенные системы, волноводы, задачи геоэлектроразведки и т. д.), а также в других приложениях.

3. Российский научный фонд.

Проект РНФ № 15-11-10024 «Новые вычислительные модели разработки нефтяных месторождений Крайнего Севера и Арктики и создание на их основе высокопроизводительного программного обеспечения на суперЭВМ для задач фильтрации многофазной жидкости в трещиновато-пористых средах».

Руководитель – д.ф.-м.н. Лаевский Ю. М.

Срок выполнения 2015 – 2017 гг.

Объем финансирования 8 000 000 рублей.

Разработаны математические модели для задач многофазной фильтрации в трещиновато-пористых средах. В приближении двойной пористости построена модель фильтрации в трещиновато-пористой среде с учетом процессов теплопереноса, включая фазовый переход. С использованием концепции двойной пористости разработана двухскоростная модель фильтрации двухфазной несжимаемой жидкости в трещиновато-пористых средах. На основе конечноэлементной технологии разработаны вычислительные модели и алгоритмы для некоторых процессов, связанных с работой эксплуатационных и нагнетательных скважин в условиях криолитозоны. Построен алгоритм, основанный на пространственной аппроксимации уравнений для скорости и давления смешанным методом конечных элементов с использованием элементов Равьяра – Тома на треугольных неструктурированных сетках, что позволяет решать задачи в сложной геометрической области. Предложен алгоритм, позволяющий эффективно реализовывать методы типа LU декомпозиции на современных многопроцессорных кластерах.

4. Российский фонд фундаментальных исследований.



Проект № 15-01-09230-а «Построение и исследование аналогов уравнений Гельфанда – Левитана – Крейна и численных методов их решения в применении к многомерным обратным задачам акустики, электродинамики и теории упругости».

Руководитель проекта – член-корр. РАН Кабанихин С. И.

Срок выполнения 2015 – 2017 гг.

Объем финансирования 500 000 рублей.

Построена и исследована линейная система уравнений для определения двумерной скорости распространения волн в волновом уравнении. Построены и исследованы численные алгоритмы решения уравнения эйконала: метод бихарактеристик и подход С. К. Годунова. Алгоритмы были применены для приведения волнового уравнения к виду, для которого удастся построить линейную систему уравнений для определения скорости распространения волн. Разработан проекционный метод решения линейной системы уравнений для определения скорости, зависящей от двух пространственных переменных. Разработан метод Монте-Карло для решения двумерного аналога интегрального уравнения Гельфанда – Левитана. Проведен обзор методов параллельного решения прямых и обратных задач для гиперболических уравнений. Разработанные алгоритмы реализованы на гибридных суперЭВМ. Исследованы вспомогательные задачи, возникающие при построении двумерного аналога уравнения Гельфанда – Левитана – Крейна. Доказаны теоремы единственности и существования решений этих задач.

5. Российский фонд фундаментальных исследований.

Проект РФФИ № 15-07-06821-а «Создание геоинформационной технологии исследования и верификации скоростных моделей земной коры с применением математического моделирования и методов активной сейсмологии».

Руководитель – д.т.н. Ковалевский В. В.

Срок выполнения 2015 – 2017 гг.

Объем финансирования 500 000 рублей.

Для решения задач моделирования полных волновых полей выполнено построение математических моделей 2D скоростных разрезов экспериментов BEST и PASSCAL на трассе Байкал – Улан-Батор (Монголия). Построенная математическая модель для эксперимента BEST является слоистой с пятью разнородными слоями в земной коре на упругом полупространстве, моделирующем верхнюю мантию. Математическая модель для эксперимента PASSCAL построена по имеющимся данным о вертикальном распределении скоростей упругих волн в точках профиля на расстоянии 20–50 км друг от друга на основе сплайновой интерполяции как по вертикали, так и по горизонтали во всей области вдоль профиля. Разработаны программы моделирования полных волновых полей на основе аналитического метода для математической модели эксперимента BEST, спектрально-разностного метода и метода конечных разностей для модели эксперимента PASSCAL. Проведены тестовые расчеты для разработанных моделей. Создан файловый архив экспериментальных сейсмограмм и базы метаданных для задач проекта, в которые занесены



имеющиеся данные вибросейсмического просвечивания на профилях Бабушкин (Байкал) – Кяхта – Улан-Батор (Монголия). Проведены экспедиционные работы по полевой регистрации вибросейсмического поля вибратора ЦВ-100 в юго-восточной части Байкальской рифтовой зоны. Разработана общая структура интернет-ресурса по геоинформационной технологии исследования и верификации скоростных моделей земной коры как раздела научно-информационной системы «Активная сейсмология».

6. Российский фонд фундаментальных исследований.

Проект РФФИ № 15-01-00894-а «Разработка комплекса эффективно реализуемых на многопроцессорных суперЭВМ алгоритмов статистического моделирования процессов переноса частиц различной природы с учетом стохастичности среды, поляризации и влияния внешнего силового поля».

Руководитель проекта – чл.-корр. РАН Михайлов Г. А.

Срок выполнения 2015 – 2017 гг.

Объем финансирования 500 000 рублей.

Разработана новая конструктивная оценка соответствующей детерминированной относительной погрешности, которая позволяет выбрать подходящую величину временного шага. Разработан алгоритм метода Монте-Карло для оценки углового распределения рассеянного поляризованного излучения на основе ортогонального разложения с ламбертовским весом. На основе теоретического и численного анализа сформулированы новые задачи теории методов Монте-Карло для исследования переноса излучения через стохастическую среду и параметрического анализа получаемых результатов. Разработана новая модификация весового статистического моделирования для приближенного решения нелинейного кинетического уравнения Больцмана. Создана компьютерная программа для статистического моделирования процессов переноса линейно поляризованного излучения терагерцового диапазона.

7. Российский фонд фундаментальных исследований.

Проект РФФИ № 14-07-00128 «Параллельные алгоритмы и программное обеспечение методов декомпозиции областей».

Руководитель – д.ф.-м.н. Ильин В. П.

Срок выполнения 2014 – 2016 гг.

Объем финансирования 1 100 000 рублей.

Предложены и исследованы мультипредобусловленные методы полусопряженных направлений для решения больших несимметричных положительно определенных СЛАУ с разреженными матрицами. Построены и экспериментально исследованы новые алгоритмы грубосеточной коррекции. Созданы и обоснованы итерационные методы декомпозиции областей для решения многомерных внешних краевых задач для уравнений Пуассона и Гельмгольца.

8. Российский фонд фундаментальных исследований.



