ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ
И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Отчет подразделений ИВМиМГ СО РАН

о выполнении плановых заданий 2015 г.

Новосибирск-2016

СОДЕРЖАНИЕ

Научно-организационная деятельность 4
Важнейшие результаты научных исследований в 2013 г. 15
Лаборатория методов Монте-Карло 26
Лаборатория численного анализа стохастических дифференциальных уравнений 38
Лаборатория стохастических задач 47
Лаборатория вычислительной физики 58
Лаборатория математических задач химии 67
Лаборатория математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере 75
Лаборатория математического моделирования гидротермодинамических процессов в природной среде 91
Лаборатория численного анализа и машинной графики 101
Лаборатория математических задач геофизики 108
Лаборатория численного моделирования сейсмических полей 127
Лаборатория математического моделирования волн цунами 135
Лаборатория геофизической информатики 143
Лаборатория обработки изображений 154
Лаборатория системного моделирования 162
Лаборатория прикладных систем 167
Лаборатория моделирования динамических процессов в информационных сетях 173
Лаборатория синтеза параллельных программ 182
Лаборатория параллельных алгоритмов решения больших задач 191
Лаборатория Сибирский суперкомпьютерный центр 208
Справочная информация 217

НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Выборы директора Института состоялись 27 ноября 2015 г. В результате тайного голосования директором Института был избран член-корреспондент РАН Сергей Игоревич Кабанихин. Приказом ФАНО России № 1023 п/о от 16 декабря 2015 г. он назначен на должность директора ИВМиМГ СО РАН с 21 декабря 2015 г.

В 2015 г. Институт провел памятные мероприятия, посвященные памяти академиков Гурия Ивановича Марчука и Бориса Григорьевича Михайленко, работавших директорами в разные годы:

– конференция "Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования", ИВМ РАН, Москва, 8–10 июня 2015 г.;

– торжественное заседание Президиума СО РАН и Ученого совета ИВМиМГ, открытие мемориальной доски академику Г. И. Марчуку, 19 июня 2015 г.;

– открытие мемориальной доски академику Б. Г. Михайленко, 21 октября 2015 г.

В 2015 г. проведено 9 заседаний Ученого совета института, на которых были рассмотрены научные, кадровые и организационные вопросы, заслушан научный доклад проф. Р. Г. Новикова "Обратные задачи рассеяния" (Ecole Polytechnique, Франция).

В 2015 г. продолжена работа по грантам Президента РФ по поддержке ведущих научных школ: проект члена-корреспондента РАН С. И. Кабанихина "Прямые и обратные задачи в науках о Земле, в экологии и рациональном природопользовании. Математические модели геофизических процессов и их связи со свойствами среды. Применение суперЭВМ для моделирования в природных и техногенных системах" и проект члена-корреспондента РАН Г. А. Михайлова "Разработка методов численного статистического моделирования для решения задач математической физики и индустриальной математики".

Продолжена работа по грантам Президента РФ по поддержке молодых кандидатов наук (к.ф.-м.н. К. В. Калгин, к.ф.-м.н. И. М. Куликов), стипендиям Президента РФ для молодых ученых (к.ф.-м.н. А. В. Терехов, Е. А. Берендеев).

Продолжена работа по двум проектам Российского научного фонда (руководители д.ф.-м.н. В. П. Ильин, д.ф.-м.н. К. К. Сабельфельд). По результатам конкурса Российского научного фонда в 2015 г. получил поддержку проект "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. Ю. М. Лаевский).

В 2015 г. проводились работы по девяти базовым проектам фундаментальных научных исследований, 45 проектам РФФИ (из них 29 инициативных проектов, 11 молодежных проектов), трем проектам РНФ, одному международному контракту.

В 2015 г. состоялись защиты двух кандидатских диссертаций: О. И. Криворотько и К. В. Ворониным.

ИВМиМГ СО РАН – базовый институт для четырех кафедр Новосибирского государственного университета: вычислительной математики, вычислительных систем, математических методов геофизики (механико-математический факультет), параллельных вычислений (факультет информационных технологий), – и двух кафедр Новосибирского государственного технического университета: параллельных вычислительных технологий (факультет прикладной математики и информатики) и сетевых информационных технологий (факультет автоматики и вычислительной техники).

Институт является базой Фонда алгоритмов и программ СО РАН.

Институт принял участие в работе технологической платформы "Национальная суперкомпьютерная технологическая платформа" и в территориальном кластере "Инновационный кластер информационных и биофармацевтических технологий Новосибирской области".

"Сибирский журнал вычислительной математики", издаваемый Институтом, включен в базу Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science и вошел в число лучших российских журналов, включенных в эту базу.

Конференции, школы

В 2015 г. Институтом проведены четыре международные 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. 7-я 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. 11-я 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.

Международные соглашения, контракты, гранты

Выполнялись либо были заключены два меморандума о взаимопонимании и пять договоров:

1. Меморандум о взаимопонимании между Институтом вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской Академии наук (г. Новосибирск, Российская Федерация) и Сункьюнкванским Национальным университетом (г. Сункъюнкван, Республики Корея). Координаторы: от ИВМиМГ СО РАН – ведущий научный сотрудник лаборатории математического моделирования информационных сетей д.т.н. А. С. Родионов; от Сункъюнкванского национального университета – руководитель исследовательского центра по распознаванию образов Донгхо Вон. Срок меморандума: 01.01.2007 г. – 31.12.2015 г.

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 г. – 29.11.2017 г.

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 – заместитель директора по науке и инновациям профессор Мохд Азрай Кассим (Mohd Azraai Kassim). Срок договора: 05.12.2013 г. – 05.12.2017 г.

4. Лицензионный договор на использование названия журнала и его отличительных характеристик "Сибирский журнал вычислительной математики" между компанией "Pleiades Publishing, Ltd." (Британские Виргинские Острова, США), Сибирским отделением Российской Академии наук и Институтом вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской Академии наук (г. Новосибирск, Российская Федерация). Координаторы: от "Pleiades Publishing, Ltd." – президент А. Шусторович; от Сибирского отделения Российской Академии наук – Председатель СО РАН, академик Н. Л. Добрецов; от ИВМиМГ СО РАН – директор, главный редактор лицензионного журнала "Сибирский журнал вычислительной математики" чл.-корр. РАН С. И. Кабанихин. Срок договора: 06.08.07 г. – 06.08.15 г.

5. Договор о сотрудничестве на проведение исследований задач, возникающих при разведке и добыче 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 г. – 23.01.2019 г.

6. Договор № 107 о выполнении научно-исследовательских работ по теме "Разработка программного обеспечения для исследования и численного решения прямых и обратных задач фармакокинетики и эпидемиологии" между Акционерным обществом "Научный центр противоинфекционных препаратов" (г. Алматы, Республика Казахстан) и Институтом вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской Академии наук (г. Новосибирск, Российская Федерация). Координаторы: от Акционерного общества "Научный центр противоинфекционных препаратов" – президент А. И. Ильин; от ИВМиМГ СО РАН – директор, чл.-корр. РАН С. И. Кабанихин. Срок договора: 17.06.2015 г. – 31.12.2015 г.

7. 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 г. – 28.10.2020 г.

Прием зарубежных ученых и представителей фирм

В 2014 г. принят один иностранный гость, Норма Бинти Элиас, научный сотрудник Института ибн-Сины Технологического университета Малайзии. Срок визита: с 08 по 12 декабря 2014 г. Цель визита: обсуждение совместных исследований в области параллельного программирования в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве между ИВМиМГ СО РАН (г. Новосибирск, Россия) и Малазийским технологическим университетом (г. Джохор Бару, Малайзия). Финансирование поездки – за счет приезжающей стороны. Результаты приема: стороны договорились о продолжении совместных работ.

Командировки за рубеж

В 2015 г. за рубеж командированы 90 сотрудников Института вместо 91 в 2014 г. Причем командировок для участия в международных конференциях 67 (из них 16 в ближнее зарубежье); краткосрочных командировок, касающихся научной кооперации 21 (из них 15 в

ближнее зарубежье); чтение лекций – 2. Страны, в которые было осуществлено командирование: Германия, Австрия, Франция, Италия, Норвегия, Финляндия, США, Испания, Чехия, Словения, Греция, Турция, Польша, Болгария, Малайзия, Китайская Народная Республика, Республика Корея, Республика Казахстан, Киргизская Республика, Республика Узбекистан, Республика Азербайджан.

Германия

1. Голубева Е. Н., в.н.с., д.ф.-м.н. Научная работа по теме "Моделирование моря Лаптевых", Институт полярных и морских исследований, г. Бремерхафен (Германия), с 21.02.15 г. по 28.03.15 г.

2. Крайнева М. В., инженер. Проведение совместных работ по теме "Развитие вычислительных модулей для региона дельты Лены", Институт полярных и морских исследований, г. Бременхафен (Германия), с 12.05.2015 г. по 23.06.2015 г.

3. Сабельфельд К. К., г.н.с., д.ф.-м.н. Научная работа по моделированию в оптоэлектронике, Институт твердотельной электроники, г. Берлин (Германия), с 17.05.2015 г. по 10.06.2015 г.

4. Сандер И. А., ведущий программист. Научная работа по развитию программ поддержки систем дистанционного обучения, Высшая школа техники, экономики и культуры, г. Лейпциг (Германия), с 18.06.2015 г. по 18.07.2015 г.

5. Черных И. Г., с.н.с. Участие в международной конференции по суперкомпьютерам, г. Франкфурт (Германия), с 12.07.2015 г. по 16.07.2015 г.

6*. Куликов И. М., м.н.с., к.ф.-м.н. Участие в международной конференции по суперкомпьютерам, г. Франкфурт (Германия), с 12.07.2015 г. по 16.07.2015 г.

7. Кучин Н. В., главный специалист. Участие в работе группы Hewlett-Packard Консорциума, г. Франкфурт (Германия), с 09.07.2015 г. по 13.07.2015 г.

8. Решетова Г. В., в.н.с. д.ф.-м.н. Участие в международной конференции "Волны – 2015", г. Карлсруэ (Германия), с 18.07.2015 г. по 24.07.2015 г.

Австрия

9. Пененко А. В., м.н.с., к.ф.-м.н. Участие в Генеральной ассамблее Европейского геофизического союза – 2015, г. Вена (Австрия), с 12.04.2015 г. по 19.04.2015 г.

10. Сабельфельд К. К., г.н.с., д.ф.-м.н. Участие в международной конференции по методам Монте-Карло Международного общества математические ассоциации по компьютерному моделированию, г. Линц (Австрия), с 11.06.2015 г. по 15.07.2015 г.

11. Трачева Н. В., м.н.с. Участие в 8-й Международной конференции по моделированию, г. Вена (Австрия), с 19.09.2015 г. по 27.09.2015 г.

12. Лотова Г. З., с.н.с. Участие в 8-й Международной конференции по моделированию, г. Вена (Австрия), с 19.09.2015 г. по 28.09.2015 г.

13. Марченко М. А., ученый секретарь, к.ф.-м.н. Участие в 8-м Международном семинаре по математическому моделированию, г. Вена (Австрия), с 19.09.2015 г. по 28.09.2015 г.

14. Медведев И. Н, н.с., к.ф.-м.н. Участие в 8-м Международном семинаре по математическому моделированию, г. Вена (Австрия), с 19.09.2015 г. по 28.09.2015 г.

15. Каргаполова Н. А., к.ф.-м.н., м.н.с. Участие в 8-м Международном семинаре по математическому моделированию, г. Вена (Австрия), с 19.09.2015 г. по 26.09.2015 г.

16. Каргин Б. А., зав. лаб., д.ф.-м.н. Участие в 8-м Международном семинаре по математическому моделированию, г. Вена (Австрия), с 19.09.2015 г. по 27.09.2015 г.

* Здесь и далее символом "*" отмечено командирование за счет гранта Российского фонда фундаментальных исследований.

17. Войтишек А. В., в.н.с., д.ф.-м.н. Участие в 8-м Международном семинаре по математическому моделированию, г. Вена (Австрия), с 20.09.2015 г. по 26.09.2015 г.

18. Соболева О. Н., с.н.с., д.ф.-м.н. Участие в 8-м Международном семинаре по математическому моделированию, г. Вена (Австрия), с 20.09.2015 г. по 27.09.2015 г.

19. Рогазинский С.В., зав. лаб., д.ф.-м.н. Участие в 8-м Международном семинаре по математическому моделированию, г. Вена (Австрия), с 20.09.2015 г. по 27.09.2015 г.

20*.Огородников В. А., в.н.с., д.ф.-м.н. Участие в 8-м Международном семинаре по математическому моделированию, г. Вена (Австрия), с 14.09.2015 г. по 27.09.2015 г.

21*.Сересева О. В., Участие в 8-м Международном семинаре по математическому моделированию, г. Вена (Австрия), с 21.09.2015 г. по 25.09.2015 г.

22*. Лукинов В. Л., Участие в 8-м Международном семинаре по математическому моделированию, г. Вена (Австрия), с 19.09.2015 г. по 28.09.2015 г.

Франция

24. Голубева Л. А., н.с. Научная работа по решению задач математической химии, г. Рен, Франция, с 01.06.2015 г. по 20.07.2015 г.

25. Куликов И. М., м.н.с., к.ф.-м.н. Участие в международной конференции "Численное моделирование потоков космической плазмы", г. Авиньон, Франция, с 06.06.2015 г. по 18.06.2015 г.

26. Ильин В. П., г.н.с. Участие в международной конференции "Редкие матрицы", г. Тулуза, Франция, с 22.06.2015 г. по 30.06.2015 г.

27. Куликов И. М., м.н.с., к.ф.-м.н. Участие в 10-й Международной конференции по космологии, г. Экс-ан-Прованс, Франция, с 06.07.2015 г. по 11.07.2015 г.

28. Решетова Г. В., в.н.с. д.ф.-м.н. Участие в семинаре по математической геофизике, Национальный институт информатики и автоматики, г. Париж, Франция, с 25.07.2015 г. по 02.08.2015 г.

Италия

29. Берендеев Е. А., инженер. Участие в Международной конференции "Комплекс плазменных явлений в лаборатории и во Вселенной", г. Рим, Италия, с 16.01.15 г. по 23.01.15 г.

30*. Вшивкова Л. В., м.н.с. Участие в Международной конференции "Комплекс плазменных явлений в лаборатории и во Вселенной", г. Рим, Италия, с 16.01.15 г. по 25.01.15 г.

31*. Боронина М. А., м.н.с. Участие в Международной конференции "Комплекс плазменных явлений в лаборатории и во Вселенной", г. Рим, Италия, с 16.01.15 г. по 24.01.15 г.

32*. Ефимова А. А., м.н.с. Участие в Международной конференции "Комплекс плазменных явлений в лаборатории и во Вселенной", г. Рим, Италия, с 16.01.15 г. по 25.01.15 г.

33. Криворотько О. И., м.н.с., к.ф.-м.н. Участие в Международной конференции "Математическая и вычислительная эпидемиология инфекционных заболеваний – взаимодействие между моделями и внешними органами здравоохранения", г. Эриче, Италия, с 29.08.2015 г. по 07.09.2015 г.

34*. Лукинов В. Л., Участие в 14-й Международной конференции по нелинейному анализу, нелинейным системам и хаосу, г. Рим, Италия, с 07.11.2015 г. по 09.11.2015 г.

Норвегия

35. Решетова Г. В., в.н.с. д.ф.-м.н. Научная работа по проекту " Моделирование систем волн в трещиноватых средах", г. Берген, Норвегия, с 16.05.2015 г. по 24.05.2015 г.

Финляндия

36. Пененко А. В., м.н.с., к.ф.-м.н. Участие в 1-й научной конференции по Пан-евразийскому эксперименту, г. Хельсинки, Финляндия, с 09.02.2015 г. по 15.02.2015 г.

США

37. Гусяков В. К., зав. лаб., д.ф.-м.н. Участие в Международном симпозиуме по цунами и в 26-й Сессии Международной координационной группы МОК ЮНЕСКО по системе предупреждения цунами на Тихом океане, г. Гонолулу (США), с 16.04.2015 г. по 30.04.2015 г.

38. Ильин В. П., г.н.с., д.ф.-м.н. Участие в Международной конференции Общества индустриальной и прикладной математики, г. Хьюстон (США), с 25.10.2015 г. по 09.11.2015 г.

39. Черных И. Г., с.н.с. Участие в Международной конференции "Суперкомпьютерные вычисления", г. Остин (США), с 15.11.2015 г. по 20.11.2015 г.

Испания

40. Решетова Г. В., в.н.с. д.ф.-м.н. Участие в Международной конференции "Европейская ассоциация инженеров-геофизиков-2015", г. Мадрид (Испания), с 31.05.2015 г. по 8.06. 2015 г.

Чешская Республика

41. Воронина Т. А., с.н.с., к.ф.-м.н. Участие в Генеральной ассамблее Международного союза по геологии и геофизике, г. Прага (Чехия), с 23.06.2015 г. по 02.07.2015 г.

42. Гусяков В.К., зав. лаб., д.ф.-м.н. Участие в Генеральной ассамблее Международного союза по геологии и геофизике, г. Прага (Чехия), с 23.06.2015 г. по 02.07.2015 г.

43. Марчук А. Г., в.н.с., д.ф.-м.н. Участие в Генеральной ассамблее Международного союза по геологии и геофизике, г. Прага (Чехия), с 27.06.2015 г. по 01.07.2015 г.