Проект РФФИ № 13-01-00019-а «Новое поколение высокопроизводительных вычислительных моделей теплопереноса в литосфере, фильтрации жидкости и фильтрационного горения газа».

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Лаевский Ю.М.

Объем финансирования 784 000 рублей.

Разработана методика построения схем расщепления для вектора теплового потока, с использованием которой предложены новые методы, экономичные для решения многомерных задач термохронологии. Установлена устойчивость по начальным данным и правой части некоторых потоковых схем расщепления. Разработаны параллельные программы для многомерных потоковых схем расщепления и осуществлена их кластерная реализация с использованием MPI-процессов. Численно изучено поведение разработанных схем расщепления при решении задач в сильно неоднородных средах. С использованием разработанного комплекса программ осуществлено моделирование ряда динамических процессов в постколлизонной стадии движения Карской плиты на Сибирский кратон. Разработан новый алгоритм определения насыщенности в задачах фильтрации двухфазной жидкости, решающий проблему моделирования вытеснения нефти при наличии встречных потоков вытесняющей жидкости. Осуществлена кластерная реализация алгоритмов двухфазной фильтрации в неоднородных средах. Разработана математическая модель фильтрации в трещиновато-пористых средах на основе двухпористой гомогенизации в рамках смешанной формулировки в виде системы уравнений первого порядка. Разработаны параллельные вычислительные алгоритмы и программы решения задач фильтрации двухфазной несжимаемой жидкости в трещиновато-пористых средах в рамках математической модели, представленной в виде системы уравнений первого порядка. Разработан алгоритм моделирования фильтрационного горения газа с использованием подвижных адаптивных сеток на многоядерном компьютере с общей памятью. Построена математическая модель фильтрационного горения газа в виде системы уравнений первого порядка с использованием потока тепла в каркасе, потока газовой энтальпии и потока массы недостающего компонента как независимых искомым переменных.

9. Российский фонд фундаментальных исследований.

Проект РФФИ № 13-05-12051 «Разработка масштабируемого программного обеспечения, реализующего иерархию численных трехмерных моделей разномасштабных процессов подземной гидродинамики и геофизики. Создание технологии его применения для вычислительных систем сверхвысокой (вплоть до эксафлопсной) производительности в целях реконструкции тонкой структуры флюидонасыщенных сред, прогнозирования фильтрационно-емкостных свойств кавернозно-трещиновато-пористых коллекторов и оптимизации режима их разработки».

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Лаевский Ю.М.

Объем финансирования 3 000 000 рублей.



Разработаны многомерные вычислительные модели фильтрации двухфазной несжимаемой жидкости в трещиновато-пористых средах для сильно неоднородной по пористости и проницаемости среды, а также рассмотрена модель двойной пористости. В области разработки вычислительных моделей фильтрационного горения газа построен устойчивый алгоритм вычисления скорости фронта горения, основанный на использовании апостериорной информации о равновесной температуре пористой среды.

10. Российский фонд фундаментальных исследований.

Проект РФФИ № 12-01-00034 «Разработка многочастичных, векторных и рандомизированных весовых алгоритмов суперкомпьютерного моделирования течений химически реагирующих газов и переноса поляризованного излучения в дисперсных средах».

Руководитель проекта – чл.-корр. РАН Михайлов Г.А.

Объем финансирования 790 000 рублей.

Построена эффективная функциональная оценка решения уравнения Больцмана в предположении пуассоновости модельного ансамбля частиц. Для различных моделей экспоненциально коррелированных случайных сред, связанных с пуассоновскими точечными ансамблями, построены асимптотические оценки средней вероятности прохождения частицы (кванта излучения) с помощью эффективного осреднения соответствующего уравнения переноса. Рассмотрены различные аспекты использования и обоснования стандартного векторного алгоритма статистического моделирования процесса переноса поляризованного излучения. Рассмотрено уравнение Смолуховского с линейными коэффициентами коагуляции, зависящими от двух параметров. Рассмотрена модель автотранспортного потока (АТП) с выделенным ускорением. Проведено сравнение трех наиболее теоретически обоснованных подходов к оцениванию статистической погрешности для метода прямого статистического моделирования. Исследованы вопросы построения весовых оценок метода Монте-Карло для решения системы интегральных уравнений 2-го рода с конечной дисперсией.

16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований



17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год

1. Проект ФЦП № 14.7.40.11.0350 в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 гг., тема «Фундаментальные проблемы математического моделирования и вычислительной математики».

Научный руководитель – академик РАН Михайленко Б.Г.; отв. исполнитель – член-корр. РАН Кабанихин С.И.

Объем финансирования 6 000 000 рублей.

В результате работы получены новые фундаментальные научные результаты в области вычислительной математики и математического моделирования: разработаны и исследованы новые математические модели для решения фундаментальных задач современной прикладной математики (механики сплошных сред, термодинамики, геофизики, экологии, медицины, теории переноса излучения и создания новых материалов); созданы новые алгоритмы для решения задач термодинамически согласованных моделей сплошной среды, математических моделей взаимодействия физических полей и процессов и обратных и некорректных задач теории переноса излучения, акустики, упругости, электродинамики; исследованы новые математические модели, в которых учитываются взаимодействия физических полей и процессов, таких как упругопластичность, магнитоупругость, сейсмоакустика; разработаны новые методы, алгоритмы и программы анализа и идентификации математических моделей; созданы новые и развиты известные численные методы, ориентированные на высокопроизводительные вычислительные комплексы.

2. ФЦП «Федеральная космическая программа России на 2006–2015 годы». Проект в рамках хозяйственных работ с ФГБУ «НИЦ "Планета» (Москва) «Адаптация программного комплекса получения быстрых радиационных моделей для длинноволновых ИК каналов сканера МСУ-МР КА «Метеор-М» № 2».

Руководитель – д.т.н. Пяткин В.П.

Объем финансирования 1 000 000 рублей.

Выполнялись работы по развитию созданного ранее ПО для быстрого моделирования спутниковых измерений: выполнено обновление библиотеки RTTOV подсистемы быстрого моделирования до версии 11.1 (май 2014 г); исследованы причины превышения ошибкой моделирования измерений ИКФС-2 значения аппаратного шума в полосе 1023–1065 см⁻¹; построена быстрая радиационная модель инфракрасных каналов сканера МСУ-МР; добавлена поддержка формата атмосферных данных Росгидромета; добавлена возможность задания типа подстилающей поверхности при выполнении операции моделирования измерений.

Внедренческий потенциал научной организации



18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований

Ресурсы Сибирского суперкомпьютерного центра.