Словения

44. Родионов А. С., зав. лаб., д.т.н. Участие в совещании Института электрической и электронной инженерии, г. Любляна (Словения), с 08.10.2015 г. по 12.10.2015 г.

Греция

45. Решетова Г. В., в.н.с. д.ф.-м.н. Участие в Международной конференции по вычислительной математике в структурной динамике и землетрясениям, г. Ираклион (Греция), с 25.05.2015 г. по 30.05.2015 г.

46. Родионов А. С., зав. лаб., д.т.н. Участие в Международной конференции по прикладной математике, вычислительным наукам и инженерии", о-в Крит (Греция), с 15.10.2015 г. по 21.10.2015 г.

Турция

47. Воронин К .В., м.н.с. Участие в Международной конференции по вычислительной математике, г. Анкара (Турция), с 12.09.2015 г. по 20.09.2015 г.

Польша

48. Воронов Д. А., инженер. Участие в 7-м Вычислительном фармацевтическом семинаре, г. Краков (Польша) с 15.09.2015 г. по 21.09.2015 г.

Болгария

49. Ефимова А. А., м.н.с. Участие в 7-м Евро-Американском консорциуме по продвижению математических приложений в технических и естественных науках, г. Албена (Болгария), с 27.06.2015 г. по 07.07.2015 г.

Малайзия

50. Малышкин В. Э., д.т.н., зав. лаб. Чтение лекций по теме "Технология фрагментированного программирования", Технологический университет, г. Джохор-Бару (Малайзия), с 20.11.2015 г. по 01.12.2015 г.

Китайская Народная Республика

51. Шахов В. В., н.с., к.ф.-м.н. Участие в Международном конгрессе ведущих специалистов в области информационных технологий "Info Tech-2015", организованном при участии правительства КНР, г. Шеньчжень (Китай), с 15.04.2015 г. по 23.04.2015 г.

52. Черных И. Г., с.н.с. Участие в Международной конференции по программированию на кластерных высокопроизводительных системах, г. Шеньжень (Китай), с 01.05.2015 г. по 09.05.2015 г.

53. Шишленин М. А., с.н.с., к.ф.-м.н. Участие в Международной конференции "Инженерная и прикладная математика", г. Пекин (Китай), с 08.08.2015 г. по 15.08.2015 г.

54. Пригарин С. М., в.н.с., д.ф.-м.н. Чтение лекций на тему "Методы вычислений", Китайско-российский Хэйлунцзянский университет г. Харбина (Китай), с 24.08.2015 г. по 13.10.2015 г.

55. Лаевский Ю. М., зав. лаб., д.ф.-м.н. Участие в Международной конференции "Численные методы и математическое моделирование", г. Тяньцзинь (Китай), с 23.10.2015 г. по 28.10.2015 г.

56. Кабанихин С. И., директор, чл.-корр. РАН. Участие в Международной конференции "Численные методы и математическое моделирование", г. Тяньцзинь (Китай), с 24.10.2015 г. по 31.10.2015 г.

57. Марчук А. Г. в.н.с., д.ф.-м.н. Участие в 4-м Мировом конгрессе "Океан-2015" и в 8-й Рабочей встрече по цунами в Южно-Китайском море, г. Цындао и г. Чангма (Китай), с 02.11.2015 г. по 20.11.2015 г.

Республика Корея

58. Левыкин А. И., с.н.с. Участие в Международной конференции "Коммуникационные системы и вычислительные научные приложения", г. Сеул (Республика Корея), с 13.05.2015 г. по 21.05 2015 г.

59. Ильин В. П., г.н.с. Участие в Международной конференции "Декомпозиции областей", г. Джу-Джу (Республика Корея), с 01.07.2015 г. по 11.07.2015 г.

Республика Казахстан

60. Малышкин В. Э., д.т.н., зав. лаб. Научная работа "Высокопроизводительные вычисления. Коммуникационное облако", университет им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан), с 18.01.15 г. по 09.02.15 г.

61. Городничев М. А., м.н.с. Совместная научная работа по теме "Разработка системного программного обеспечения для объединения разнородных суперкомпьютеров в единую вычислительную систему", Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан), с 06.04.15 г. по 26.04.15 г.

62. Перепелкин В. А., м.н.с. Совместная научная работа по теме "Разработка системного программного обеспечения для объединения разнородных суперкомпьютеров в единую вычислительную систему", Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан), с 06.04.15 г. по 26.04.15 г.

63. Кабанихин С. И., директор, чл.-корр. РАН. Участие в Международной конференции "Актуальные проблемы в математике", г. Алматы (Республика Казахстан), с 28.05.2015 г. по 04.06.2015 г.

64. Имомназаров Х. Х., в.н.с., д.ф.-м.н. Научная работа по теме "Математическое моделирование волновой динамики многофазных сред", Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы (Республика Казахстан), с 28.06.2015 г. по 27.07.2015 г.

65. Кабанихин С. И., директор, чл.-корр. РАН. Научная работа по теме "Разработка программного обеспечения для исследования и численного решения прямых и обратных задач фармакокинетики и эпидемиологии", Научный центр противоинфекционных препаратов, г. Алматы (Республика Казахстан), с 01.07.2015 г. по 12.07.2015 г.

66. Городничев М. А., м.н.с. Совместная научная работа по теме "Разработка системного программного обеспечения для объединения разнородных суперкомпьютеров в единую вычислительную систему", Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан), с 26.07.15 г. по 16.08.15 г.

67. Перепелкин В. А., м.н.с. Совместная научная работа по теме "Разработка системного программного обеспечения для объединения разнородных суперкомпьютеров в единую вычислительную систему", Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан), с 26.07.15 г. по 16.08.15 г.

68. Киреев С. Е. к.ф.-м.н., м.н.с. Совместная научная работа по теме "Разработка системного программного обеспечения для объединения разнородных суперкомпьютеров в единую вычислительную систему", Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан), с 26.07.15 г. по 16.08.15 г.

69. Щукин Г. А., инженер. Совместная научная работа по теме "Разработка системного программного обеспечения для объединения разнородных суперкомпьютеров в единую вычислительную систему", Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан), с 26.07.15 г. по 16.08.15 г.

70. Решетова Г. В., в.н.с. д.ф.-м.н. Научные исследования по численному моделированию, Казахско-британский технический университет, г. Алматы (Республика Казахстан), с 02.08.2015 г. по 06.08.2015 г.

71. Ильин В. П., г.н.с. Участие в Международной конференции "Вычислительные и информационные технологии-2015", г. Алматы (Республика Казахстан), с 23.09.2015 г. по 27.09.2015 г.

72. Скопин И. Н., с.н.с., д.ф.-м.н. Участие в Международной конференции "Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании", г. Алматы (Республика Казахстан), с 22.09.2015 г. по 04.10.2015 г.

73. Кабанихин С. И., директор, чл.-корр. РАН. Участие в Международной конференции "Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании", г. Алматы (Республика Казахстан), с 24.09.2015 г. по 04.10.2015 г.

74. Криворотько О. И., м.н.с., к.ф.-м.н. Участие в Международной конференции "Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании", г. Алматы (Республика Казахстан), с 24.09.2015 г. по 29.09.2015 г.

75. Городничев М. А., м.н.с. Совместная научная работа по проекту "Средства программирования высокопроизводительных облаков", Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, с 16.11.15 г. по 06.12.15 г.

76. Перепелкин В. А., м.н.с. Совместная научная работа по проекту "Средства программирования высокопроизводительных облаков", Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, с 16.11.15 г. по 06.12.15 г.

77. Киреев С. Е. к.ф.-м.н., м.н.с. Совместная научная работа по проекту "Средства программирования высокопроизводительных облаков", Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, с 16.11.15 г. по 06.12.15 г.

78. Щукин Г. А., инженер. Совместная научная работа по проекту "Средства программирования высокопроизводительных облаков", Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, с 16.11.15 г. по 06.12.15 г.

Кыргызская Республика

79. Токтошов Г. Ы., м.н.с. Организация и проведение 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), с 25.07.15 г. по 09.08.15 г.

80. Родионов А. С., зав. лаб., д.т.н. Участие в 11-й Международной Азиатской школе-семинаре "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), с 26.07.15 г. по 02.08.15 г.

81. Соколова О. Д., с.н.с., к.ф.-м.н. Участие в 11-й Международной Азиатской школе-семинаре "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), с 27.07.15 г. по 03.08.15 г.

82. Юргенсон А. Н., н.с. Участие в 11-й Международной Азиатской школе-семинаре "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), с 27.07.15 г. по 08.08.15 г.

83. Якименко А. А., м.н.с. Участие в 11-й Международной Азиатской школе-семинаре "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), с 26.07.15 г. по 08.08.15 г.

84. Ковалевский В. В., зам. директора по научной работе, д.т.н. Участие в 11-й Международной Азиатской школе-семинаре "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), с 27.07.15 г. по 06.08.15 г.

85. Лепнер Э. Ю., инженер. Участие в 11-й Международной Азиатской школе-семинаре "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), с 27.07.15 г. по 05.08.15 г.

86. Конин М. В., инженер. Участие в 11-й Международной Азиатской школе-семинаре "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), с 27.07.15 г. по 05.08.15 г.

Республика Узбекистан

87. Имомназаров Х. Х., в.н.с., д.ф.-м.н. Участие в школе-семинаре "Решение обратных задач", государственный университет г. Карши, Республика Узбекистан, с 09.02.15 г. по 26.02.2015 г.

88. Имомназаров Х. Х., в.н.с., д.ф.-м.н. Участие в республиканской Международной конференции с участием зарубежных ученых "Современные методы математической физики и их приложения", национальный университет Узбекистана им. Улукбека, г. Ташкент, Республика Узбекистан, с 13.04.15 г. по 23.04.2015 г.

89. Имомназаров Х. Х., в.н.с., д.ф.-м.н. Научная работа по теме "Математическое моделирование волновой динамики многофазных сред", Национальный университет Узбекистана им. Улугбека, г. Ташкент, Республика Узбекистан, с 28.07.2015 г. по 28.08.2015 г.

Республика Азербайджан

90. Михеева А. В., н.с. Участие в 10-й сейсмологической школе, г. Баку, Республика Азербайджан, с 13.09.2015 г. по 20.09.2015 г.

Прием зарубежных ученых и представителей фирм

В 2015 г. было принято 20 иностранных гостей:

1. Эмерик Лоуренс Эстебан АЙЕ, студент Колледжа высшего образования Лисэ Сэн Жозеф Ля Саль, г. Лорьян (Франция). Срок визита: 01.05.2015 г. – 04.07.2015 г. Цель визита: стажировка в лаборатории синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН.

2. Огюстин Мишель Рамонд ГУЖОН, студент Колледжа высшего образования Лисэ Сэн Жозеф Ля Саль, г. Лорьян (Франция). Срок визита: 01.05.2015 г. – 04.07.2015 г. Цель визита: стажировка в лаборатории синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН.

3. Пьера Мари БУЛВАР, студентка Института дэ Пан Пари Тэч, г. Париж (Франция). Срок визита: 05.05.2015 г. – 18.07.2015 г. Цель визита: стажировка в лаборатории математических задач геофизики ИВМиМГ СО РАН.

4. Назым БЕРДАЛИЕВА, студентка Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан). Срок визита: 03.07.2015 г. – 10.07.2015 г. Цель визита: участие в летней школе по параллельному программированию, проводимой лабораторией синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН.

5. Беимбет ДАРИБАЕВ, преподаватель Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан). Срок визита: 03.07.2015 г. – 10.07.2015 г. Цель визита: участие в летней школе по параллельному программированию, проводимой лабораторией синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН.

6. Данил ЛЕБЕДЕВ, докторант PhD Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан). Срок визита: 03.07.2015 г. – 10.07.2015 г. Цель визита: участие в летней школе по параллельному программированию, проводимой лабораторией синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН.

7. Арман МАЙДАНОВ, студент Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан). Срок визита: 03.07.2015 г. – 10.07.2015 г. Цель визита: участие в летней школе по параллельному программированию, проводимой лабораторией синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН.

8. Айгерим МУСИНА, студентка, Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан). Срок визита: 03.07.2015 г. – 10.07.2015 г. Цель визита: участие в летней школе по параллельному программированию, проводимой лабораторией синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН.

9. Ибрагим РАМАЗАНОВ, студент Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан). Срок визита: 03.07.2015 г. – 10.07.2015 г. Цель визита: участие в летней школе по параллельному программированию, проводимой лабораторией синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН.

10. Акманат САДЫКОВА, студентка Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан). Срок визита: 03.07.2015 г. – 10.07.2015 г. Цель визита: участие в летней школе по параллельному программированию, проводимой лабораторией синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН.

11. Михаил ШКОРИН, студент Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы (Республика Казахстан). Срок визита: 03.07.2015 г. – 10.07.2015 г. Цель визита:

участие в летней школе по параллельному программированию, проводимой лабораторией синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН.

12. Адель МАРТЬЕ, студентка Института связи, г. Париж, Франция. Срок визита: 27.07.2015 г. –27.08.2015 г. Цель визита: прохождение стажировки в лаборатории математических задач геофизики ИВМиМГ СО РАН.

13. Кузум ДИИП, профессор Индийского технологического института г. Руркии (Индия). Срок визита: 14.09.2015 г. – 18.09.2015 г. Цель визита: обсуждение совместных работ по проекту РФФИ 14-01-92694-Инд-а "Гибридные биоинспирированные алгоритмы для оптимизационных задач в финансовой математике" в лаборатории системного моделирования.

14. Милли ПЭНТ, профессор Индийского технологического института г. Руркии (Индия). Срок визита: 14.09.2015 г. – 18.09.2015 г. Цель визита: обсуждение совместных работ по проекту РФФИ 14-01-92694-Инд-а "Гибридные биоинспирированные алгоритмы для оптимизационных задач в финансовой математике" в лаборатории системного моделирования.

15. Леопольд Томас Генри ПРАЙС, студент университета Бирмингема (Великобритания). Срок визита: 19.10.2015 г. – 30.07.2017 г. Цель визита: обучение по магистерской программе НГУ "Теория вероятности и математическая статистика". Ответственный за курс первого семестра (с 19.10.2015 г. по 01.02.2016 г.) ведущий научный сотрудник лаборатории стохастических задач д.ф.-м.н. Войтишек А. В.

16. Ван СЯОТУН, инженер, провинция Чжецзян, г. Шень Чжоу, Чанлэ таун (Китай). Срок визита: 19.10.2015 г. – 30.07.2017 г. Цель визита: обучение по магистерской программе НГУ "Обратные и некорректные задачи: теория, численные методы и приложения". Ответственный за курс первого семестра (с 19.10.2015 г. по 01.02.2016г.) старший научный сотрудник лаборатории математических задач геофизики к.ф.-м.н. Шишленин М. А.

17. Мухаммад ТАЛХА МИРЗА, студент университета Карачи, г. Карачи (Пакистан). Срок визита: 01.11.2015 г. – 30.07.2017 г. Цель визита: обучение по магистерской программе НГУ "Теория вероятности и математическая статистика". Ответственный за курс первого семестра (с 19.10.2015 г. по 01.02.2016 г.) ведущий научный сотрудник лаборатории стохастических задач д.ф.-м.н. Войтишек А. В.

18. Изатулла МУХАММАД, инженер фирмы "LEAP ENERGY PARTNERS", г. Куала-Лумпур (Малайзия). Срок визита: 23.11.2015 г. – 01.09.2017 г. Цель визита: обучение по магистерской программе НГУ "Обратные и некорректные задачи: теория, численные методы и приложения". Ответственный за курс первого семестра (с 23.11.2015 г. по 01.02.2016 г.) старший научный сотрудник лаборатории математических задач геофизики к.ф.-м.н. Шишленин М. А.

19. Казизат ИСКАКОВ, д.ф.-м.н., профессор Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, г. Астана (Республика Казахстан). Срок визита: 30.11.2015 г. – 05.12.2015 г. Цель визита: обсуждение планов совместных работ по методам решения обратных задач.

20. Зарина ХАСЕНОВА, докторант Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, г. Астана (Республика Казахстан). Срок визита: 30.11.2015 г. – 05.12.2015 г. Цель визита: обсуждение планов совместных работ по методам решения обратных задач.

Важнейшие результаты научных исследований в 2015 г.

Приоритетное направление 1.2 Вычислительная математика

Программа 1.2.1 "Вычислительные методы в задачах естествознания"

1. Математическое моделирование многомерных задач сейсмологии и сейсморазведки на многопроцессорных ЭВМ.

Д.ф-м.н. акад. РАН Коновалов А. Н., д.ф-м.н. Сорокин С. Б.

Математическое моделирование задач сейсмологии и сейсморазведки основано на разработке и обосновании экономичных численных методов построения теоретических сейсмограмм: расчет поля скоростей, деформаций и напряжений упругого и термоупругого тела, связанных с граничными воздействиями.

Для динамических задач линейной теории упругости построены и обоснованы оптимальные явно разрешимые дискретные (сеточные) модели с контролируемым дисбалансом полной механической энергии и максимально возможной степенью параллелизма.

Для сопряженно-операторной модели задачи теплопроводности построена и обоснована новая разностная схема второго порядка точности на неравномерной несогласованной сетке для переменных параметров среды (в том числе разрывных).

Результаты исследований опубликованы в работах:

1. Коновалов А. Н. Полностью консервативные разностные схемы для динамических задач линейной задачи теории упругости и вязкоупругости // Дифференциальные уравнения. 2013. Т. 49, № 7. С. 885–896.