Суперкомпьютер НКС-30Т (суммарная пиковая производительность 115 ТФЛОПС):

1) 40 серверов SL390s G7, каждый из которых имеет: два 6-ядерных CPU Xeon X5670 (2.93 ГГц), 96 Гбайт ОЗУ, три карты NVIDIA Tesla M 2090 на архитектуре Fermi (compute capability 2.0, 1 GPU с 512 ядрами, 6 Гбайт памяти GDDR5, 665 Гфлопс - производительность для двойной точности, 1331 Гфлопс - для одинарной). Общая пиковая производительность – 85 Тфлопс.

2) 48 двойных блейд-сервера HP BL2x220c G7: 96 вычислительных модуля, ОП модуля - 24 Гбайта, 192 (1152 ядра) процессора Intel Xeon X5670, 2.93 GHz (Westmere). Производительность - 13,5 Тфлопс.

3) 64 двойных блейд-сервера HP BL2x220 G6: 128 вычислительных модуля, ОП модуля - 16 Гбайт, 256 (1024 ядра) процессоров Intel Xeon E5540, 2.53 ГГц (Nehalem), 1024 ядер. Производительность - 10,36 Тфлопс.

4) 32 двойных блейд-сервера HP BL2x220 G5: 64 вычислительных модуля, ОП модуля - 16 Гбайт, 128 (512 ядер) процессоров Intel Xeon E5450, 3.00 ГГц (Harpertown). Производительность - 6,1 Тфлопс.

5) Управляющий модуль/узел HP DL380 G6.

6) Параллельная файловая система (ПФС) IBRIX: 4 шлюзовых сервера на базе HP DL380 G6, 2 дисковые полки HP MSA 2312sa DC, 2 дисковые полки расширения HP MSA 2000 DC, сервер управления на базе HP DL360 G6, ёмкость 32 Тбайт.

7) Система хранения данных (СХД): сервер HP DL380 G6, полки расширения MSA2312sa и MSA2000, ёмкость 36 Тбайт (max – 120 Тбайт).

8) Сервер с общей памятью (HP DL980 G7): 8 (80 ядер) процессоров Intel E7-4870, 1024 Гбайт RAM.

Балансовая стоимость оборудования ССКЦ на конец 2015 года: 143.4 миллиона рублей.

В настоящее время благодаря субсидии ФАНО центр дооснащен кластером НКС-1П:

- 40 x CPU Intel Xeon E5-2697v4 (640 ядер)

- 16 x CPU Intel Xeon Phi 7290 KNL (1152 ядер)

- Параллельная файловая система – 220 Тбайт

Пиковая производительность – 81,9 ТФЛОП/С

Стоимость оборудования – 60 млн. рублей.

Основные результаты, полученные в 2013-2015 гг. на оборудовании ССКЦ:

1) Институт цитологии и генетики СО РАН: сборка геномных данных для создания лекарственных средств нового поколения (адресная медицина).

2) Институт Катализа СО РАН: дизайн наноматериалов, разработка высокопроизводительных каталитических систем, квантово-химические исследования структуры катализаторов.



3) Институт Теплофизики СО РАН: исследование процессов переноса в энергохимических аппаратах, спиральные вихревые структуры в круглых струях, тепломассоперенос с фазовыми переходами.

Вибросейсмический полигон

Институт имеет экспериментальную базу на вибросейсмическом полигоне СО РАН п. Быстровка, НСО, где расположены вибросейсмические источники большой мощности ЦВ-100, ЦВ-40, ГРВ-50, ГРВ-200 с которыми выполнены уникальные экспериментальные работы по программе «Вибрационное зондирование Земли» и исследования вибросейсмических полей на расстоянии до 1000 км от источника, а также прикладные работы. Институт имеет мобильные системы регистрации вибросейсмических сигналов (сейсмические группы) на базе цифровых регистраторов «Байкал» и низкочастотных сейсмоприемников, которые используются для вибросейсмических исследований в Алтае-Саянском регионе, Байкальской рифтовой зоне и северной Монголии.

Основные научные результаты, полученные в 2013-2015 гг. с использованием объектов научно-исследовательской инфраструктуры:

1) Создание лазерно-информационной технологии дальней регистрации инфранизкочастотных акустических колебаний с применением прецизионных сейсмических вибраторов и лазерных измерительных линий.

2) Определение геоэкологических рисков при проведении мощных промышленных взрывов и влияния метеофакторов на фокусировку акустических волн взрывов путем проведения измерений акустического излучения вибратора ЦВ-40 Быстровского вибросейсмического полигона на различных удалениях и азимутах от источника.

19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год

1) Комплекс программ численного решения прямых и обратных задач электродинамики.

Комплекс обработки данных георадара «Лоза» успешно внедрен и применяется для диагностики состояния дорожного покрытия – при геофизическом обследовании структуры асфальтобетонных слоев и оснований участков автодороги на предмет обнаружения дефектов и установления причин их возникновения и определения их толщины на автомобильных дорогах республиканского значения.

Партнер: Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт «КаздорНИИ».

2) Комплекс программ численного решения прямых и обратных задач электродинамики.

Комплекс алгоритмов и программ обработки данных георадара «Лоза» позволяет улучшить интерпретацию на основе численного решения задачи продолжения электромагнитного поля с поверхности в сторону залегания возможных 'неоднородностей (неопознанных объектов). Исходя из выше изложенного, считаем, что использование данного метода помогает повысить качество проводимых работ по изучению археологических памятников И сократить затраты на их проведение.



Партнер: Институт археологии им. А.Х.Маргулана., Алматы, Казахстан.

3) Программное обеспечение для быстрого моделирования спутниковых измерений.

Разработан программный комплекс получения быстрых радиационных моделей для длинноволновых ИК каналов сканера МСУ-МР КА «Метеор-М» № 2 для обработки информации как с низкоорбитальных, так и с геостационарных спутников Земли.

Партнер: ФГБНУ НИЦ «Планета».

4) Программный комплекс ChemPAK.

Пакет ChemPAK предназначен для численного решения прямых задач химической кинетики.

Партнер: АО «Научный центр противоинфекционных препаратов», Алматы, Казахстан.

5) Комплекс программ «Рабочее место иммунолога».

Комплекс программ позволяет в оперативном режиме уточнять основные свойства иммунной системы пациента на основе анализов мочи и крови, с использованием численных методов решения соответствующих прямых и обратных задач для различных математических моделей иммунной системы.

Партнер: Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

6) Комплекс программ «"Рабочее место эпидемиолога».

Комплекс программ позволяет в оперативном режиме уточнять параметры распространения эпидемии на основе статистического анализа, а также данных специализированных подразделений, с использованием численных методов решения соответствующих прямых и обратных задач для математических моделей распространения, предсказания и локализации эпидемий..