2. Коновалов А. Н., Попов Ю. П. Оптимальные явно разрешимые дискретные модели с контролируемым дисбалансом полной механической энергии для динамических задач линейной теории упругости // Сибирский математический журнал. 2015. Т. 56, № 5. С. 1092–1999.

3. Sorokin S. B. Justification of a discrete analog of the conjugate-operator model of the heat conduction problem // Journal of Applied and Industrial Mathematics. 2015. Vol. 9, N 1. P. 119–131. Translated from: Сибирский журнал индустриальной математики. 2014. Т 17, № 4(60). С. 98–110.

4. Sorokin S. B. Discrete analog of conjugate-operator model of problem of heat conductivity on non-matching grids // Proc. of the 4th China-Russian conference on numerical algebra with applications. Rostov-on-Don: Southern Federal University Publ., 2015. P. 59–64.

Результаты работы докладывались на конференциях:

1. Международная научная конференция "Методы создания, исследования и идентификации математических моделей", посвященная 85-летию со дня рождения акад. А. С. Алексеева, Новосибирск, 10–13 октября 2013 г.

2. 2-я Международная конференция "Суперкомпьютерные технологии математического моделирования", Якутск, 8–11 июля 2013 г.

3. 6-я Всероссийская конференция "Актуальные проблемы прикладной математики и механики", посвященная памяти акад. А. Ф. Сидорова.

4. Всероссийская школа-конференция молодых исследователей, Новороссийск, Абрау-Дюрсо, 11–20 сентября 2013 г.

5. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной математики и математического моделирования", Новосибирск, 9–11 июня 2014 г.

6. Международная конференция "Современные проблемы вычислительной математики и математической физики", Москва, 16–17 июня 2014 г.

7. Юбилейная конференция, посвященная 85-летию С. К. Годунова, Новосибирск, 17–18 июля 2014 г.

8. Международная конференция "Сеточные методы для краевых задач и приложения", Казань, 22–26 сентября 2014 г.

9. The China-Russia conference on numerical algebra with applications (CRC-NAA'15), Rostov-on-Don, June 26–29, 2015.

10. 16-я Всероссийская конференция-школа молодых исследователей "Современные проблемы математического моделирования", Новороссийск, 14–19 сентября 2015 г.

11. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", посвященная 90-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.

12. 7-я Международная молодежная научная школа-конференция "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", посвященная 90-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.

2. Рандомизированный проекционный метод оценки угловых распределений поляризованного излучения на основе численного статистического моделирования.

Чл.-корр. РАН Михайлов Г. А., к.ф.-м.н. Трачева Н. В., д.ф.-м.н. Ухинов С. А.

Разработан алгоритм метода Монте-Карло для исследования интенсивности прошедшего через слой вещества излучения на основе разложения плотности соответствующего углового распределения по полиномам, ортонормированным с ламбертовским весом. Оптимизация алгоритма осуществляется по критерию трудоемкости вычислений. Разработанный алгоритм позволяет достаточно точно оценить даже малое влияние поляризации, а также отклонение изучаемого углового распределения от ламбертовского.

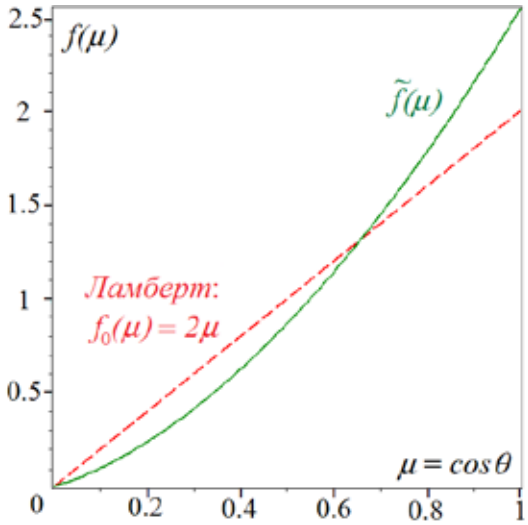


Рис. 1. Проекционная оценка $\tilde{f}(\mu)$ плотности углового распределения квантов, прошедших оптически толстый слой вещества ($\tau = 20$), в сравнении с плотностью распределения Ламберта

Результаты исследований опубликованы в работах:

1. Михайлов Г. А., Трачева Н. В., Ухинов С. А. Алгоритм метода Монте-Карло для оценки углового распределения рассеянного поляризованного излучения на основе ортогонального разложения // Доклады Академии наук. 2015. Т. 464, № 4. С. 401–405. DOI: 10.7868/S0869565215280063.

2. Михайлов Г. А., Трачева Н. В., Ухинов С. А. Рандомизированный проекционный метод для оценки угловых распределений поляризованного излучения на основе численного статистического моделирования // ЖВМиМФ (в печати).

Результаты работы докладывались на конференциях:

1. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.

2. 8th International workshop on simulation, Vienna (Austria), September 21–25, 2015.

3. Стохастическая модель и алгоритмы моделирования процессов аннигиляции электронно-дырочных пар с учетом пространственных флуктуаций и наличия центров рекомбинации.

Д.ф.-м.н. Сабельфельд К. К., к.ф.-м.н. Киреева А. А., к.ф.-м.н. Левыкин А. И.

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 за счет как туннелирования, так и диффузии с учетом нерадиационных рекомбинаций в дефектах. Проведена серия численных экспериментов, детально изучен обнаруженный авторами эффект кластеризации, получены оценки квантовой эффективности на основе решения стационарной задачи с источником электронно-дырочных пар.

Результаты исследований опубликованы в работах:

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 // J. Math. Chemistry. 2015. Vol. 53, iss. 2. P. 651–669.

2. Sabelfeld K., Levykin A., Kireeva A. Stochastic simulation of fluctuation-induced reaction-diffusion kinetics governed by Smoluchowski equations // Monte Carlo Methods Appl. 2015. N 21(1). P. 33–48.

3. Kireeva A. E., Sabelfeld K. K. Cellular automata model of electrons and holes annihilation in an inhomogeneous semiconductor // Lect. Notes in Comput. Sci. 2015. 9251. P. 191–200.

Результаты исследований представлены на международных конференциях:

1. The 10th IMACS seminar on Monte Carlo methods, Linz (Austria), July 6–11, 2015. Invited talk.

2. The 13th International conference on parallel computing technologies, Petrazavodsk, August 31 – September 4, 2015.

3. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. Пленарный доклад.

4. International conference on communication systems and computing application science "CSCAS 2015", Jeju Island (South Korea), May 16–17, 2015.

Данная работа получила поддержку Российского научного фонда (грант 14-11-00083).

4. Новая двухтемпературная модель фильтрационного горения газа.

Д.ф-м.н. Лаевский Ю. М., Кандрюкова Т. А.

Новая математическая модель фильтрационного горения газа (распространение фронта экзотермической реакции горючего газа в химически инертной пористой среде) основана на системе уравнений первого порядка в терминах "температура каркаса – тепловой поток

в каркасе", "полная газовая энтальпия – поток энтальпии", "масса недостающего компонента горючей смеси – поток массы". Фактически, используется так называемая смешанная формулировка с последующей аппроксимацией смешанным методом конечных элементов. Такой подход позволит обеспечить точное выполнение сеточных законов сохранения, что чрезвычайно важно для данного класса задач. В рамках этой модели удалось указать устойчивый способ определения мгновенной скорости фронта горения.

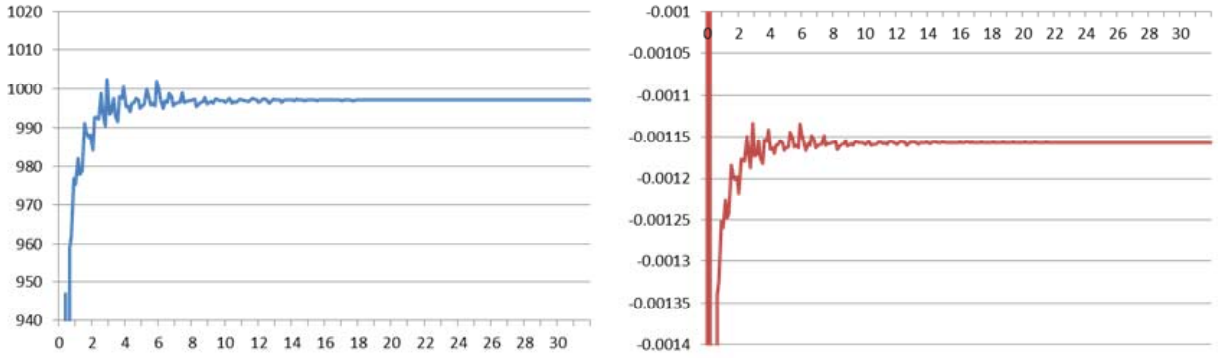


Рис. 1. Равновесная температура пористой среды (слева) и скорость распространения фронта горения (справа). Выход на стационарное движение фронта

Результаты исследований опубликованы в работе

Кандрюкова Т. А., Лаевский Ю. М. О некоторых подходах к моделированию фильтрационного горения газа // СибЖИМ. 2015. Т. 18, № 4. С. 49–60.

Результаты работы докладывались на конференции

Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), посвященной 90-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.

Приоритетное направление 1.3 Математическое моделирование

Программа 1.3.1 "Математическое моделирование и разработка новых численных методов в задачах геофизики, физики океана и атмосферы, и охраны окружающей среды".

1. Вариационные методы усвоения данных мониторинга качества атмосферы.

К.ф.-м.н. Пененко А. В., д.ф.-м.н. Пененко В. В.

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.

Результаты исследований опубликованы в работах:

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.

Результаты работы докладывались на конференциях:

1. Конгресс Европейского геофизического союза "EGU-2015", Вена (Австрия).
2. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск.

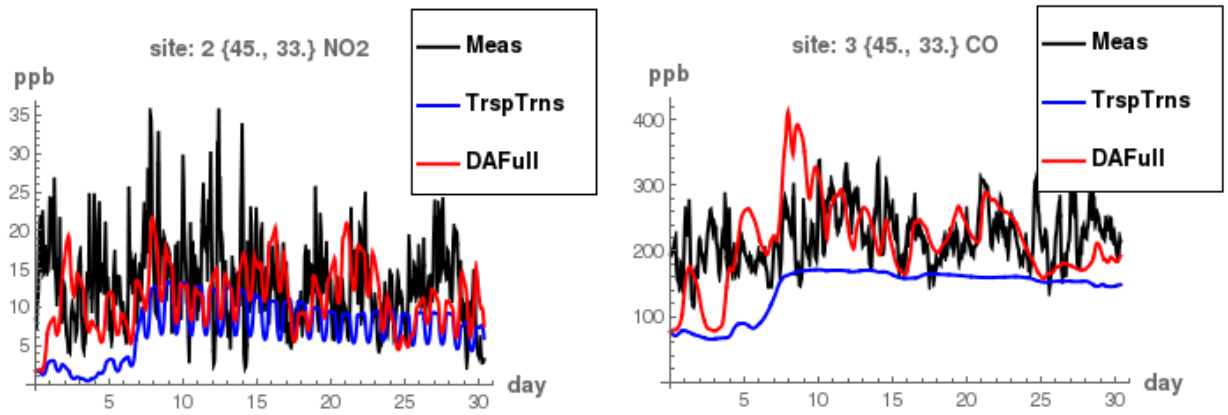


Рис. 3. Сравнение прогноза элементов химической погоды NO_2 (слева) и CO (справа) на 30 дней, выполненного без усвоения данных (синие линии) и с усвоением реальных данных из международной системы Airbase (красные линии). Черные линии – реальные данные на станциях. Моделирование выполняется при условиях, что известна только априорная оценка начального состояния и полностью отсутствуют данные об источниках эмиссии примесей

2. Оценка баланса пресной воды в Северном Ледовитом океане.

Д.ф.-м.н. Кузин В. И., д.ф.-м.н. Платов Г. А., Лаптева Н. А.

Представлены результаты моделирования распространения аномалий пресной воды от сибирских рек в XXI в. 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 в. 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 роль аномалий пресной воды становится наиболее важной 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.

Результаты исследований опубликованы в работах:

1. Kuzin V. I., Lapteva N. A. Modeling of the river discharge from the Lena River basin // Proc. SPIE. 9292, the 20th International symposium on atmospheric and ocean optics: Atmospheric physics, November 25, 2014. 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.

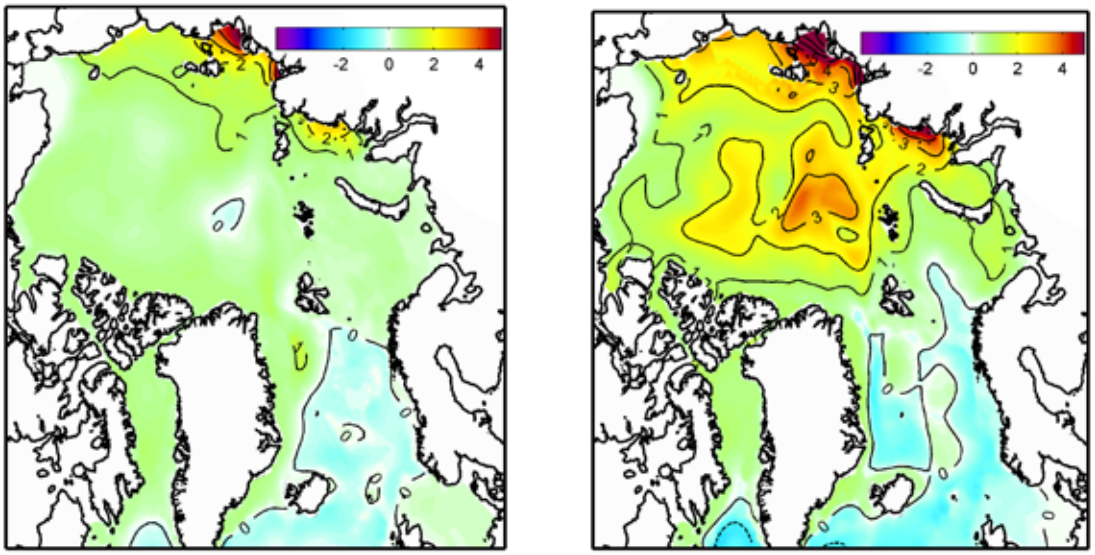


Рис. 4. Распределение аномалий пресной воды в Арктике в XXI в. по отношению к современному климату: в периоды преобладания циклонической циркуляции вод СЛО (слева), антициклонической циркуляции (справа)

3. Кузин В. И., Платов Г. А., Лаптева Н. А. Оценка влияния межгодовой изменчивости стока Сибирских рек на циркуляцию Северного Ледовитого океана // Известия РАН. ФАО. 2015. Т. 51. № 4. С. 437–447.

4. Кузин В. И., Лаптева Н. А. Расчеты стока рек Сибири в XXI веке // Труды Междунар. конгр. "Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015"; Материалы Междунар. науч. конф. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология": Т. 1. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 170–174.

5. Кузин В. И., Платов Г. А., Лаптева Н. А. Влияние стока Сибирских рек в XXI веке на баланс пресной воды в Северном Ледовитом океане // Материалы Междунар. конф. "CITES-2015", Томск, 26–30 июня 2015 г. С. 63–65.

6. Кузин В. И., Платов Г. А., Лаптева Н. А. Сток сибирских рек в XXI веке и баланс пресной воды в Арктическом океане // Сб. статей "Экология, экономика, информатика". Т. 2. Ростов-н/Д.: Изд-во Южного федерального университета, 2015. С. 595–600.

3. Верификация численного метода для определения параметров очага цунами по характеристикам регистрируемых волн в удаленных пунктах наблюдения.

К.ф.-м.н. Воронина Т. А.

Путем численного моделирования на созданном комплексе программ выполнена верификация метода восстановления очага цунами на примере цунамигенного события, произошедшего 06.02.2013 вблизи Соломоновых островов. Применение предложенного ранее оригинального алгоритма решения обратной некорректной задачи для восстановления начальной формы волны цунами в области источника по измерениям колебаний уровня свободной поверхности, обусловленных пришедшей волной в серии удаленных приемников, в условиях реальной батиметрии и натурных данных подтвердило эффективность метода по преодолению численной неустойчивости, а также возможность оценки эффективности и достаточности системы наблюдения для восстановления формы источника цунами. Последнее может быть использовано при проектировании системы уровенных наблюдений в океане.