Партнер: Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

7) Программный комплекс для суперкомпьютерного математического моделирования в области нефтяной геофизики.

Разработаны средства программирования высокопроизводительных облаков, модели, алгоритмы и программные инструменты для автоматизации конструирования численных параллельных программ для высокопроизводительных вычислительных ресурсов и, в том числе, для вычислительных кластеров для исследования новых моделей в нефтяной геофизике.

Партнер: КазНУ им. аль-Фараби (Казахстан).

8) Система фрагментированного программирования LuNA.

Разработан фрагментированный алгоритм модификации метода IADE для решения параболических уравнений. Выполнена реализация алгоритма в нескольких системах программирования, в частности, в системе фрагментированного программирования LuNA. Проведено сравнительное тестирование различных реализаций на кластере.

Партнер: Universiti Teknologi Malaysia.

9) Библиотека алгоритмов линейной алгебры Krylov.



Проведена разработка и исследование параллельных итерационных алгоритмов в подпространствах Крылова, предобусловленных методом декомпозиции областей (МДО). На основании данных вычислительных экспериментов проведен выбор наиболее эффективных и надежных методов МДО для решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) построенных пакетом ЛОГОС и возникающих из практических задач аэро/гидродинамики. Создан и предоставлен заказчику программный комплекс "Крылов" реализующий полный комплект итерационных алгоритмов решения СЛАУ рассмотренных в исследованиях.

Партнер: РФЯЦ-ВНИИЭФ (Саров)

ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ

Экспертная деятельность научных организаций

20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами

-

Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций

21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год

1. Договор № 17/12 с ФГБУ "НИЦ "Планета" г. Москва.

Срок действия: 15.02.2012-10.12.2014.

Тема «Доработка методов и СПО моделирования измерений аппаратуры ИКФС-2, МСУ-МР КА "Метеор-М № 2-1 и № 2-2 для использования в комплексах тематической обработки».

Сумма – 2 200 000 руб.

2. Договор № 2/2013 с ООО "РН-Красноярск- НИПИнефть".

Срок действия: 01.04.2013-07.10.2014.

Тема «Разработка нового алгоритма и методики подавления кратных волн, не использующей знания глубинно-скоростной модели среды».

Сумма – 2 542 300 руб.

3. Договор № 220 с АО "Научный центр противомикробных препаратов".



Срок действия: 21.11.2013-25.12.2014.

Тема «Численные методы решения обратной задачи фармакокинетики».

Сумма – 2 766 000 руб.

4. Договор №107 с АО "Научный центр противомикробных препаратов".

Срок действия: 17.06.2015 - 31.12.2015.

Тема "Разработка программного обеспечения для исследования и численного решения прямых и обратных задач фармакокинетики и эпидемиологии".

Сумма – 13 428 000 тенге.

**Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении
организации в соответствующем научном направлении
(представляются по желанию организации в свободной форме)**

**22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации
в соответствующем научном направлении, а также информация, которую ор-
ганизация хочет сообщить о себе дополнительно**

Издание журналов:

1) С 1993 года издается журнал Journal of Inverse and Ill-Posed Problems с периодичностью шесть номеров в год. Главный редактор - директор ИВМиМГ СО РАН, член-корр. РАН Кабанихин С.И. Ответственный редактор - д.ф.-м.н. Шишленин М.А. В редакционную коллегию входят признанные специалисты в области решения обратных и некорректных задач из России, США, Германии, Франции, Италии, Китая, Австрии, Вьетнама, Турции, Великобритании, Финляндии, Японии и Гонконга. Журнал индексируется в системах цитирования Web of Science и Scopus. Импакт фактор журнала 0,987. Квартиль журнала - Q1.

2) С 1998 года издается "Сибирский журнал вычислительной математики" с периодичностью четыре номера в год. Главный редактор - директор ИВМиМГ СО РАН, член-корр. РАН Кабанихин С.И. Заместители главного редактора - академик РАН Коновалов А.Н., д.ф.-м.н. Лаевский Ю.М. В редколлегию которого входят известные ученые в области вычислительной математики и ее приложений. Учредителями журнала являются Сибирское отделение РАН совместно с ИВМиМГ СО РАН. Начиная с 2008 г. журнал издается на английском языке под названием "Numerical Analysis and Applications". Журнал индексируется в системах цитирования Web of Science и Scopus.

3) С 2008 года издается журнал "Проблемы информатики" с периодичностью четыре номера в год. Главный редактор - д.т.н. Малышкин В.Э. Заместители главного редактора - д.т.н. Родионов А.С., к.ф.-м.н. Шахов В.В. В редакционную коллегию входят признанные специалисты в области информатики, информационных технологий и их применения из России, Казахстана, Кыргызской Республики, Узбекистана, Италии, Южной Кореи и Вьетнама.



4) С 1993 года издается ежегодный журнал на английском языке "Bulletin of the Novosibirsk Computing Center" (Вестник новосибирского вычислительного центра). Журнал имеет четыре серии: Computer Science (компьютерные науки), Mathematical Modeling in Geophysics (математическое моделирование в геофизике), Numerical Analysis (численный анализ), Numerical Modeling in Atmosphere, Ocean, and Environment Studies (математическое моделирование атмосферы, океана и окружающей среды). Главный редактор - д.ф.-м.н. Лаевский Ю.М. Ответственный редактор - д.ф.-м.н. Роженко А.И. В редакционную коллегию входят признанные специалисты из России, Испании, Казахстана, Индии, Ирландии, Франции, Швейцарии, Германии, Японии, Португалии и Турции.

5) С 1995 года издается журнал Monte Carlo Methods and Applications с периодичностью четыре номера в год. Главный редактор - д.ф.-м.н. Сабельфельд К.К. В редакционную коллегию входят признанные специалисты в области методов Монте-Карло и их приложений из России, Германии, Франции, США, Болгарии, Бельгии, Беларуси, Канады, Австрии, Японии и Австралии. Журнал индексируется в системе цитирования Scopus.

6) Сотрудники института входят в редколлегии журналов Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, The International Journal of Computational Science and Engineering, The Journal of Supercomputing, Parallel and Distributed Computing Practice, Scalable Computing: Practice and Experience.

В 2013 году были проведены четыре международных конференции:

1) Международная научная конференция «Методы создания, исследования и идентификации математических моделей», посвященная 85-летию со дня рождения акад. А.С.Алексеева. Срок проведения – 10–13 октября 2013 г. Место проведения – ИВМиМГ СО РАН и Дом ученых СО РАН, Академгородок, Новосибирск. Количество участников – 220, в том числе 217 из России, 3 из Казахстана.