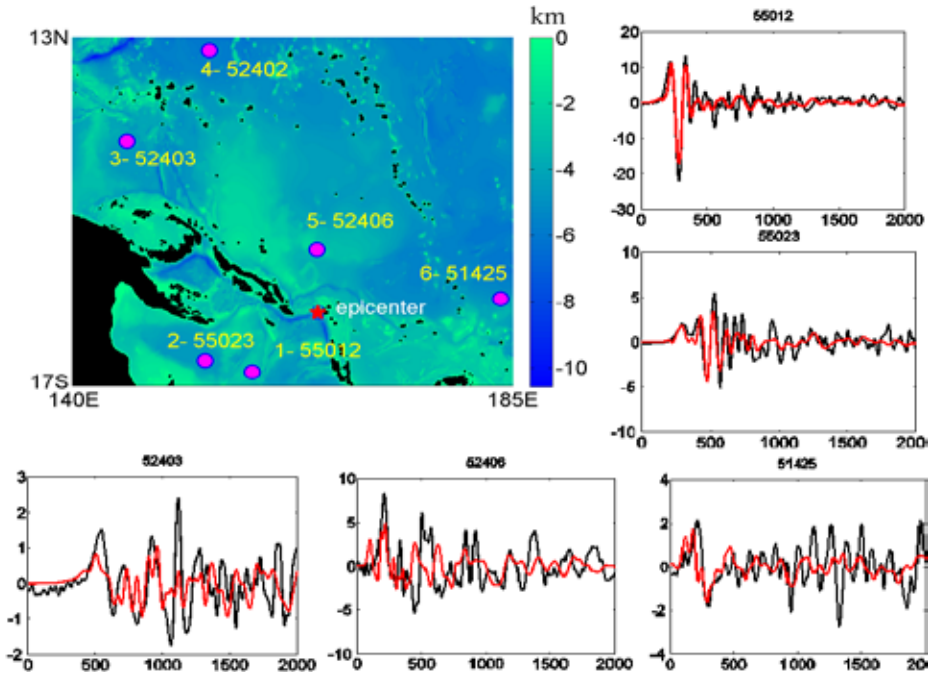


Рис. 5. Область моделирования (красная звездочка – эпицентр, лиловые окружности – глубоководные регистраторы). Сравнение мареограм, полученных в результате наблюдений (черная линия) и вычисленных от восстановленного источника в тех же приемниках (красная линия) для цунами 2013 г. вблизи Соломоновых островов

Результаты исследований опубликованы в работах:

1. Voronin V. V., Voronina T. A., Tcheverda V. A. Inversion method for initial tsunami waveform reconstruction// Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2015. V. 15. P. 1251–1263.

2. Voronina T., Romanenko A. Application of the r-solution method to 2013 Solomon Islands tsunami initial waveform inversion // Pure & Applied Geophysics (в печати).

Результаты работы докладывались на конференции

26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), Прага (Чехия), 22 июня – 2июля 2015 г.

4. Новый алгоритм нечеткой контролируемой классификации по методу Вонга в обработке данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

К.т.н. Бучнев А. А.

Предложен новый алгоритм нечеткой контролируемой классификации по методу Вонга в обработке данных ДЗЗ. Вонг изменил традиционный метод максимального правдоподобия путем предварительного вычисления нечетких сигнатур классов – нечетких векторов средних и нечетких ковариационных матриц. Затем степени нечеткого членства векторов в классах вычисляются путем применения к векторам процедуры максимального правдоподобия, использующей построенные нечеткие сигнатуры классов. В общем случае метод Вонга требует априорных знаний о членствах в классах векторов из обучающих выборок. В нашем алгоритме для этого используются выходные данные нечеткой кластеризации методом С-средних.

Результаты исследований опубликованы в работе

Бучнев А. А., Пяткин В. П. Нечеткая контролируемая классификация данных дистанционного зондирования Земли // Труды 11-го Междунар. науч. конгр. и выставки "Интерэкспо

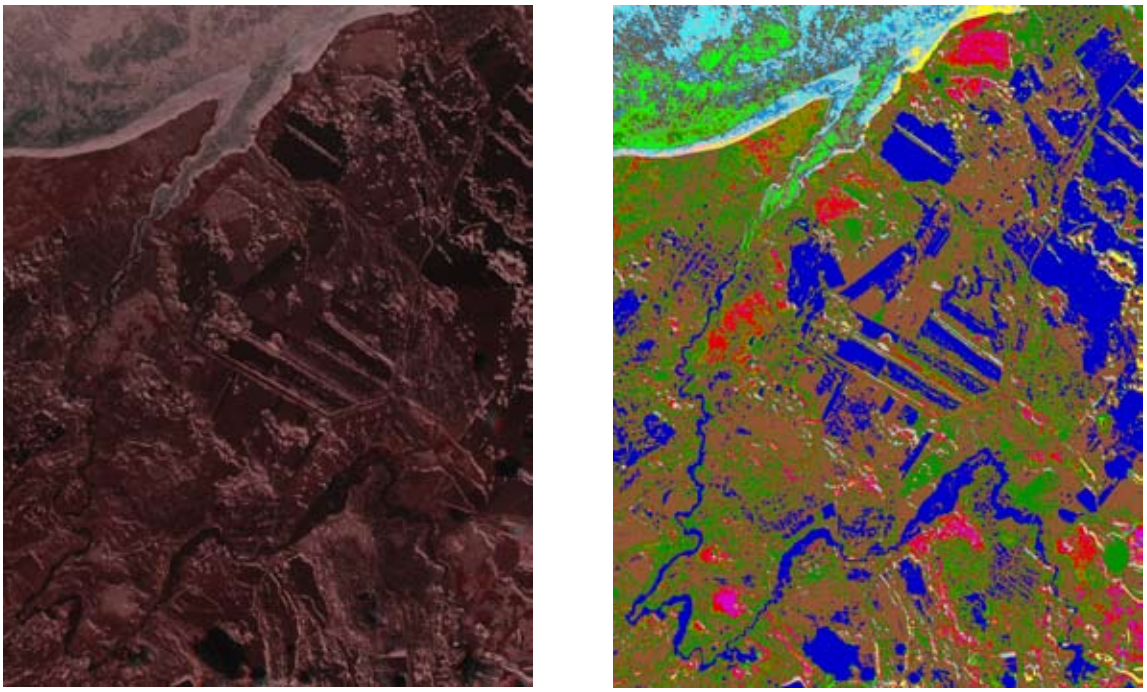


Рис. 6. Водно-ледовая обстановка на реке Мильтюш (впадает в Обское водохранилище в районе с. Бурмистрово); апрель 2015 г., изображение ИСЗ "Канопус" (разрешение 10 м) (*а*); результат нечеткой классификации, выделялось 12 классов (*б*)

ГЕО-Сибирь-2015", Т. 2. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г. С. 67–70.

Результаты исследований докладывались на 11-м Международном научном конгрессе и выставке "ИНТЕРЭКСПО ГЕО-Сибирь-2014", Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г.

5. Методы кумулятивного уточнения границ для различных показателей сетевой надежности и их применение для структурной оптимизации сетей.

Д.т.н. Родионов А. С., к.ф.-м.н. Мигов Д. А., Нечунаева К. А.

Разработаны методы кумулятивного уточнения границ различных показателей надежности сети для скорейшего принятия решения о ее достаточной надежности/ненадежности по отношению к наперед заданному порогу. Данный подход был предложен в 2010 г. (J.-M. Won, F. Karray) и в настоящее время является одним из наиболее значимых результатов в области анализа сетевой надежности. Суть метода состоит в обновлении значений границ надежности исходной сети в процессе факторизации при получении значений надежности для очередных оконечных графов. Оценивание может продолжаться вплоть до получения точного значения, когда границы сходятся.

Получены подобные методы для следующих показателей надежности сетей: вероятность связности, вероятность связности с ограничением на диаметр, средняя вероятность связности пары вершин. На рис. 7 представлены границы ожидаемого числа разорванных пар случайного графа (эквивалентно нахождению средней вероятности связности пары вершин) для решетки 4×4 и вероятности присутствия ребра 0,9. По оси абсцисс – номер итерации.

На основе методов кумулятивного уточнения границ надежности предложен генетический метод структурной оптимизации сети по критерию надежности. Разработаны модифицированные операторы генетического алгоритма, скрещивание и мутация, позволяющие

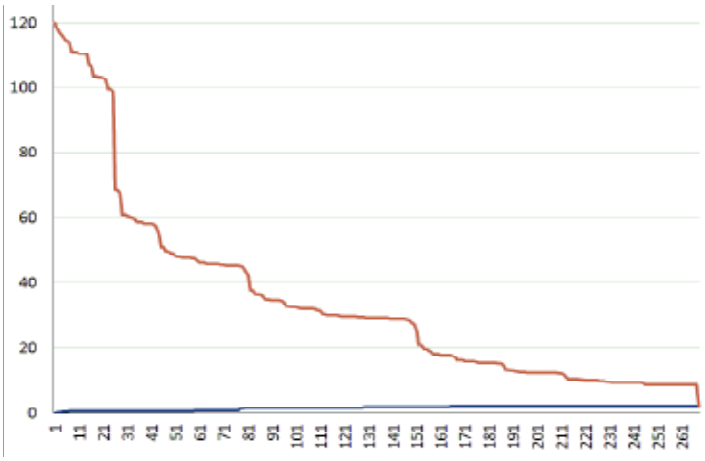


Рис. 7. Сходимость оценок числа несвязных пар вершин случайного графа

прекратить расчет функции пригодности для новых особей за счет кумулятивных оценок и отбросить непригодные индивидуумы на более раннем этапе работы алгоритма, что значительно ускорило его работу.

Результаты исследований опубликованы в работах:

1. Migov D., Nesterov S. Methods of speeding up of diameter constrained network reliability calculation // Springer Lecture Notes in Computer Science (in ICCSA 2015, pt. 2). 2015. Vol. 9156. P. 121–133.

2. Nechunaeva K., Migov D. Speeding up of genetic algorithm for network topology optimization with use of cumulative updating of network reliability // Proc. 9th Intern. conf. on ubiquitous information management and communication "ACM IMCOM 2015", Bali (Indonesia), 2015. ACM New York (USA), 2015. ISBN 978-1-4503-3377-1. Article N 42.

3. Nechunaeva K. Using modified and original genetic algorithms for reliability-based structural network optimization // Abst. of the Intern. conf. "Advanced mathematics, computations and applications 2014". Novosibirsk, 2014. P. 68.

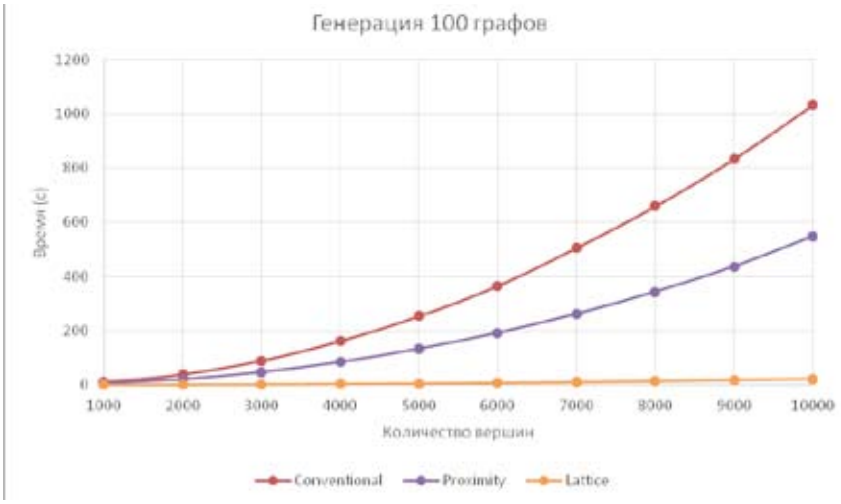
4. Migov D. Methods for reliability analysis of diameter constrained networks // Proc. of the Intern. conf. on foundations of computational mathematics "FoCM 2014", Montevideo (Uruguay), 2014. P. 47–48.

5. Rodionov A. Using structural peculiarities of random graphs for faster estimation of an average pairwise connectivity // Тез. Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 2014. С. 68.

6. Генератор псевдо-случайных UDG-графов (Unit Disk Graphs) для повышения эффективности имитационного моделирования современных беспроводных сетей.

К.ф.-м.н. Юргенсон А. Н., к.т.н. Соколова О. Д., к.ф.-м.н. Шахов В. В.

Разработан эффективный метод генерации псевдослучайных UDG-графов с наперед заданными свойствами, предназначенный для повышения эффективности имитационного моделирования беспроводных технологий (беспроводных сенсорных сетей, ad hoc-сетей, когнитивного радио и др.), использующий UDG-графы в качестве математической модели топологии сети передачи данных. В основе подхода лежит разбиение области покрытия сети на подобласти, площадь которых зависит от радиуса передачи узла, и процедуры распределения сенсоров по подобластям, гарантирующей выполнение заданных свойств топологии. Предложенный генератор превосходит существующие аналоги как по производительности, так и по качеству генерируемых топологий, что позволяет более эффективно моделировать сети и проводить их анализ, например, на результат действия атак на беспроводную сеть.



Результаты исследований опубликованы в работе

Shakhov V., Sokolova O., Yurgenson A. A fast method for network topology generating // Springer, Lecture Notes in Computer Science. 2014. Vol. 8715. P. 96–101.

Результаты работы докладывались на конференциях:

1. 10-я Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", Киргизия, июль 2015 г.

2. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики-2015", посвященная 90-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука (AMCA-2015), Новосибирск.

7. Параллельные алгоритмы эволюционного синтеза больших циркулянтных сетей с реализацией на суперЭВМ.

К.т.н. Монахов О. Г., к.т.н. Монахова Э. А.

Рассмотрена задача построения больших циркулянтных сетей, т. е. циркулянтных сетей (графов, структур), имеющих наибольшее число вершин при заданных степени вершин и диаметре. Данная задача является вариантом известной классической задачи Degree/Diameter problem. Для решения поставленной задачи предложен параллельный алгоритм эволюционного синтеза таких циркулянтных сетей. Проведены вычислительные эксперименты на суперкомпьютерных центрах ССКЦ и НГУ, получено линейное ускорение предложенного алгоритма с коэффициентом эффективности 0,93. Найдены новые циркулянтные сети, улучшающие порядки самых больших циркулянтов из таблицы рекордных значений в 28 случаях из 63 для разных степеней и диаметров, которые известны в настоящее время по зарубежным источникам (http://combinatoricswiki.org/wiki/The_Degree_Diameter_Problem_for_Circulant_Graphs).

Результаты исследований опубликованы в работе

Монахова Э. А., Монахов О. Г. Поиск больших циркулянтных графов с использованием параллельного генетического алгоритма // Дискретный анализ и исследование операций. 2015. Т. 22, № 6. С. 29–39.

Результаты работы докладывались на Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 2015.

Приоритетное направление 1.4 Высокопроизводительные вычисления

Программа 1.4.1 "Математическое моделирование с использованием параллельных и распределенных вычислений".

1. Расчет потенциала проводящего тела в гармоническом по времени магнитном поле.

К.ф.-м.н. Савченко А. О.

Предложен численный метод определения векторного потенциала внутри проводника во внешнем магнитном поле, гармонически изменяющемся по времени в квазистационарном приближении. Задача сводится к решению уравнения Гельмгольца в проводящем теле при условии, что нормальная составляющая правой части уравнения на поверхности проводника равна нулю. Для решения исходной задачи предложен итерационный метод, в котором сначала находится распределение поверхностного заряда, обеспечивающего выполнение граничного условия для векторного потенциала на поверхности проводника, затем – последующее приближение для векторного потенциала путем решения уравнения Пуассона. Метод иллюстрируется численными экспериментами.

Результаты исследований опубликованы в работах:

1. Савченко А. О., Савченко О. Я. Проводящее тело в переменном магнитном поле // ЖТФ. 2015. Т. 85, вып. 7. С. 8–12.

2. Savchenko A. Conducting body in a varying magnetic field // Proc. of the Intern. conf. "Computer technologies in physical and engineering applications" (ICCTPEA), St. Petersburg, 30 June – 4 July, 2014. P. 156–157.

Результаты работы докладывались на конференциях:

1. International conference "Computer technologies in physical and engineering applications" (ICCTPEA), St. Petersburg, 30 June – 4 July 2014.

2. 20-я Всероссийская конференция "Теоретические основы и конструирование численных алгоритмов решения задач математической физики", Абрау-Дюрсо, 15–21 сентября 2014 г.

Лаборатория методов Монте-Карло

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. Рогазинский С. В.

Важнейшие достижения

Разработан новый алгоритм метода Монте-Карло для исследования интенсивности излучения, прошедшего через слой вещества, на основе разложения плотности соответствующего углового распределения по полиномам, ортонормированным с "ламбертовским" весом $p(\mu) = 2\mu$. Оптимизация алгоритма осуществляется по критерию трудоемкости вычислений на суперЭВМ. Разработанный алгоритм позволяет достаточно точно оценить даже малое влияние поляризации, а также отклонение реального углового распределения от обычно предполагаемого распределения Ламберта.

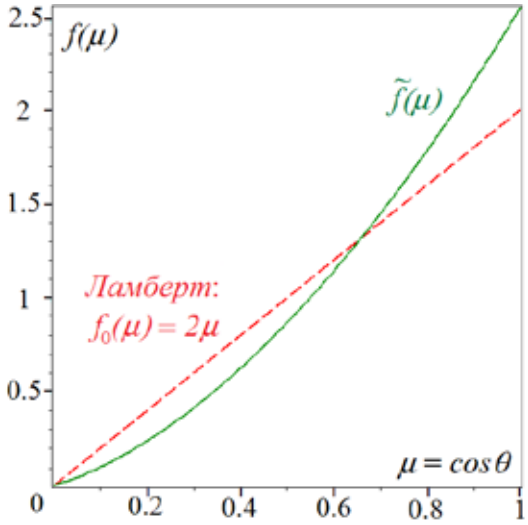


Рис. 1. Проекционная оценка $\widetilde{f}(\mu)$ плотности углового распределения квантов, прошедших оптически толстый слой вещества ($\tau = 20$), в сравнении с плотностью распределения Ламберта

Чл.-корр. РАН Михайлов Г.А., к.ф.-м.н. Трачева Н. В., д.ф.-м.н. Ухинов С. А.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.2.1.2. "Разработка алгоритмов статистического моделирования для суперкомпьютерного решения задач математической физики, а также индустриальной математики".

Номер государственной регистрации НИР 01201370225.

Научный руководитель – чл.-корр. РАН Михайлов Г. А.

Разработаны новые алгоритмы статистического моделирования переноса излучения для исследования влияния вариации параметров и стохастичности радиационной модели.