2) Пятая Международная молодежная научная школа-конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач», посвященная 85-летию со дня рождения акад. А. С. Алексеева. Срок проведения 8–13 октября 2013 г. Место проведения – ИВМиМГ СО РАН и Дом ученых СО РАН, Академгородок, Новосибирск. Количество участников – 200, в том числе 198 из России, 2 из Франции.

3) 12th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2013). Срок проведения – 30 сентября – 4 октября 2013 г. Место проведения – Санкт-Петербург. Количество участников – 212, из них 177 из России, 35 из других стран, в том числе: США – 4, Италия – 3, Ирландия – 3, Испания – 2, Япония – 2, Германия – 3, Бразилия – 1, Финляндия – 1, Бельгия – 1, Великобритания – 2, Австрия – 1, Польша – 2, Украина – 2, Республика Корея – 2, Турция – 1, Казахстан – 5.

4) Девятая Международная Азиатская школа-семинар «Проблемы оптимизации сложных систем», Алма-Ата (Республика Казахстан). Срок проведения – 15–25 июля 2013 г. Место проведения – Алма-Ата (Республика Казахстан). Количество участников – 150 (38 российских, 112 иностранных, в том числе Республика Казахстан – 91, Киргизская Республика



– 4, Республика Узбекистан – 14, Азербайджан – 3). Среди участников 7 академиков, 3 члена-корреспондента, 44 доктора и 36 кандидатов наук.

В 2014 году были проведены четыре международных конференции:

1) Международная конференция «Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики-2014». Место проведения – Академгородок, Новосибирск, Россия. Срок проведения 8–11 июня 2014 г. Количество участников – 319, из них 298 российских и 21 иностранный, в том числе США – 2, Италия – 1, Япония – 3, Германия – 1, Франция – 2, Норвегия – 1, Казахстан – 9, Кыргызстан – 2.

2) Международная школа-конференция «Современные проблемы прикладной математики и информатики». Место проведения – Академгородок, Новосибирск, Россия. Сроки проведения 9–13 июня 2014 г. Количество участников – 325, из них 321 российский и 4 иностранных, в том числе Франция – 2, Казахстан – 2.

3) Десятая Международная Азиатская школа-семинар «Проблемы оптимизации сложных систем». Место проведения – с. Булан-Соготту Иссык-Кульской области, Киргизская Республика. Сроки проведения – 25 июля – 5 августа 2014 г. Количество участников – 284, из них 121 российский и 163 иностранных, в том числе Республика Казахстан – 77, Киргизская Республика – 70, Республика Узбекистан – 10, Азербайджан – 4, Турция – 1, Украина – 1.

4) Шестая Международная молодежная научная школа-конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач». Место проведения – Алматы, Казахстан. Сроки проведения – 8–14 декабря 2014 г. Количество участников – 48, из них 25 российских, 27 иностранных, в том числе Казахстан – 21, Туркестан – 2.

В 2015 году были проведены четыре международных конференции:

1) Международная конференция «Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики» (АПВПМ-2015), посвященная 90-летию со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука, Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.

2) Седьмая Международная молодежная научная школа-конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач», посвященная 90-летию со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука, Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.

3) The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, 31 августа – 4 сентября 2015 г.

4) Одиннадцатая Международная Азиатская школа-семинар «Проблемы оптимизации сложных систем», посвященная памяти профессора Владимира Константиновича Попкова, г. Чолпон-Ата (Иссык-Кульская обл., Кыргызская Республика), 27 июля – 7 августа 2015 г.

В 2013-2015 гг. грантами Президента РФ поддержаны ведущие научные школы:

1) академика РАН Б. Г. Михайленко (с 2015 года член-корр. РАН С.И. Кабанихина) «Прямые и обратные задачи в науках о Земле, в экологии и рациональном природополь-



зовании. Математические модели геофизических процессов и их связи со свойствами среды. Применение супер-ЭВМ для моделирования в природных и техногенных системах»

2) чл.-корр. РАН Г. А. Михайлова «Разработка методов численного статистического моделирования для решения задач математической физики и индустриальной математики».

Международное сотрудничество лабораторий Института.

1) Лаборатория стохастических задач

В 2013-2016 осуществлялось сотрудничество с Институтом твердотельной электроники им. П. Друде, Берлин (Paul Drude institute of solid state electronucs, Berlin с группой экспериментальных физиков этого института. Возглавл эти работы директор института, известный немецкий ученый Н. Riechert, он является и соавтором в некоторых наших совместных статьях.

Тематика сотрудничества: развитие стохастических методов моделирования для задач оптоэлектроники и эпитаксиального выращивания гетероструктур для создания новых полупроводниковых материалов.

Результаты: за период 2013-2016 гг. было опубликовано 8 совместных работ, в частности:

1. Sergio Fern´andez-Garrido, Vladimir M. Kaganer, Karl K. Sabelfeld, Tobias Gotschke, Javier Grandal, Enrique Calleja, Lutz Geelhaar, and Oliver Brandt. Self-regulated radius of spontaneously formed GaN nanowires in molecular beam epitaxy. Nano Letters, 2013, 13 (7), pp 3274–3280.

2. K.K. Sabelfeld, V. M. Kaganer, F. Limbach, P. Dogan, O. Brandt, L. Geelhaar, H. Riechert. Height self-equilibration during the growth of dense nanowire ensembles: Order emerging from disorder. Appl. Phys. Lett. 103, 133105 (2013).

3. V.M. Kaganer, K.K. Sabelfeld. Strain distributions and diffraction peak profiles from crystals with dislocations. Acta Crystallography A, vol.70, issue 5, 2014. 457-471.

4. Vladimir M. Kaganer, Sergio Fernandez-Garrido, Pinar Dogan, Karl K. Sabelfeld, and Oliver Brandt. Nucleation, growth and bundling of GaN nanowires in molecular beam epitaxy: Disentangling the origin of nanowire coalescence. Nano Letters, 2016, 16, N6, 3717-3725.

2) Лаборатория стохастических дифференциальных уравнений

В 2013 г. совместно с Н.Г. Докучаевым (Куртинский университет, Австралия) проводилось исследование дифференцируемости математических ожиданий функционалов от диффузионных процессов, содержащих время первого выхода диффузионного процесса из области.

В результате было снято требовавшееся ранее условие существования среднеквадратических производных времени первого выхода из области по параметрам.

По теме этой работы была опубликована статья:

Гусев С.А., Докучаев Н.Г. О дифференцировании функционалов, содержащих время первого выхода диффузионного процесса из области// Теория вероятностей и ее применения.- 2014.- Т.59,№1.- С. 159-168 .