Построены новые алгоритмы статистического моделирования переноса излучения через стохастические среды. Для этого разработана специальная геометрическая реализация "метода максимального сечения", позволяющая учитывать поглощение излучения весовым экспоненциальным множителем. Построены асимптотические по размеру среды оценки параметров осредненной радиационной модели, воспроизводящей осредненную по реализациям среды вероятность прохождения. Использованный в работе специальный распределительный способ реализации псевдослучайных чисел позволяет провести сравнительный анализ результатов моделирования на основе соответствующего коррелирования статистических оценок.

Разработан рандомизированный проекционный метод оценки угловых распределений поляризованного излучения на основе численного статистического моделирования, осуществлена его параллельная реализация на многопроцессорных вычислительных системах.

Для моделирования свободного пробега частицы в столкновительной модели процесса переноса с учетом ускорения внешним силовым полем с дискретным временным шагом построена новая конструктивная оценка соответствующей детерминированной относительной погрешности, которая позволяет выбрать подходящий временной шаг. Стандартные статистические локальные оценки плотности потока частиц являются смещенными вследствие зануления вкладов от столкновений в локальном шаре малого радиуса для ограничения дисперсии. Для этого случая 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.

Построена модификация весового статистического моделирования для приближенного решения нелинейного кинетического уравнения Больцмана. В случае, когда вспомогательный вес превосходит единицу, реализуется рандомизированное ветвление траектории модельного ансамбля частиц или соответствующее его расширение.

Для оценки линейных функционалов от решения кинетического уравнения Смолуховского с двухпараметрическими коэффициентами коагуляции разработаны новые весовые алгоритмы статистического моделирования. Для уменьшения трудоемкости алгоритмов предложен способ выбора параметров, используемых в модельных плотностях для моделирования динамики многочастичной системы с помощью цепей Маркова.

Для функциональных алгоритмов с различными типами стохастических оценок в узлах разработаны подходы к построению верхних границ погрешностей в метрике пространства **C**, учитывающие степень зависимости оценок. Кроме того, существует универсальный подход, применимый при любой степени зависимости стохастических оценок. Построенная верхняя граница погрешности функционального алгоритма используется при выборе условно-оптимальных значений параметров, таких как число узлов сетки и объем выборки. Оптимальность выбираемых параметров напрямую зависит от точности используемой верхней границы погрешности. Проведено сравнение универсального подхода и подходов, учитывающих степень зависимости оценок.

Метод прямого статистического моделирования (ПСМ) в настоящее время широко применяется для решения задач динамики разреженного газа. При решении стационарных задач особенностью метода является использование зависимых выборочных значений случайных величин при вычислении макропараметров течения газа. Предложен новый комбинированный подход к оцениванию статистической погрешности метода, который практически не требует дополнительных вычислений и применим при любой степени вероятностной зависимости выборочных значений. Проведен теоретический и численный анализ особенностей предложенного подхода. Тестирование выполнено на примерах классической задачи Фурье и задачи о сверхзвуковом течении потока разреженного газа сквозь проницаемую преграду.

Построены новые весовые алгоритмы метода Монте-Карло с ветвлением (расщеплением) траектории в случае, когда значение очередного весового множителя превосходит

единицу. Исследована эффективность предложенных алгоритмов на примере метода подобных траекторий.

Разработан алгоритм для реализации на суперЭВМ статистического моделирования оптических явлений в облачном слое с использованием метода подобных траекторий.

Рассмотрена упрощенная модель процессов молекулярно-генетических взаимодействий, происходящих при репродукции вируса гепатита С в клетке. Разработаны математические модели и алгоритмы метода Монте-Карло для компьютерного моделирования упрощенного процесса. Математическое моделирование позволяет вычислить распределение концентраций компонент процесса в заданный момент времени.

Результаты работ по проектам РФФИ

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.

Численное статистическое моделирование свободного пробега частицы для столкновительной модели процесса переноса с учетом ускорения внешним силовым полем реализуется шагами по времени; разработана новая конструктивная оценка соответствующей детерминированной относительной погрешности, которая позволяет выбрать подходящую величину временно́го шага.

Разработан алгоритм метода Монте-Карло для оценки углового распределения рассеянного поляризованного излучения на основе ортогонального разложения с ламбертовским весом. Это позволяет достаточно точно оценить даже малое влияние поляризации, а также отклонение реального углового распределения от обычно предполагаемого распределения Ламберта.

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: задача построения реалистических моделей случайных сред и общая задача минимаксной оптимизации весового метода зависимых испытаний, в котором используются производные Радона – Никодима физических вероятностных мер по вспомогательной вероятностной мере.

Разработана новая модификация весового статистического моделирования для приближенного решения нелинейного кинетического уравнения Больцмана. В построенном алгоритме, когда вспомогательный вес превосходит единицу, реализуется рандомизированное ветвление траектории модельного ансамбля частиц или соответствующее его расширение.

На основе разработанных в 2014 г. алгоритмов создана компьютерная программа для статистического моделирования процессов переноса линейно поляризованного излучения терагерцового диапазона. В связи со значительной вычислительной трудоемкостью выполнено распараллеливание вычисления с помощью библиотеки PARMONC.

Проект РФФИ № 13-01-00746-а "Разработка комплекса параллельно реализуемых весовых алгоритмов статистического моделирования для численного исследования течений химически реагирующих газов, включая процессы горения и образования наночастиц".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Рогазинский С. В.

Построена модификация весового статистического моделирования для приближенного решения нелинейного кинетического уравнения Больцмана. В разработанном алгоритме вспомогательный вес после каждого элементарного перехода в марковской модели эволюции ансамбля взаимодействующих частиц умножается на отношение соответствующих значений физической и моделируемой переходных плотностей. С увеличением количества частиц в ансамбле число таких переходов увеличивается, при этом усиливаются флуктуации веса, которые могут привести к существенному росту дисперсии используемой весовой оценки по столкновениям. В данном случае, когда вспомогательный вес превосходит единицу, реализуется рандомизированное ветвление траектории модельного ансамбля частиц или соответствующее его расширение. Сравнительный анализ таких вариантов алгоритма был осуществлен для задачи о релаксации смеси двух газов с сильно различающимися концентрациями. Полученные численные результаты при модифицированном моделировании начальной точки траектории указывают на предпочтительность варианта с расширением ансамбля.

Предложен комбинированный подход к оцениванию статистической погрешности метода прямого статистического моделирования, который практически не требует дополнительных вычислений и применим при любой степени вероятностной зависимости выборочных значений. Тестирование проведено на классической задаче Фурье и задаче о сверхзвуковом течении потока разреженного газа сквозь проницаемую преграду.

Для решения пространственно неоднородных кинетических уравнений Больцмана с учетом химических реакций построен и апробирован на гибридных суперкомпьютерах с графическими сопроцессорами параллельный алгоритм статистического моделирования, эффективно реализующий геометрию задачи. Разработана эффективная методика распределения независимых псевдослучайных чисел для гибридных суперкомпьютеров с графическими сопроцессорами (NVidia GPU) по отдельным CUDA-потокам на основе предложенного параллельного 128-битного генератора.

Построены весовые алгоритмы для оценки линейных функционалов от решения уравнения Смолуховского с линейными коэффициентами коагуляции, зависящими от двух параметров. Предложены алгоритмы, позволяющие одновременно оценивать как функционалы для различных наборов параметров, так и параметрические производные.

Построена смещенная оценка по столкновениям для линейного функционала от решения линейного интегрального уравнения 2-го рода с конечной дисперсией на основе n-кратного итерационного весового метода для некоторого приближенного решения. Получены оценка нормы смещения и интегральное уравнение для второго момента построенной смещенной оценки.

Разработаны алгоритмы эффективного осреднения простейших стохастических радиационных моделей, которые можно распространить на реалистические модели.

Поставлена также общая задача минимаксной оптимизации весового метода зависимых испытаний, для которой оценки получаются из различных радиационных моделей на одном базовом ансамбле траекторий. При этом максимум дисперсий статистических оценок определяется на множестве исследуемых физических моделей, а минимум – на множестве вспомогательных моделей, используемых для построения базового ансамбля. Соответствующие веса можно определить через производные Радона – Никодима физических вероятностных мер по вспомогательной.

Разработан трехмерный параллельно реализуемый алгоритм метода Монте-Карло для моделирования развития электронных лавин в газе. Параллельная реализация осуществляется

с помощью библиотеки PARMONC, которая ускоряет вычисление таких интегральных характеристик, как число частиц в лавине, коэффициент ударной ионизации, скорость дрейфа и др. Получены формулы для выбора временно́го шага в алгоритме численного статистического моделирования переноса заряженных частиц под влиянием взаимодействий с частицами среды и внешнего силового поля. Численные результаты, полученные для азота, удовлетворительно согласуются с опубликованными данными.

Проект РФФИ № 13-01-00441-а "Разработка новых алгоритмов статистического моделирования для решения прямых и обратных задач переноса поляризованного излучения".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Ухинов С.А.

Построены новые параллельно реализуемые весовые алгоритмы метода Монте-Карло с конечной дисперсией для оценки функционалов и их параметрических производных от решения систем уравнений переноса излучения с учетом поляризации.

Рассмотрены проблемы, связанные с конечностью дисперсий весовых оценок метода Монте-Карло для решения систем интегральных уравнений 2-го рода. В случае теоретически бесконечной дисперсии предложено использовать специально построенные смещенные оценки, имеющие конечную дисперсию, и ветвление траекторий.

Разработан метод L-кратной (L-fold) поляризации, основанный на матрично-весовом алгоритме прямого статистического моделирования процесса переноса поляризованного излучения. С помощью численного статистического моделирования исследована эффективность метода для задачи определения параметров временных асимптотик поляризованного излучения и для решения обратной задачи восстановления матрицы аэрозольного рассеяния. При использовании этого метода дисперсии соответствующих статистических оценок и их параметрических производных становятся значительно меньше (и конечными, если они теоретически являются бесконечными), однако смещенность оценок может быть относительно большой. Особенно это проявляется при решении задачи по восстановлению второй компоненты матрицы рассеяния, следовательно, в этом случае необходим полный учет поляризации. Построены модификации локальной и двойной локальной оценок метода Монте-Карло, использующие метод L-кратной поляризации.

Построены и исследованы новые методы восстановления первой (индикатрисы) и второй компонент матрицы аэрозольного рассеяния поляризованного излучения по наблюдениям вектор-параметра Стокса рассеянного излучения в альмукантарате Солнца. С помощью численного статистического моделирования исследована сходимость алгоритмов и влияние ошибок измерений (начальных данных) на восстановление этих элементов матрицы аэрозольного рассеяния. Численные эксперименты показали, что рассмотренные нелинейные итерационные алгоритмы могут не сходиться в силу того, что спектральные радиусы соответствующих матриц Якоби могут быть больше единицы.

Разработан специальный распределительный способ реализации псевдослучайных чисел на суперЭВМ, позволяющий проводить сравнительный анализ результатов моделирования на основе соответствующего коррелирования статистических оценок.

Разработан алгоритм метода Монте-Карло для исследования интенсивности прошедшего через слой вещества поляризованного излучения на основе разложения плотности соответствующего углового распределения по полиномам, ортонормированным с ламбертовским весом. Оптимизация алгоритма осуществляется по критерию трудоемкости вычислений.

Результаты работ по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ РФ

Грант № НШ-5111.2014.1 "Разработка методов численного статистического моделирования для решения задач математической физики и индустриальной математики".

Научный руководитель – чл.-корр. РАН Михайлов Г. А.

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

Представлены новые результаты разработки алгоритмов статистического моделирования переноса излучения для исследования влияния вариации параметров и стохастичности радиационной модели.

Рассмотрена упрощенная модель процессов молекулярно-генетических взаимодействий, происходящих при репродукции вируса гепатита С в клетке. Разработаны математические модели и алгоритмы метода Монте-Карло для компьютерного моделирования упрощенного процесса.

При решении стационарных задач особенностью метода прямого статистического моделирования является использование зависимых выборочных значений случайных величин при вычислении макропараметров течения газа. Предложен новый комбинированный подход к оцениванию статистической погрешности метода, который практически не требует дополнительных вычислений и применим при любой степени вероятностной зависимости выборочных значений. Проведены теоретический и численный анализ особенностей предложенного подхода.

Построена модификация весового статистического моделирования для приближенного решения нелинейного кинетического уравнения. В случае, когда вспомогательный вес превосходит единицу, реализуется рандомизированное ветвление траектории модельного ансамбля частиц или соответствующее его расширение.

Построены новые алгоритмы статистического моделирования переноса излучения через стохастические среды. Для этого разработана специальная геометрическая реализация метода максимального сечения, позволяющая учитывать поглощение излучения весовым экспоненциальным множителем. Построены асимптотические по размеру среды оценки параметров осредненной радиационной модели, воспроизводящей осредненную по реализациям среды вероятность прохождения. Использованный в работе специальный распределительный способ реализации псевдослучайных чисел позволяет провести сравнительный анализ результатов моделирования на основе соответствующего коррелирования статистических оценок.

Для оценки линейных функционалов от решения кинетического уравнения Смолуховского с двухпараметрическими коэффициентами коагуляции разработаны новые весовые алгоритмы статистического моделирования. Для уменьшения трудоемкости алгоритмов предложен способ выбора параметров, используемых в модельных плотностях для моделирования динамики многочастичной системы с помощью цепей Маркова.

Рассмотрена задача численного статистического моделирования пространственно-угловой структуры поля солнечной радиации в плоско-параллельной системе подстилающая поверхность – молекулярно-аэрозольная атмосфера. Для расчетов вертикальных и угловых распределений интенсивности солнечного излучения и ее производных по вертикальной и угловым координатам применяются локальные по направлению случайные оценки, что является одним из вариантов метода зависимых испытаний. Исследованы свойства гладкости локальных оценок по критерию Фролова – Ченцова.

На основе алгоритмов численного стохастического моделирования условных негауссовских полей при различных условиях, накладываемых на значения метеорологического элемента в фиксированных точках, исследованы статистические свойства аномальных метеорологических явлений.

Исследован кусочно-линейный процесс на пуассоновских потоках с независимыми одинаково распределенными величинами в пуассоновских опорных точках. Получены точные выражения для среднего значения и дисперсии этого процесса, численно исследована его корреляционная структура.

Построена специальная спектральная модель периодически коррелированного процесса. Исследован класс корреляционных функций процесса.

На основе специальной модификации метода моделирования гауссовских полей по строкам и столбцам построен рандомизированный алгоритм моделирования однородных случайных полей с невыпуклыми корреляционными функциями.

На основе введенного понятия меры управляемости для детерминированных и стохастических процессов изучены рандомизированные модели ресурсных систем. В частности, исследован мультипликативный метод вычетов как итерационный процесс с малой мерой управляемости.

Осуществлена параллельная реализация алгоритма переноса поляризованного излучения для задачи лидарного зондирования нижней границы облачности с Земли на многопроцессорных вычислительных системах. В качестве модели облачного слоя рассматривается горизонтально однородный плоский слой с вертикальной стратификацией микрофизических и оптических параметров.

Обобщен опыт исследования стохастических клеточно-автоматных моделей каталитических реакций. Дано понятие стохастического клеточного автомата (КА) и описаны его свойства. Возможности КА-моделирования самоорганизующихся процессов показаны на примере реакции окисления монооксида углерода на платиновом катализаторе.

Предложена модель двухслойного тоталистического клеточного автомата, позволяющего генерировать компьютерное представление пористых сред со сложной неоднородной морфологией.

Предложен и исследован класс (м,к)-методов решения эволюционных задач, данных в неявном виде (неразрешенных относительно производных). Для систем индекса 1 получены оптимальные по вычислительным затратам схемы до 4-го порядка точности с использованием при реализации приближенных матриц производных.

Разработан стохастический проекционный метод решения обратной коэффициентной задачи для волнового уравнения. С помощью данного алгоритма решается эквивалентная система интегральных уравнений Фредгольма, предложенная Гельфандом, Левитаном и Крейном.

Предложена стохастическая модель и алгоритм решения задач изотропной упругости для двух классов флуктуаций входящих данных: 1) случайная нагрузка, 2) случайно распределенные коэффициенты упругости.

Для решения начально-краевых задач со случайными данными рассмотрен подход, основанный на разложении решения в полиномиальный хаос в вероятностном пространстве входных данных, коэффициенты разложения которого находятся методом стохастических коллокаций.

Для анализа стохастических колебаний разработаны новые статистические характеристики, в частности частотные аналоги интегральной кривой и фазовой траектории. Разработаны программы для статистического моделирования решений систем стохастических дифференциальных уравнений (СДУ) на многопроцессорных суперкомпьютерах. Проведен численный анализ решений систем СДУ, описывающих линейные и нелинейные стохастические колебания. Исследовано влияние случайных шумов на поведение траекторий странных аттракторов.

На кластере НКС - 30Т Сибирского суперкомпьютерного центра при ИВМиМГ СО РАН с помощью нового статистического алгоритма проведен численный анализ модели продольного движения стабилизированной по крену ракеты, заданной стохастической системой со случайной структурой.

Разработан новый метод оценки решений уравнений теплопроводности с разрывными коэффициентами на основе численного решения СДУ.

Разработаны параллельный алгоритм и программа для суперкомпьютера, позволяющие определять состояния теплоизолированной обшивки самолета, содержащей теплозащитные сотовые панели.