3) Лаборатория математического моделирования гидродинамических процессов в природной среде

Сотрудничество с Восточно-Казахстанским государственным техническим университетом (ВКГТУ) им. Д. Серикбаева (Усть-Каменогоск) с 2013 г. – настоящее время.

Проводилась научно-исследовательская работа по проекту «Прямые и обратные задачи для экологического мониторинга и охраны окружающей среды».

Проводилась работа над системой автоматизированного контроля за состоянием атмосферы в г. Усть-Каменогорске, как одном из базовых объектов, на котором отрабатываются принципы построения информационно-моделирующих систем, разрабатываемых в лаборатории ММГППС ИВМиМГ СО РАН и ВКГТУ; получение текущих данных со станций мониторинга в Усть-Каменогорске; на основе этих данных проведение расчетов по локализации источников загрязнений; подготовка специалистов для ВКГТУ.

Публикации:

1. А.В. Пененко, С.Ж. Рахметуллина. Локализация источников загрязнения атмосферного воздуха по данным системы экологического мониторинга// Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им.Д.Серикбаева и Вычислительные технологии, часть 2. Усть-Каменогорск . 2013. С. 152-163.

2. Rakhmetullina S., Penenko A.V., Ye.Turganbaev, A.Bublikov. Informational-analytical system “ECO-monitoring”// Совм. вып. Вычислительные технологии, т.20 и Вестник КазНУ, Серия математика, механика, информатика №3(86), 2015, 208-217.

Сотрудничество с Датским Метеорологическим институтом (DMI, Copenhagen Denmark). (2011- 2016) и участие в COST Action ES1004 "European framework for online integrated air quality and meteorology modeling" (в рамках некоммерческого партнерства, 2012-2015)

Тема: Разработка численных моделей и методов для решения совместных задач динамики и химии атмосферы

Публикации:

1. V. Penenko, A.Baklanov (DMI), E. Tsvetova and A. Mahura (DMI). Direct and Inverse Problems in a Variational Concept of Environmental Modeling, in Data assimilation and its applications (2012) M. Sharan and J.P.Issartel (Eds) Springer Basel 292 P (139-158) (глава в монографии)

2. A.Baklanov (DMI, WMO), V.Penenko. A.Machura (DMI), A.Vinogradova, N.Elansky, E.Tsvetova, O.Rigina, L.Maksimov, R.Nuterman (DMI), F.Pogarskii, A. Zakey (DMI). Aspects of atmospheric pollution in Siberia. In: Regional Environmental Changes in Siberia and Their Global Consequences, P.Ya Groisman and G.Gutman (eds.) Springer Netherlands Environmental Science and Engineering. DOI 10.1007/978-94-007-4569-8_8, Springer Science+Business Media Dordrecht, 2013, 303-346. (Глава в монографии)

3. A.Penenko, V. Penenko, R.Nuterman (DMI), A.Mahura (DMI). Discrete-Analytical Algorithms for Atmospheric Transport and Chemistry Simulation and Chemical Data Assimilation. Scientific report 2014-02, DMI, Copenhagen , 26 p.



4. A. Penenko ; V. Penenko ; R. Nuterman (DMI) ; A. Baklanov (DMI, WMO) and A. Mahura (DMI) " Direct variational data assimilation algorithm for atmospheric chemistry data with transport and transformation model ", Proc. SPIE 9680, 21st International Symposium Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 968076 (November 19, 2015); doi:10.1117/12.2206008. (Scopus, Web of Science)

Участие в Международной программе PanEurasian Experiment (PEEX). Междисциплинарные исследования изменений климата, качества воздуха, окружающей среды и исследовательской инфраструктуры, ориентированные на северо-евразийские, особенно арктические и бореальные районы. Это инициатива «снизу вверх» нескольких европейских, российских и китайских научно-исследовательских организаций и институтов (некоммерческое партнерство) 2014- настоящее время.

Тема: Разработка моделей и методов для системы наблюдений и прогнозирования в системе Земля.

Публикации:

1. Baklanov A. (World Meteorological Organization), Mahura A. (DMI), Penenko V., Zilitinkevich S. (Finland), and Kulmala M. (Finland) PanEurasian Experiment (PEEX): Modelling Platform for Earth System Observations and Forecasting//Geophysical Research Abstracts, Vol. 16, EGU2014-15751, 2014.

2. V.V. Penenko, A.A. Baklanov (WMO), E.A. Tsvetova and A.V. Penenko Application of variational modeling technology for environmental studies // Report Series in Aerosol Science. No 163. Proc. of the 1st Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Conference and the 5th PEEX Meeting, Editors: M. Kulmala, S. Zilitinkevich, H. K. Lappalainen, E.-M. Kyrö and J. Kontkanen (2015),

3. V.V. Penenko, A.V. Penenko and E.A. Tsvetova Variational modeling technology with data assimilation for environmental prediction and risk assessment //Proceedings of the 2nd Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Conference and the 6th PEEX Meeting, Beijing, Editors: H. K. Lappalainen, Markku Kulmala et al. (2016) с. 371-376.331-334.

4) Лаборатория геофизической информатики

Имеются научные связи с Монголией, Институт астрономии и геофизики Монгольской академии наук The Institute of Astronomy and Geophysics of the Mongolian Academy of Sciences (IAG MAS), Prof. DEMBEREL Sodnomsambuу, Director of IAG, MAS, Dr. Odonbaatar Chimed, Researcher.

В совместных работах ИВМиМГ СО РАН и ИАГ МАН решаются задачи глубинного вибросейсмического зондирования земной коры в зоне сочленения Байкальского рифта и Центрально-Азиатского подвижного пояса.

Проведены экспериментальные работы на 500-км профиле Байкал-Улан-Батор по исследованию характеристик волнового поля сеймовибратора ЦВО-100 с регистрацией излучаемых волн на двух региональных профилях на российской и монгольской территории. Получены данные экспериментов и моделирования для верификации коростных моделей земной коры южного Прибайкалья и северной Монголии.



5) Лаборатория синтеза параллельных программ

Сотрудничество с Казахским национальным университетом имени аль-Фараби, Научно-исследовательским институтом математики и механики.

С 2012 года и по настоящее время имеет место сотрудничество ИВМиМГ СО РАН с Казахским национальным университетом имени аль-Фараби (КазНУ), Научно-исследовательским институтом математики и механики (НИИ ММ).

В сотрудничестве со стороны КазНУ, НИИ ММ участвуют г.н.с., д.т.н. Д.Ж. Ахмед-Заки, г.н.с., проф. Данаев Н.Т., в.н.с., к.ф.-м.н. Пыркова А.Ю., д.ф.-м.н., профессор Мухамбетжанов С.Т., научные сотрудники: PhD Иманкулов Т.С., Лебедев Д.В., Турар О.Н., Айдаров К.Н.

Со стороны ИВМиМГ СО РАН в сотрудничестве принимают участие заведующий лабораторией синтеза параллельных программ, д.т.н., профессор В.Э. Малышкин и научные сотрудники лаборатории синтеза параллельных программ: М.А. Городничев, С.Е. Киреев, В.А. Перепелкин, Г.А. Щукин.

Выполняются три проекта.

1) Облачные вычисления на высокопроизводительных кластерах для реализации больших численных моделей (2013-2015)

Руководитель - проф. Данаев Н.Т., КазНУ им. аль-Фараби.

2) Разработка библиотеки параллельных подпрограмм для автоматизации создания больших параллельных численных моделей для суперкомпьютеров в области нефтяной геофизики (2015-2017)

3) Разработка больших реалистических численных моделей в нефтяной геофизике и средств автоматизации разработки параллельных программ крупномасштабного численного моделирования для неоднородных вычислительных комплексов экзафлопного диапазона (2014-2016).

Руководитель - д.т.н. Д.Ж. Ахмед-Заки (в 2012-2013 гг. Д.Ж. Ахмед-Заки – декан механико-математического факультета КазНУ, 2013-2016 - проректор по учебной работе КазНУ, 2016г по настоящее время директор Департамента высшего, послевузовского образования Министерства образования и науки Республики Казахстан)

В рамках проектов решаются следующие задачи:

- Разрабатываются средства программирования высокопроизводительных облаков.
- Разрабатываются модели, алгоритмы и программные инструменты для автоматизации конструирования численных параллельных программ для высокопроизводительных вычислительных ресурсов и, в том числе, для вычислительных кластеров.

Сторона КазНУ им. аль-Фараби исследует новые модели в нефтяной геофизике, а сторона ИВМиМГ СО РАН обеспечивает параллельное исполнение разработанных параллельных программ численного моделирования на базе системы LuNA, разрабатываемой в ИВМиМГ СО РАН.



Опыт реализации реальных приложений в развивающейся системе автоматизации конструирования численных параллельных программ предоставляет возможность исследования разрабатываемых системных алгоритмов в реальных условиях.

Получены следующие результаты:

- Разработаны фрагментированные численные алгоритмы и программы, исполняемые в системе LuNA, для модели фильтрации многофазных жидкостей.
- Разработаны новые и доработаны существующие системные алгоритмы управления исполнением фрагментированных программ
- Проведено испытание системы LuNA на прикладной задаче
- Опубликовано более 20 работ по результатам выполнения проектов.

С 2013 года КазНУ направляет студентов для участия в Летней школе по параллельному программированию, которую проводит каждый год в июле в течение 2 недель ИВМиМГ СО РАН (лаборатория синтеза параллельных программ) совместно с НГУ и НГТУ: <http://ssd.ssc.ru/ru/school>

Сотрудничество с Университетом технологии Малайзии.

С 2013 года и по настоящее время имеет место сотрудничество ИВМиМГ СО РАН с Университетом технологии Малайзии - Universiti Teknologi Malaysia.

Со стороны Малайзии в сотрудничестве участвует Dr. Norma Binti Alias, Associate Professor, Center for Sustainable Nanomaterials, Ibnu Sina Institute for Scientific and Industrial Research, Universiti Teknologi Malaysia.

Со стороны ИВМиМГ СО РАН в сотрудничестве принимают участие заведующий лабораторией синтеза параллельных программ д.т.н., профессор В.Э. Малышкин и научные сотрудники лаборатории синтеза параллельных программ Перепелкин В.А., Киреев С.Е.

В рамках сотрудничества проводились совместные работы по фрагментации ряда численных алгоритмов:

- Разработан фрагментированный алгоритм модификации метода IADE для решения параболических уравнений.
- Выполнена реализация алгоритма в нескольких системах программирования, в частности, в системе фрагментированного программирования LuNA.
- Проведено сравнительное тестирование различных реализаций на кластере.

Основные результаты представлены в работе:

1. Norma Alias, Sergey Kireev Fragmentation of IADE Method Using LuNA System // Proceedings of the 14th International Conference on Parallel Computing Technologies (PaCT-2017), LNCS, 2017.

В 2017 году Малышкин В.Э. и Киреев С.Е. приглашены в Research University Grant от Universiti Teknologi Malaysia в качестве research members.

Сотрудничество с учреждением высшего образования Lycee Saint-Joseph La Salle, г. Лорьян, Франция



ИВМиМГ СО РАН совместно с базовыми кафедрами -- кафедрой параллельных вычислений НГУ, кафедрой параллельных вычислительных технологий НГТУ -- обеспечивает ежегодно с 2014 г. проведение двухмесячных научно-образовательных стажировок для 2-3 студентов учреждения высшего образования Lycee Saint-Joseph La Salle, г. Лорьян, Франция.

Осуществлены в 2014, 2016 гг. взаимные визиты сотрудников ИВМиМГ СО РАН в г. Лориан, сотрудников Lycee Saint-Joseph La Salle в Новосибирск для чтения лекций и установления взаимодействия по вопросу стажировок.

Начиная с 1991 года, лаборатория проводит Международные конференции «Параллельные вычислительные технологии» (International Conference on Parallel Computing Technologies, PaCT). Конференции проводятся раз в два года в разных городах России.

Непосредственно перед конференциями проводятся молодежные школы: читаются лекции и проводятся практические занятия по передовым технологиям параллельного программирования, конструированию параллельных программ численного моделирования для пета- и эксафлопсных суперкомпьютеров.

На конференции собираются не менее 120-150 участников, половина из них – иностранцы (Германия, Франция, Китай, Малайзия, Польша, США и др.).

Конференции серии PaCT были проведены в Новосибирске (1991), Обнинске (1993), Санкт-Петербурге (1995, труды конференции напечатаны в LNCS Springer № 964), Ярославле (1997, LNCS 1277), Пушкино (1999, LNCS 1662), Новосибирске (2001, LNCS 2127), Нижнем Новгороде (2003, LNCS 2763), Красноярске (2005, LNCS 3606), Переславле-Залесском (2007, LNCS 4671), Новосибирске (2009, LNCS 5698), Казани (2011, LNCS 6873), Санкт-Петербурге (2013, LNCS 7979), Петрозаводске (2015, LNCS 9251). 14-я конференция будет проведена в 2017 году в Нижнем Новгороде с 4 по 8 сентября .