Исследованы весовые алгоритмы статистического моделирования для оценки линейных функционалов от решения кинетического уравнения Смолуховского с линейными коэффициентами коагуляции, зависящими от двух параметров. Предложена оптимизация алгоритмов по параметрам, используемым в весовом алгоритме для моделирования соответствующей цепи Маркова.

Разработаны и обоснованы статистические алгоритмы моделирования решения систем со случайной структурой с распределенными переходами, использующие модификации метода максимального сечения.

На основе метода статистического моделирования проведен численный анализ осциллирующих решений СДУ, содержащих винеровскую и пуассоновскую составляющие. Для численного решения СДУ используется схема на основе обобщенного явного метода Эйлера, эффективная для суперкомпьютерных вычислений.

Построены новые численные методы Монте-Карло для решения краевых задач на суперкомпьютерах с помощью синтеза весовых методов, организации параллельных вычислений и низкоуровневых (машинных) оптимизаций. Проведено численное исследование распространения лазерных импульсов в оптических волноводах, описываемых нелинейным уравнением Шредингера со случайным начальным условием и случайной правой частью.

Результаты работ по научно-исследовательским программам, проектам Президиума РАН, ОМН РАН и Сибирского отделения РАН

Программа Президиума РАН № 43, проект "Суперкомпьютерное статистическое моделирование переноса излучения с учетом различных трехмерных и, в том числе, стохастических функциональных характеристик радиационной модели среды".

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

Построены эффективно реализуемые на многопроцессорных суперЭВМ алгоритмы статистического моделирования траекторий частиц (квантов излучения) с учетом различных сложных характеристик радиационной модели среды: трехмерная неоднородность (в том числе стохастическая), анизотропия, поляризация, ускорение заряженных частиц внешним силовым полем. Выполнена оптимизация построенных алгоритмов и оценок на основе аналитических и численных исследований. Разработанные ранее в коллективе авторов модификации статистического моделирования, связанные, в частности, с ветвлением траекторий, а также различные варианты метода зависимых испытаний для эффективного сравнительного анализа получаемых статистических оценок, адаптированы к специфике суперкомпьютерных вычислений. На этой основе разработаны постановки соответствующих обратных задач, а также эффективное осреднение радиационных моделей, т. е. построение простых однородных моделей, воспроизводящих наиболее важные базовые функционалы, которые определяют радиационный баланс.

Продолжена разработка новых алгоритмов и суперкомпьютерных программ для статистического моделирования переноса лазерного и солнечного излучения с целью решения задач оптического зондирования, численного исследования влияния поляризации на угловые характеристики поля излучения, моделирования переноса заряженных частиц с учетом рассеяния и внешнего силового поля с целью решения соответствующих самосогласованных задач, моделирования стохастической эволюции ансамблей частиц с целью оценки решения уравнения Больцмана.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Лотова Г. З., Михайлов Г. А. Исследование и улучшение смещенных оценок метода Монте-Карло // ЖВМиМФ. 2015.Т. 55, № 1. С. 10–21.

[Lotova G. Z., Mikhailov G. A. Investigation and improvement of biased Monte Carlo estimates // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2015. V. 55, N 1. P. 8–18.]

(*в базах Web of Science, Scopus*, *РИНЦ*)

2. Михайлов Г. А., Трачева Н. В., Ухинов С. А. Алгоритм метода Монте-Карло для оценки углового распределения рассеянного поляризованного излучения на основе ортогонального разложения // Доклады Академии наук. 2015. Т. 464, № 4. С. 401–405.

[Mikhailov G. A., Tracheva N. V., Ukhinov S. A. A new Monte Carlo algorithm for estimating the angular distribution of scattered polarized radiation based on orthogonal expansion // Doklady Math. Pleiades Publishing, Ltd. 2015. Vol. 92, N 2. P. 572–576.] (*в базах Scopus*, *РИНЦ*)

3.Антюфеев В. С. Краткое доказательство формулы сложения слоев // Вестн. НГУ. Сер.: Математика, механика, информатика. 2015. Т. 15, вып. 3. С. 24–29. (*в базе РИНЦ*)

4. Шкарупа Е. В. Сравнение подходов к оптимизации функциональных алгоритмов статистического моделирования в метрике пространства С // СибЖВМ. 2015. Т. 18, № 2. С. 219–234.

[Shkarupa E. Comparison of some approaches to optimization of functional statistical modeling algorithms in the metric of the space C // Numerical Analysis and Applications. 2015. N 8(2). P. 182–194.] (*в базах Scopus*, *РИНЦ*)

5. Плотников М. Ю., Шкарупа Е. В. Комбинированный подход к оцениванию статистической погрешности метода прямого статистического моделирования // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2015. Т. 55, № 11. С. 1938–1951.

[Shkarupa E. A combined approach to the estimation of statistical error of the direct simulation Monte Carlo method // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2015. Vol. 55, N 11. P. 1913–1925.] (*в базах Web of Science, Scopus*, *РИНЦ*)

6. Mikhailov G. A., Rogazinskii S. V. Weighted modification of direct statistical modeling with randomized branching for approximate solution of a kinetic equation // Doklady Mathematics. Pleiades Publishing, Ltd. 2015. Vol. 92, N 3. P. 677–681. (*в базе Scopus*)

Зарубежные издания

1. Mikhailov G. A. New results and problems in the theory of algorithms of statistical simulation of radiation transfer // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2015. V. 30, № 2. P. 103–109. (*в базах Scopus*, *РИНЦ*)

2. Antyufeev V. S. Mathematical verification of the Monte Carlo maximum cross-section technique // Monte Carlo Methods and Applications. 2015. Vol. 21, N 4. P. 275–282. (*в базе Scopus*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Antyufeev V. Theorem of learning for a competition algorithm // Proc. of the Intern. workshop "Applied Methods of Statistical Analysis. Nonparametric approach", Novosibirsk; Belokurikha, 2015. P. 144–152. (*в базе РИНЦ*)

2. Kablukova E. G., Prigarin S. M., Rozhenko S. A. Phase functions, glories, fogbows and coronas for clouds with mirror-transformed gamma- and bimodal-distributions // Proc. of the 21st International Symposium Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, SPIE 9680, 968026. Nov. 19, 2015. 5 p. (*в базе Web of Science*)

Прочие издания

1. Mikhailov G., Tracheva N., Ukhinov S. New Monte Carlo algorithm for evaluation of outgoing polarized radiation // Abstr. of the 8th International workshop on simulation, Vienna (Austria), Sept. 21–25, 2015. P. 142. ISBN 978-3-900932-28-2.

2. Burmistrov A. V., Korotchenko M. A. Optimisation of Monte Carlo algorithms for solving the kinetic coagulation equation with linear coefficients // Ibid. P. 48.

3. Lotova G. Z., Mikhailov G. A. Investigation and improvement of biased Monte Carlo estimates // Ibid. P. 140.

4. Lotova G. Z. Algorithms of Monte Carlo method for calculating transport characteristics of electron avalanches in gases // Ibid. P. 129.

5. Marchenko M. A. Study of accuracy and efficiency of parallel Monte Carlo algorithm to solve nonlinear coagulation equation // Ibid. P. 136.

6. Mikhailov G. A., Rogasinsky S. V. Weight modifications of the direct statistical modelling with randomized branching or expansion of model ensemble // Ibid. P. 141.

7. Ambos A. Yu., Mikhailov G. A. Effective averaging of stochastic radiation models on the base of statistical modelling // Ibid. P. 228.

Участие в конференциях и совещаниях

1. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 8 докладов, из них 1 пленарный, 1 приглашенный (Михайлов Г. А., Ухинов С. А., Медведев И. Н., Амбос А. Ю., Марченко М. А, Рогазинский С. В., Шкарупа Е. В., Антюфеев В. С.).

2. The 8th International workshop on simulation, Vienna (Austria), September 21–25, 2015 – 7 докладов (Медведев И. Н., Трачева Н. В., Лотова Г. З., Марченко М. А., Рогазинский С. В.).

3. 16-я Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию, Красноярск, 28–30 октября 2015 г. – 1 доклад (Коротченко М. А.).

4. International workshop "Applied methods of statistical analysis. Nonparametric approach". Novosibirsk; Belokurikha, September 14–19, 2015 – 2 доклада, 1 приглашенный (Михайлов Г. А., Антюфеев В. С.).

5. Международная молодежная школа и конференция по вычислительным и информационным технологиям для наук об окружающей среде "CITES-2015", Томск, 20–30 июня 2015 г. – 1 доклад (Амбос А. Ю.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Михайлов Г. А.:

– член программного комитета конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

– член программного комитета конференции "Eighth International Workshop on Simulation", Vienna (Austria), September 21–25, 2015,

– член программного комитета конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.;

2. Марченко М. А. – член оргкомитета Конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

3. Медведев И. Н.:

– член оргкомитета Конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

– член оргкомитета конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.;

4. Усов А. Г.:

– член оргкомитета конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

– член оргкомитета конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.;

5. Рогазинский С. В. – член программного комитета конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.

6. Ухинов С. А. – член программного комитета конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 3

Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 6

Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 7
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 6
Публикаций в зарубежных изданиях – 2
Публикаций в материалах международных конференций – 2
Публикаций в прочих изданиях – 7
Докладов на конференциях – 16, в том числе 2 пленарных и приглашенных.
Участников оргкомитетов конференций – 10.

Кадровый состав

1.	Рогазинский С. В.	зав. лаб.	д.ф.-м.н.
2.	Михайлов Г. А.	советник РАН	чл.-корр. РАН
3.	Антюфеев В. С.	с.н.с.	д.ф.-м.н.
4.	Амбос А. Ю. 0.7	м.н.с.	
5.	Ухинов С. А.	в.н.с.	д.ф.-м.н.
6.	Лотова Г. З.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
7.	Шкарупа Е. В.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
8.	Коротченко М. А.	н.с.	к.ф.-м.н.
9.	Медведев И. Н.	н.с.	к.ф.-м.н.
10.	Корда А. С. 0.7	м.н.с.	к.ф.-м.н.
11.	Роженко С. А.	м.н.с. 0,25 ст.	к.ф.-м.н.
12.	Трачева Н. В.	м.н.с. 0,5 ст.	к.ф.-м.н.
13.	Гурова З. В.	техник	
14.	Усов А. Г.	ведущий программист 0,1 ст.	

Амбос А. Ю., Роженко С. А., Коротченко М. А., Корда А. С., Трачева Н. В. – молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

Михайлов Г. А. – профессор НГУ;
Рогазинский С. В. – профессор НГУ;
Ухинов С. А. – профессор НГУ, зам.декана ММФ;
Антюфеев В. С. – профессор НГУ;
Медведев И. Н. – доцент НГУ;
Лотова Г. З. – старший преподаватель НГУ;
Усов А. Г. – старший преподаватель НГУ.

Руководство аспирантами

1. Амбос А. Ю. – 3-й год, НГУ, руководитель Михайлов Г. А.

Руководство студентами

1. Монхбаатар Лхагвацэрэн – 4-й курс НГУ, руководитель Медведев И. Н.

Лаборатория численного анализа стохастических дифференциальных уравнений

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. Артемьев С. С.

Важнейшие достижения

Для анализа стохастических колебаний разработаны новые статистические характеристики, в частности частотные аналоги интегральной кривой и фазовой траектории. Разработаны программы для статистического моделирования решений систем стохастических дифференциальных уравнений (СДУ) на многопроцессорных суперкомпьютерах. Проведен численный анализ решений систем СДУ, описывающих линейные и нелинейные стохастические колебания. Исследовано влияние случайных шумов на поведение траекторий странных аттракторов.

Д.ф.-м.н. Артемьев С. С., Иванов А. А.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.2.1.2 "Разработка алгоритмов статистического моделирования для суперкомпьютерного решения задач математической физики, а также индустриальной математики".

Научный руководитель проекта – член-корр. РАН Михайлов Г. А.

Разработаны новые модели в виде СДУ с осциллирующими решениями для исследования динамики механических и виброударных систем, колебаний упругих тел, поведения концентраций компонент химических реакций, турбулентного движения частиц в жидкостях и газе, движения летательных аппаратов. Проведены исследования проблемы численного анализа поведения решений систем СДУ вблизи точек бифуркации, когда под воздействием случайных шумов система переходит из одного режима движения в другой. Для иллюстрации применения разработанных частотных характеристик исследованы системы СДУ, описывающие стабилизацию вращений твердого тела, движение вала в упругих подшипниках, центробежный регулятор Уатта, движения осциллятора и ротатора, круговое движение в некоторой плоскости трех тел, масса одного из которых пренебрежимо мала, два связанных осциллятора Дуффинга, два связанных осциллятора Ван-дер-Поля, колебания точки на струне на плоскости, движение ротора гидротурбины с учетом случайного сопротивления движению вала, случайного расхода воды через турбину и случайного изменения напора на гидротурбине. На примерах аттракторов Лоренца, Рёсслера и семимерной модели Навье – Стокса показано, что не следует искать многочисленные точки бифуркации решений систем ОДУ, так как даже случайные шумы малой интенсивности обеспечивают переходы из одного режима колебаний в другой.

Исследованы вопросы влияния внешних и внутренних случайных шумов на поведение концентраций компонент химических реакций. Приведены результаты численных экспериментов, проведенных на кластере НКС – 30Т. При исследовании кинетической модели реакции окисления водорода на никеле на металлах платиновой группы при наличии внутренних и внешних случайных возмущений и математической модели каскада реакторов идеального смешения было получено, что случайные шумы даже малой интенсивности вызывают всевозможные переходы в ходе реакции из одного режима колебаний в другой.

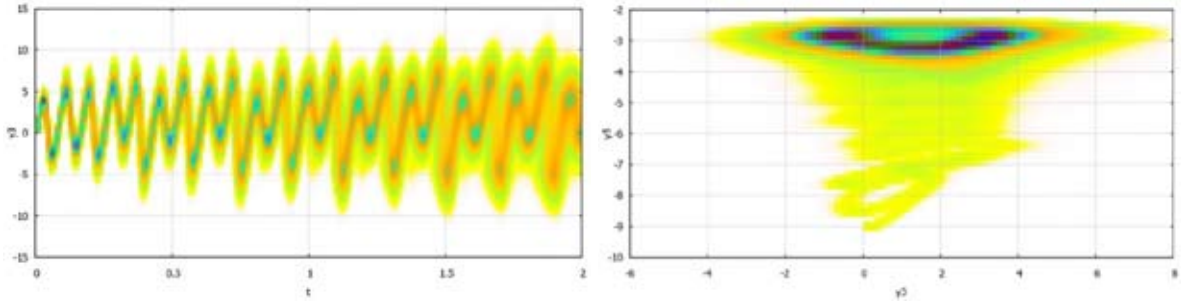


Рис. 1. Частотная интегральная кривая и частотный фазовый портрет для семимерной модели Навье – Стокса

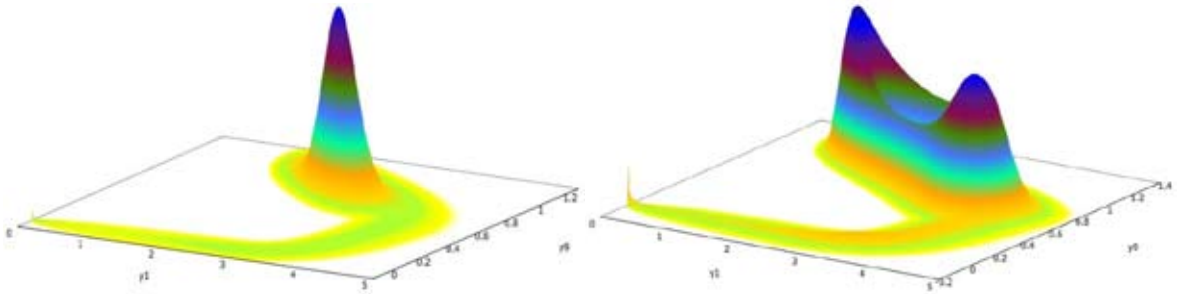


Рис. 2. Частотные фазовые портреты при разных параметрах модели каскада химических реакторов идеального смешения

На основе метода статистического моделирования проведен численный анализ осциллирующих решений СДУ, содержащих винеровскую и пуассоновскую составляющие. Для численного решения СДУ используется схема на основе обобщенного явного метода Эйлера, эффективная для суперкомпьютерных вычислений. Для линейного осциллятора и осциллятора Ван-дер-Поля исследована точность оценок первых моментов решений СДУ при различных значениях параметров СДУ и численной схемы. Для осциллятора Ван-дер-Поля исследована зависимость частоты и скорости затухания колебаний математического ожидания решения СДУ от значений параметров пуассоновской составляющей. Для тестового СДУ получены точные выражения математического ожидания и дисперсии решения, сравнение с которыми позволяет исследовать зависимость точности оценок от значений параметров СДУ, величины шага интегрирования и ансамбля моделируемых траекторий решения. Численные эксперименты проведены на кластере НКС – 30Т Сибирского суперкомпьютерного центра при ИВМиМГ СО РАН.

Разработаны и обоснованы статистические алгоритмы моделирования решения систем со случайной структурой с распределенными переходами, использующие модификации метода максимального сечения

Построена двухстадийная модификация асимптотически несмещенного численного метода решения СДУ, примененная для решения модели формирования аморфных и кристаллических наноструктур при ионной имплантации.

С помощью построенной численной схемы, адаптированной к скачку, исследовано влияние эрланговых дельта-импульсов в задачах радиотехники. Проведено сравнение статистического алгоритма со спектральным методом.

Проведен численный анализ модели продольного движения стабилизированной по крену ракеты, заданной стохастической системой со случайной структурой.