В рамках реализации долгосрочного проекта организации серии международных конференций Parallel Computing Technologies / Параллельные вычислительные технологии (PaCT) лаборатория сотрудничает с известными учеными из разных университетов мира:

- Farhad Arbab, head of Foundations of Software Technology Cluster, Leids University Foundation professor, Leiden Institute for Advanced Computer Science & Centre for Mathematics and Computer Science, Netherlands

- Jan Baetens, Department of Mathematical Modelling, Statistics and Bioinformatics, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Belgium

- Stefania Bandini, director of Complex Systems & Artificial Intelligence Research Center, director of the PhD School in Computer Science, University of Milano-Bicocca, Italy

- Thomas Casavant, director of the UI Center for Bioinformatics and Computational Biology, director of the ECE Parallel Processing Laboratory, professor, University of Iowa, USA

- Pierpaolo Degano, professor of the Department of Computer Science, director of the PhD program in Computer Science, University of Pisa, Italy



- Dominique Désérable, head of the research group "Cellular Automata in Hydrogeomechanics", Laboratory of Civil and Mechanical Engineering (LGCGM), National Institute for Applied Sciences, Rennes, France
- Bernard Goossens, professor, University of Perpignan, France
- Sergei Gorlatch, professor of Computer Science, Institute of Computer Science, University of Muenster, Germany
- Alexey Lastovetsky, founding director of the Heterogeneous Computing Laboratory, senior lecturer, School of Computer Science and Informatics, University College Dublin, Ireland
- Jie Li, professor, Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba, Japan
- Thomas Ludwig, director of German Climate Computing Center, professor, University of Hamburg, Germany
- Giancarlo Mauri, director of Department of Computer Science, Systems and Communications, professor, University of Milano-Bicocca, Italy
- Igor Menshov, Keldysh Institute for Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Nikolay Mirenkov, special honorary professor, University of Aizu, Japan
- Dana Petcu, director of Institute e-Austria Timisoara, professor at Computer Science Department, West University of Timisoara, Romania
- Viktor Prasanna, director of the Center for Energy Informatics, executive director of USC-Infosys Center for Advanced Software Technologies, professor, University of Southern California, USA
- Michel Raynal, professor of Computer Science, Research Institute in Computer Science and Random Systems, Rennes, France
- Bernard Roux, director of Research at CNRS, professor, Laboratoire de Mécanique, Modélisation & Procédés Propres, National Center for Scientific Research, France
- Yaroslav D. Sergeyev, distinguished professor, head of Numerical Calculus Laboratory, University of Calabria, Italy
- Waleed W. Smari, Ball Aerospace & Technologies Corp., Ohio, USA
- Uwe Schwiegelshohn, professor of computer engineering, TU Dortmund University, Germany
- Victor Toporkov, professor, head of the Department of Computer Engineering, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Russia
- Carsten Trinitis, professor, head of the research group "Parallel and Distributed Architectures", head of system administration, Technical University of Munich, Germany, professor for Distributed Computing, University of Bedfordshire, United Kingdom
- Roman Wyrzykowski, head of the Institute of Computer and Information Sciences, director of Metropolitan Area Network, professor of Computer Science, Czestochowa University of Technology, Poland



В.Э.Мальшкин – Member of the editorial board of The International Journal of Computational Science and Engineering,

Member of the editorial board of The International Journal of Big Data Intelligence (IJDBI),

Invited editor of The Journal of Supercomputing,

Founding Member of the IEEE Technical Committee on Big Data (TSCBD),

Guest Co-Editor of the special issue of the IEEE System Journal on Hybrid Intelligence for Internet of Vehicles.

Я.И. Фет - Member of the editorial board of Parallel and Distributed Computing Practice,

Member of the editorial board of Scalable Computing: Practice and Experience.

Участие в работе программных комитетов международных конференций

Мальшкин В.Э. - Program Committee member of the 12th IEEE International Conference on Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques (SoMeT 2013), 22-24 September 2013, Budapest, Hungary.

Мальшкин В.Э. - Program Committee member of the 10th INTERN. CONF. ON PARALLEL PROCESSING AND APPLIED MATHEMATICS, September 8-11, 2013, Warsaw, Poland.

Бандман О.Л. – Program Committee member of the International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS 2013), July 1 – 5, 2013, Helsinki, Finland.

Бандман О.Л. – Program Committee member of the 11th Intern. Conf. on Cellular Automata for Research and Industry, ACRI 2014, Krakow, Poland, Sept. 22-25, 2014.

Мальшкин В.Э. - Program Committee member of the 11th IFIP International Conference on Network and Parallel Computing, Ilan, Taiwan, Sept. 18-20, 2014.

Мальшкин В.Э. - Program Committee member of UBICOMM 2014, The Eighth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, Rome, Italy, August 24 - 28, 2014.

Мальшкин В.Э. - Program Committee member of SoMeT 2014, The 13th Intern. Conf. on Intelligent Software Methodologies tools and Techniques, Sarawak, Malaysia, Sept. 22-24, 2014.

Мальшкин В.Э. - Program Committee member of ALLDATA 2015, The First International Conference on Big Data, Small Data, Linked Data and Open Data, April 19 - 23, 2015 - Barcelona, Spain.

Мальшкин В.Э. - Program Committee member of the 10th International Conference on Green, Pervasive and Cloud Computing (GPC 2015). Plantation Island, Fiji, 4-6 May 2015. USA, Florida.

Мальшкин В.Э. - Program Committee member of the annual IEEE International Conference on High Performance Computing (HiPC), 2015, Bengaluru (Bangalore), India, December 16 - 19, 2015.

6) Лаборатория системного моделирования

О.Г. Монахов, Э.А. Монахова - сотрудничество с Indian Institute of Technology Roorkee, India (Технологический институт Рурки, Индия, адрес: Saharanpur Campus Of IIT Roorkee,



Saharanpur – 247667, India), c Dr. Millie Pant, Associate Professor, Department of Applied Science and Engineering.

Направление сотрудничества: разработка гибридных биоинспирированных алгоритмов для оптимизационных задач в финансовой математике.

В результате сотрудничества разработаны и исследованы новые и модифицированные, гибридные биоинспирированные алгоритмы на основе дифференциальной эволюции и алгоритма муравьиной колонии и их применения для оптимизации финансовых стратегий биржевой торговли, управления портфелем инвестиций и минимизации затрат при проектировании инженерных сетей.

ФИО руководителя Кабаник С.И. Подпись

Дата 19.05.2017 г.