Разработан новый метод оценки решений уравнений теплопроводности с разрывными коэффициентами на основе численного решения СДУ. Дано математическое обоснование предложенного ранее метода оценки средних значений функционалов, содержащих время первого выхода диффузионного процесса из области.

Разработаны параллельный алгоритм и программа для суперкомпьютера, позволяющие определять состояния теплоизолированной обшивки самолета, содержащей теплозащитные сотовые панели. Проведены расчеты теплового состояния обшивки самолета с использованием реальных физических измерений скорости воздушного потока, температуры окружающей среды и давления. Результаты расчета показали хорошее совпадение с экспериментальными данными, в которых использовались теплофизические характеристики сотовой панели, полученные в результате физических экспериментов. Разработана параллельная программа для расчета теплопереноса в двухслойной теплоизоляционной обшивке самолета с воздушным охлаждением, содержащей панели из сотового поликарбоната.

Разработан метод определения производных по параметрам математических ожиданий функционалов диффузионных процессов, содержащих время первого выхода случайного процесса из области.

Построены новые численные методы Монте-Карло для решения краевых задач на суперкомпьютерах с помощью синтеза весовых методов, организации параллельных вычислений и низкоуровневых (машинных) оптимизаций. Выполнено численное исследование распространения лазерных импульсов в оптических волноводах, описываемых нелинейным уравнением Шредингера со случайным начальным условием и случайной правой частью.

Разработаны алгоритмы метода Монте-Карло для оценки функционалов от решения кинетического уравнения Смолуховского с линейными коэффициентами коагуляции, а также кинетического уравнения типа Больцмана, возникающего в модели автотранспортного потока. Весовые алгоритмы, разработанные для уравнения Смолуховского, позволяют на одних траекториях моделируемой цепи Маркова оценивать как функционалы для различных наборов параметров, так и параметрические производные по этим параметрам. Для модели автотранспортного потока с выделенным ускорением рассмотрены профили взаимодействия с пороговыми функциями, зависящими от скорости автомобиля. Численные эксперименты по оценке распределения скорости и ускорения в пространственно-однородном случае показали целесообразность использования моделирования многочастичных систем с помощью разработанных алгоритмов.

Построены новые оценки "блуждания по решетке с отражением от границы" для первого собственного значения и собственной функции оператора Лапласа с краевыми условиями третьего рода.

На основе метода Монте-Карло для решения систем линейных уравнений построена модификация быстрого и устойчивого алгоритма FEAST поиска всех собственных значений и собственных функций из априорно заданного интервала для симметричной разреженной матрицы.

Созданы эффективные параллельные алгоритмы построенных оценок "блуждания по решетке" с произвольными (разными) длинами траекторий для гетерогенных вычислений.

Разработан комплекс программ параллельных алгоритмов статистического моделирования решений систем СДУ на суперкомпьютере AMIKS. Начата разработка комплекса программ, в который будет включена возможность проводить полный параметрический анализ решений систем СДУ в частных производных на суперкомпьютере с выводом результатов расчетов в мультимедийной форме. С помощью обобщенного явного метода Эйлера начаты

численные эксперименты по параметрическому анализу решений уравнений Навье – Стокса турбулентного течения жидкости с учетом случайных возмущений.

Продолжена работа над созданием эффективных алгоритмов моделирования одномерных и многомерных случайных величин. В частности, предложены эффективные алгоритмы моделирования двумерных случайных величин с плотностями вероятности, построенными с использованием копул.

Результаты работ по проектам РФФИ

Проект РФФИ № 14-01-00340-а "Анализ стохастических дифференциальных моделей методом Монте-Карло на суперкомпьютерах".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Артемьев С. С.

В 2015 г. в ходе выполнения проекта получены следующие результаты.

Продолжена разработка новых частотных характеристик для анализа поведения решений систем параболических дифференциальных уравнений с учетом случайных возмущений, а также новых характеристик численных решений стохастических моделей гидродинамики, таких как частотные линии тока, статистический портрет скоростей, частотный поток жидкости, статистические профили скоростей в продольных и поперечных сечениях каверны, частотные вихревые линии, поверхности уровня с постоянными скоростями или давлениями.

Методом статистического моделирования проведен параметрический анализ осциллирующих решений СДУ, содержащих пуассоновскую составляющую. Для численного решения СДУ используется схема на основе обобщенного явного метода Эйлера, эффективная для суперкомпьютерных вычислений. Для осциллятора Ван-дер-Поля численно исследована зависимость частоты и скорости затухания колебаний математического ожидания решения СДУ от значений параметров пуассоновской составляющей.

Разработан новый метод оценки решений уравнений теплопроводности с разрывными коэффициентами на основе численного решения СДУ. Дано математическое обоснование предложенного ранее метода оценки средних значений функционалов, содержащих время первого выхода диффузионного процесса из области.

Разработаны параллельный алгоритм и программа для суперкомпьютера, позволяющая определять состояния теплоизолированной обшивки самолета, содержащей двухслойные теплозащитные сотовые панели с воздушным охлаждением. В программе реализован новый метод определения температуры в неоднородном материале, основанный на применении интегрального усреднения и численного решения СДУ.

Проведено численное исследование распространения лазерных импульсов в оптических волноводах, описываемых нелинейным уравнением Шредингера со случайным начальным условием и случайной правой частью. Результаты расчетов показали хорошее соответствие физическим экспериментам для уровней, присущих неизбежным начальным шумам в генераторе импульсов.

Разработаны конструктивные алгоритмы параметрического анализа решений метагармонических и параболических уравнений, описывающих статическое и динамическое распределения нагрузок в тонких пластинах и оболочках под действием случайных нагрузок.

Исследованы весовые алгоритмы статистического моделирования для оценки линейных функционалов от решения кинетического уравнения Смолуховского с линейными коэффициентами коагуляции, зависящими от двух параметров. Предложена оптимизация

алгоритмов по параметрам, используемых в весовом алгоритме для моделирования соответствующей цепи Маркова.

Разработан ряд новых статистических алгоритмов решения нелинейных кинетических уравнений больцмановского типа (в том числе уравнения коагуляции), основанных на использовании многочастичной модели газа, динамика которой описывается уравнением Колмогорова.

Построена универсальная математическая модель автотранспортного потока для разных типов потоков. Для изучения вопроса группирования автомобилей на полосе в кластеры было рассмотрено кинетическое уравнение коагуляции с коэффициентами, которые являются линейной комбинацией постоянного и аддитивного коэффициентов и могут быть рассмотрены как первое приближение физических коэффициентов. Разработаны статистические алгоритмы оценки решений автотранспортных задач. Предложены специальные алгоритмы повышения эффективности статистического моделирования с помощью аппарата весовых и рандомизированных статистических оценок для решения многомерных интегральных уравнений.

Проект РФФИ № 14-01-31451-мол_а "Разработка, параллельная реализация и оптимизация весовых статистических алгоритмов для анализа и решения дифференциальных и интегральных уравнений на суперкомпьютерах".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Лукинов В. Л.

В 2015 г. в ходе выполнения проекта получены следующие результаты.

Построены новые весовые оценки для расчета корреляционных характеристик решений со случайными функциональными параметрами. В случае случайного спектрального параметра эффективные оценки ковариационной функции решений получены на основе известного метода, использующего частичное осреднение произведения разложения решения по степеням спектрального параметра.

Разработана модификация АТП модели путем построения интегрального уравнения второго рода, которое описывает поведение ансамбля автомобилей и определяет плотности перехода (в том числе и распределение времени между элементарными взаимодействиями в системе) в модельном процессе стохастической кинетики ансамбля автомобилей.

Решена задача минимизации параметрического максимума среднеквадратичной погрешности весовых оценок для кинетического уравнения коагуляции с линейными коэффициентами.

Построены новые статистические алгоритмы решения и нахождения собственных чисел и функций для эллиптических уравнений, исследованы области применимости для методов обобщенного суммирования за границами сходимости соответствующих рядов Неймана.

Исследованы различные способы распараллеливания построенных алгоритмов на многопроцессорном SMP кластере, созданы и проверены оценки зависимости времени счета от числа используемых процессоров, получены коэффициенты ускорения и эффективности параллельных алгоритмов, используемых при решении задач проекта.

Решена задача минимизации параметрического максимума среднеквадратичной погрешности весовых оценок для кинетического уравнения коагуляции с линейными коэффициентами.

Проведено численное исследование моделей движения ракет и ИСЗ в космосе или атмосфере Земли, задаваемых стохастическими дифференциальными уравнениями.

Расчеты частично проведены на кластере НКС – 30Т+GPU Сибирского суперкомпьютерного центра при ИВМиМГ СО РАН.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Артемьев С. С., Иванов А. А. Анализ влияния случайных шумов на странные аттракторы методом Монте-Карло на суперкомпьютерах // СибЖВМ. 2015. Т. 18, №. 2. С. 121–134. (*в базе РИНЦ; перевод в базе Scopus*)

2. Артемьев С. С., Иванов А. А., Смирнов Д. Д. Новые частотные характеристики численного решения стохастических дифференциальных уравнений // Там же. № 1. С. 15–26. (*в базе РИНЦ*; *перевод в базе Scopus*)

3. Аверина Т. А. Построение и обоснование статистических алгоритмов моделирования решения систем со случайной структурой, заданной стохастическими дифференциальными уравнениями // Вестн. тамбов. ун-та. Сер.: Естеств. и техн. науки. 2015. Т. 20, № 5. С. 986–991. (*в базе РИНЦ*)

4. Аверина Т. А., Артемьев С. С., Смирнов Д. Д. Численный анализ стохастической модели продольного движения ракеты методом Монте-Карло на суперкомпьютере // СибЖИМ. 2015. Т. 18. № 3 (63). С. 3–10. (*в базе РИНЦ*)

5. Гусев С. А. Применение СДУ к оценке решения уравнения теплопроводности с разрывными коэффициентами // СибЖВМ. 2015. Т. 18, № 2. С. 147–161. (*в базе РИНЦ*; *перевод в базе Scopus*)

6.Гусев С. А., Николаев В. Н. Метод определения теплового состояния сотовых конструкций фюзеляжа самолета на основе численного решения стохастических дифференциальных уравнений // Научный вестник НГТУ. 2015. № 2(59). С. 20–31. (*в базе РИНЦ*)

Зарубежные издания

1. Gusev S. A. Estimating parametric derivatives of first exit times of diffusions by approximation of Wiener processes // International Journal of Pure Mathematics. North Atlantic University Union. 2015. Vol. 2. P. 55–63. ISSN 2313-0571. (*в базе Scopus*)

2. Lukinov V. Stochastic computing on clusters for certain SDEs and boundary value problems // Recent Researches in Applied Mathematics, Simulation and Modelling. 2015. Vol. 46. P. 9–15. [Electron. resource]. http://www.wseas.org/main/books/2015/Konya/ASEM.pdf. (*в базе Scopus*)

3. Zmievskaya G. I., Averina T. A., Bondareva A. L. Numerical solution of stochastic differential equations in the sense of Stratonovich in an amorphization crystal lattice model // Applied Numerical Mathematics. V. 93. July 2015. P. 15–29. DOI:10.1016/j.apnum.2014.05.006. [Electron. resource]. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016892741400097X. (*в базах Scopus,Web of Science*)

4. Mahotkin O. A. Simulation of random variates with the Morgenstern distribution // Monte Carlo Methods and Applications. 2015. Vol. 21(4). P. 325–328. (*в базе Scopus*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Аверина Т. А. Алгоритм статистического моделирования процесса смены структуры при решении систем со случайной структурой с независимыми распределенными переходами // Труды 10-й Междунар. конф. SICPRO'15. Москва: ИПУ, 2015. С. 1298–1305. [Electron. resource]. http://www.sicpro.org/sicpro15/ proc/procdngs/1298.pdf.

2. Аверина Т. А. Модифицированные статистические алгоритмы моделирования систем со случайной структурой с распределенными переходами // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. С. 18–24. [Electron. resource]. http://conf.nsc.ru/amca15/. (*в базе РИНЦ*)

3. Аверина Т. А., Смирнов Д. Д. Численный анализ распределения решения линейного осциллятора с мультипликативным шумом // Труды 10-й Междунар. науч.-техн. конф.

"Аналитические и численные методы моделирования естественно-научных и социальных проблем" (АЧМ−2015), Пенза, 28–30 окт. 2015 г. С. 3–10.

4. Аверина Т. А., Рыбаков К. А. О прогнозировании состояний стохастических дифференциальных систем с пуассоновской составляющей // Труды 11-й Междунар. Азиат. школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Бишкек (Кыргызстан), 27 июля – 7 авг. 2015 г. С. 16–25.

5. Аверина Т. А., Артемьев С. С., Бондарева А. Л., Змиевская Г. И. Использование численных методов решения стохастических дифференциальных уравнений в моделировании неравновесных процессов // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. С. 25–32. [Электрон. ресурс]. http://conf.nsc.ru/amca15/. (*в базе РИНЦ*)

6. Gusev S. A., Nikolaev V. N. Numerical statistical modeling of the thermal state of aircraft honeycomb coatings // Proc. of the Intern. workshop "Applied Methods of Statistical Analysis. Nonparametric Approach" (AMSA'15). Novosibirsk, Sept. 14–19, 2015. P. 416–423. ISSN: 2313-870X.

7. Гусев С. А. Построение оценок математических ожиданий выражений, содержащих производные по параметрам времени первого выхода диффузионного процесса из области // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. С. 203-209. ISBN 978-5-9905347-2-8. (*в базе РИНЦ*)

8. Лукинов В. Л. Оптимизация кластерных вычислений для численного анализа и решения трудоемких задач методом Монте-Карло // Труды. 11-й Междунар. Азиат. школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Бишкек (Кыргызстан), 27 июля –7 авг. 2015 г. Т. 2. С. 161–170.

9. Mahotkin O. A. Investigation of L-distance between probability densities and their estimates // Proc. of the Intern. workshop "Applied methods of statistical analysis", Novosibirsk, Sept. 14–19 2015. P. 130–135.

10. Якунин М. А. Анализ осциллирующих решений СДУ с винеровской и пуассоновской составляющими методом статистического моделирования // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. С. 887–894. [Электрон. ресурс]. http://www.sscc.ru/Conf/AMCAProceedings2015post.pdf . (*в базе РИНЦ*)

Прочие издания

1. Аверина Т. А. Построение алгоритмов статистического моделирования систем со случайной структурой // Новосибирск: НГУ, 2015. 154 с.

2. Аверина Т. А. Верификация численных методов решения систем со случайной структурой // Новосибирск: НГУ, 2015. 178 с.

3. Коротченко М. А., Бурмистров А. В. Алгоритмы статистического моделирования для решения кинетического уравнения коагуляции с линейными коэффициентами // Материалы 16-й Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию, Красноярск, 28–30 окт. 2015 г. С. 38.

4. Смирнов Д. Д. Моделирование распределения решения линейного осциллятора с мультипликативным шумом // Там же. С. 50.

Сдано в печать

1. Артемьев С. С., Корнеев В. Д., Марченко М. А., Якунин М. А., Иванов А. А, Смирнов Д. Д. Анализ стохастических колебаний методом Монте-Карло на суперкомпьютерах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016.

2. Артемьев С. С., Иванов А. А. Анализ влияния случайных шумов на течение автоколебательных химических реакций методом Монте-Карло на суперкомпьютерах // СибЖИМ. Новосибирск, 2016.

3. Артемьев С. С., Якунин М. А. Анализ точности оценок первых моментов решения СДУ с винеровской и пуассоновской составляющими методом Монте-Карло // СибЖВМ. 2016. Т. 19, № 1. С. 29–41.

4. Gusev S. A. Applying approximation of increments of Wiener process to calculating statistical estimates of parametric sensitivities of functionals of diffusion processes // Journal of Computational and Applied Mathematics. 2016.

5. Lukinov V. L. Monte Carlo method for solving nonlinear Schrodinger equation // A Springer Verlag volume, titled: "Computational methods in science and engineering". Ser.: Lecture Notes in Electrical Engineering. (*в базах Scopus, Web of Science*)

6. Lukinov V. L. Numerical analysis of the nonlinear SDE // Non-linear Systems, Nanotechnology Print. 2016. ISSN: 1790-5117 ISBN: 978-1-61804-345-0.

Участие в конференциях и совещаниях

1. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 2 приглашенных, 6 секционных докладов (Артемьев С. С., Аверина Т. А., Бурмистров А. В., Гусев С. А., Лукинов В. Л., Махоткин О. А., Якунин М. А.).

2. 16-я Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию, Красноярск, 28–30 октября 2015 г. – 2 доклада (Бурмистров А. В., Смирнов Д. Д.).

3. 10-я Международная конференция "Идентификация систем и задачи управления", Москва, ИПУ им. В. А. Трапезникова, 26–30 января 2015 г. – 1 доклад (Аверина Т. А.).

4. 10-я Международная научно-техническая конференция "Аналитические и численные методы моделирования естественно-научных и социальных проблем" (АЧМ−2015), Пенза, 28–30 октября 2015 г. – 1 доклад (Аверина Т. А., Смирнов Д. Д.).

5. 11-я Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", Бишкек (Кыргызстан), 27 июля – 7 августа 2015 г. – 2 доклада (Аверина Т. А., Лукинов В. Л.).

6. Международная конференция "Колмогоровские чтения – VII. Общие проблемы управления и их приложения" (ОПУ–2015), Тамбов, 19–24 октября 2015 г. – 1 доклад (Аверина Т. А.).

7. International Workshop, Novosibirsk, September14–19, 2015 – 2 доклад (Гусев С. А., Махоткин О. А.).

8. 8th International workshop on simulation, Vienna (Austria), September 21–25, 2015 – 2 секционных доклада (Бурмистров А. В., Лукинов В. Л.).

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 1

Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 7

Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 11
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 6
Публикаций в зарубежных изданиях – 4
Публикаций в материалах международных конференций – 10
Публикаций в прочих изданиях – 4
Докладов на конференциях – 19, в том числе 2 пленарных

Кадровый состав

1. Артемьев Сергей Семенович	зав. лаб.	д.ф.-м.н.
2. Аверина Татьяна Александровна	с.н.с.	к.ф.-м.н.
3. Гусев Сергей Анатольевич	с.н.с.	к.ф.-м.н.
4. Якунин Михаил Александрович	с.н.с.	к.ф.-м.н.
5. Бурмистров Александр Васильевич	н.с.	к.ф.-м.н.
6. Лукинов Виталий Леонидович	н.с.	к.ф.-м.н.
7. Махоткин Олег Александрович	н.с.	к.ф.-м.н.
8. Иванов Александр Александрович	м.н.с.	
9. Смирнов Дмитрий Дмитриевич	м.н.с.	

Лукинов В. Л., Иванов А. А., Смирнов Д. Д. – молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

Артемьев С. С. – профессор НГУ
Аверина Т. А. – доцент НГУ
Гусев С. А. – доцент НГТУ
Махоткин О. А. – доцент НГУ
Лукинов В. Л. – доцент СибГУТИ, ассистент НГУ
Бурмистров А. В. – ст. преподаватель НГУ

Руководство аспирантами

Смирнов Д. Д. – 3-й год, ММФ НГУ, руководитель Артемьев С. С.
Иванов А. А. – 3-й год, ИВМиМГ, руководитель Артемьев С. С.

Руководство студентами

Самойлов Н. В. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Артемьев С. С.
Фесь Е.В. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Артемьев С. С.
Рогов А. А. – 5-й курс ИВТ СибГУТИ, руководитель Лукинов В. Л.
Дряницын А. В. – 4-й курс ИВТ СибГУТИ, руководитель Лукинов В. Л.
Ведринцев М. А. – 4-й курс ИВТ СибГУТИ, руководитель Лукинов В. Л.

Лаборатория стохастических задач

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. Каргин Б. А.

Важнейшие достижения

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

Д.ф.-м.н Сабельфельд К. К., к.ф.-м.н. Киреева А. А., к.ф.-м.н. Левыкин А. И.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.2.1.2 "Разработка методов Монте-Карло для решения задач математической физики, а также индустриальной и финансовой математики на суперкомпьютерах".

Номер государственной регистрации НИР 01201370225.

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

Раздел 2. "Статистическое моделирование переноса излучения и полей метеоэлементов в стохастической атмосфере, решение краевых стохастических задач математической физики на суперкомпьютерах".

Руководитель – д.ф.-м.н. Каргин Б. А.

Проведены численные эксперименты по статистическому моделированию распространения излучения терагерцового диапазона в жидкокапельном облачном слое. Получены интенсивность и степень деполяризации сигнала обратного рассеяния от моностатического ЛИДАРа наземного базирования. Для численного эксперимента выбраны несколько длин волн из окон прозрачности, для которых излучение в меньшей степени поглощается водяным паром нижней атмосферы. В моделях рассеивающей среды учитывается вертикальная стратификация концентрации паров воды в атмосфере, различие в микроструктуре облачного слоя у вершины и основания. Построена модель микроструктуры облачного слоя, зависящая от высоты над основанием рассеивающего слоя, по данным, полученным при самолетных измерениях у берегов Великобритании.

Численное моделирование эксперимента проведено на основе методов Монте-Карло. Код программы распараллелен для реализации на нескольких вычислительных узлах с помощью библиотеки PARMONC. Вычисления проведены в суперкомпьютерном центре ИВМиМГ СО РАН. В результате эксперимента получены временные распределения интенсивностей I_1 – линейно- и I_2 – кросс-поляризованного излучения, d – степени деполяризации эхо-сигнала, разложение их по степеням рассеяния. Показано, что наличие фракции крупных капель в рассеивающем облачном слое приводит к увеличению эффекта многократного рассеяния на длинах волн терагерцевого диапазона и, как следствие, к увеличению степени деполяризации сигнала обратного рассеяния. На временном интервале при отсутствии однократного рассеяния коэффициент деполяризации излучения более чем в 1,5 раза выше

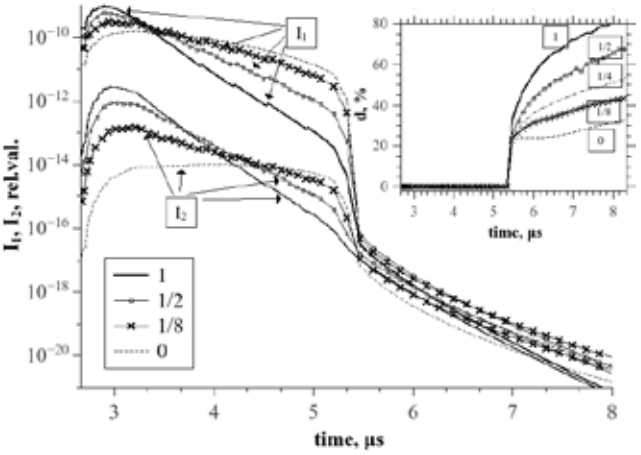


Рис. 1. Временно́е распределение интенсивности I_1, I_2 и степени деполяризации излучения d для длины волны $\lambda = 200$ мкм при различных концентрациях крупных капель: 1 – концентрация крупных капель соответствует заданной модели; 1/2 – концентрация уменьшена в два раза, 1/4 – в четыре раза, 1/8 – в восемь раз, 0 – крупные капли отсутствуют в рассеивающем объеме

для рассеивающего облачного слоя, в котором учитывается фракция крупных капель, чем для слоя, где учитывается только "мелкокапельная" фракция.

Предложен и исследован класс (м,к)-методов решения эволюционных задач, данных в неявном виде (неразрешенных относительно производных). Для систем индекса 1 получены оптимальные по вычислительным затратам схемы до 4-го порядка точности с использованием при реализации приближенных матриц производных.

Введено понятие *меры управляемости* для детерминированных и стохастических процессов, математические модели которых представляют собой итерационные алгоритмы. Эта мера равна величине, обратной количеству элементов множества предельных состояний соответствующего итерационного процесса. В качестве примера итерационного процесса с большой мерой управляемости изучены рандомизированные модели ресурсных систем. В качестве содержательного примера итерационного процесса с малой мерой управляемости изучен мультипликативный метод вычетов.

Разработаны новые алгоритмы моделирования негауссовских условных полей, основанные на использовании разработанных ранее алгоритмов моделирования условных гауссовских полей и метода обратных функций распределения. Разработан специальный алгоритм моделирования индикаторных условных полей.

Предложен метод оценки степени неоднородности реальных случайных полей. Разработаны алгоритмы моделирования неоднородных полей, основанные на стохастической интерполяции значений поля, детерминированной интерполяции параметров одномерных распределений и использовании нелинейных функциональных зависимостей между характеристиками поля.

Предложенные алгоритмы использованы для решения задач статистической метеорологии, океанологии и геофизики, в том числе при исследовании аномальных и экстремальных атмосферных и океанических явлений. На основе реальных данных разработан ряд моделей.

1. Модели пространственных и пространственно-временных полей среднемесячной температуры воздуха, а также суммарного за месяц количества осадков, учитывающие годовой ход реальных процессов и пространственную неоднородность полей по одномерным распределениям. Верификация моделей проводилась с использованием данных реальных наблюдений на метеорологических станциях. На основе моделей методом прямого моделирования выполнены оценки вероятностей длительных похолоданий и выпадения аномально большого количества осадков в районе оз. Байкал.

2. Модели совместных полей среднесуточной приземной температуры и относительной влажности воздуха с учетом уравнения состояния влажного воздуха. Построенные модели

требуют существенно меньших затрат машинной памяти по сравнению со стандартной моделью, в которой используется совместная корреляционная матрица рассматриваемых полей.

3. Модели однородных и неоднородных пространственных и пространственно-временных полей суточных сумм жидких осадков. Разработана мультипликативная численная стохастическая модель пространственных и пространственно-временных суточных сумм жидких осадков, преимуществом которой является высокая точность учета перемежаемости пространственно-временных областей с осадками и без них. Для моделирования количества выпавших осадков используется впервые предложенная специальная модификация метода обратных функций распределения, значительно уменьшающая объем вычислений и не требующая дополнительной корректировки корреляционной функции. Построена численная стохастическая модель неоднородных пространственно-временных полей индикаторов осадков на основе стохастической интерполяции значений поля с метеорологических станций в узлы регулярной сетки. На основе моделей получены оценки характеристик аномальных осадков, в частности длительного интенсивного выпадения осадков на всей заданной территории.

Построена пространственно-временная спектральная модель взволнованной морской поверхности, применяемая для оценки вероятности возникновения и исследования статистических свойств гигантских волн. Исследована ошибка модели в зависимости от числа гармоник и размера области, в которой проводится моделирование. Проведенные исследования позволяют уменьшить трудоемкость расчета характеристик аномального волнения.

В рамках метода подсеточного моделирования получены эффективные коэффициенты для задачи распространения акустических волн в многомасштабной изотропной трехмерной среде. Плотность среды и коэффициент жесткости моделируются мультипликативными каскадами Колмогорова, которые в настоящее время оказываются единственным математическим аппаратом для моделирования стационарных мультифрактальных полей с логарифмически устойчивыми распределениями. Поля с устойчивым распределением генерируются с помощью линейной комбинации случайных величин, весовые коэффициенты которых удовлетворяют заданным условиям в узлах пространственной сетки.

Результаты работ по проектам РФФИ

Проект РФФИ № 14-01-31425 мол_а "Дискретное стохастическое моделирование процессов самоорганизации в физико-химических и биологических системах".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Киреева А. Е.

Разработана и реализована клеточно-автоматная модель реакции окисления монооксида углерода на частицах платины, нанесенных на инертный носитель. В модели учитывается изменение формы и размера частиц платины вследствие диффузии. Численно исследовано влияние температуры и начальной геометрии частиц на кинетику реакции. Выявлен диапазон температур, в котором реакция протекает в автоколебательном режиме. Обнаружено, что при расположении частиц на близком расстоянии происходит синхронизация процессов, протекающих на соседних частицах. На рис. 2 показан процесс распространения кислородной волны между соседними частицами, полученный с помощью клеточно-автоматного моделирования.

Проект РФФИ № 15-01-00977 "Стохастические краевые задачи и их приложения в задачах матфизики и физхимии: модели и методы Монте-Карло на основе случайных блужданий".

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

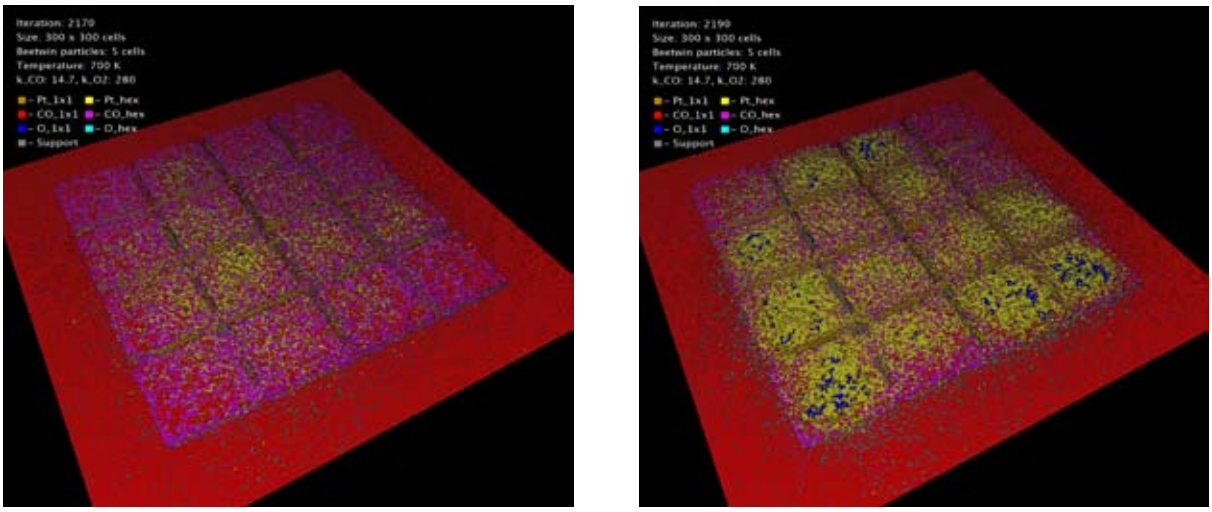


Рис. 2. Распространение кислородной волны на соседние частицы платины, полученное в результате моделирования реакции окисления CO

Проект РФФИ №15-01-01458 "Разработка и исследование численных стохастических моделей случайных процессов и полей для решения задач статистической метеорологии, гидрологии, океанологии и геофизики".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Огородников В. А.

Разработаны новые эффективные алгоритмы численного статистического моделирования:

1) асимптотически стационарных кусочно-линейных процессов на основе однородных пуассоновских точечных потоков. Исследованы статистические свойства этих процессов, получены точные выражения для начальных моментов процесса. Исследованы асимптотические свойства процесса. Численно показано, что корреляционные функции процесса не являются выпуклыми;

2) асимптотически периодически коррелированных кусочно-постоянных процессов, основанных на неоднородных пуассоновских точечных потоках. Аналитически описана корреляционная структура процессов для произвольной функции интенсивности пуассоновского потока;

3) приближенных гауссовских периодически коррелированных процессов на основе спектрального представления, для которого используется семейство спектральных плотностей, зависящих от параметра, являющегося периодической функцией времени. Получены аналитические выражения, описывающие корреляционную функцию процесса;

4) однородных гауссовских полей на основе модификации метода факторизации корреляционной матрицы и рандомизации параметров корреляционной функции. Построенные алгоритмы позволяют моделировать однородные поля со специальными анизотропными свойствами корреляционной функции. Используемый метод рандомизации позволяет моделировать поля с широким классом невыпуклых корреляционных функций.

Результаты работ по проектам Российского научного фонда

Проект РНФ № 14-11-0008 "Стохастические и клеточно-автоматные модели и алгоритмы для систем нелинейных интегро-диференциальных 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.

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

Новый вариант использования подхода "first passage time", который мы назвали "survival probability technique", т. е. подход, основанный на вероятности выживания, предложен нами для решения задачи о катодолюминесценции. Этот метод используется физиками для визуализации таких наномасштабных структур, как дислокации в кристаллах. Для решения этой задачи требуется моделировать диффузию экситонов в кристалле, где имеются дислокации, на которых экситоны могут частично поглощаться или отражаться. Фактически необходимо решать задачу в достаточно сложной геометрии, в которой попытка прямого моделирования движения экситонов потребовала бы слишком больших вычислительных ресурсов, что сделало бы ее практически нереализуемой. Предложенный алгоритм блуждания по сферам и полусферам использует аналитическое выражение для вероятности выживания экситонов в данных простых областях. Это кардинально повышает эффективность моделирования диффузии экситонов и позволяет решать задачи визуализации дислокаций в кристаллах за считанные минуты.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Бандман О. Л., Киреева А. Е. Стохастическое клеточно-автоматное моделирование колебаний и автоволн в реакционно-диффузионных системах // СибЖВМ. 2015. Т. 18. С. 255–274. (*в базе РИНЦ*; *перевод в базе Web of Science*)

2. Каблукова Е. Г., Каргин Б. А., Лисенко А. А., Матвиенко Г. Г. Численное моделирование поляризационных характеристик эхосигнала при наземном зондировании облаков в терагерцовом диапазоне // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28, № 10. С. 892–900.

[Kablukova E. G., Kargin B. A., Lisenko A. A., Matvienko G. G. Numerical simulation of polarized terahertz echo-signal properties at ground-based cloud remote sensing // Atmospheric and oceanic optics. 2015. V. 28. No 10. P. 892–900.] (*в базе РИНЦ*)

3. Киреева А. Е. Генерация компьютерного представления пористой структуры с помощью тоталистического клеточного автомата // Прикладная дискретная математика. 2015. № 1 (27). С. 120–128. (*в базе РИНЦ, перевод в базе Web of Science*)

4. Огородников В. А., Сересева О. В. Мультипликативная численная стохастическая модель полей суточных сумм жидких осадков и ее использование для оценки статистических характеристик экстремальных режимов их выпадения // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 3. С. 238–245. (*перевод в базе Scopus*)

5. Prigarin S. M., Aleshina T. V. Monte Carlo simulation of ring-shaped returns for CCD LIDAR systems // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2015. V. 30, No 4. P. 251–257. (*в базах РИНЦ*, *Scopus*, *Web of Science*)

Зарубежные издания

1. Kabanikhin S. I., Sabelfeld K. K., Novikov N. S., Shishlenin M. A. Numerical solution of an inverse problem of coefficient recovering for a wave equation by a stochastic projection methods // MCMA. 2015. V. 21, iss. 3. (*в базе Scopus*)

2. Kablukova E. G., Prigarin S. M., Rozhenko S. A. Phase functions, glories, fogbows and coronas for clouds with mirror-transformed gamma- and bimodal-distributions // Proc. of the 21st International symposium atmospheric and ocean optics: Atmospheric physics (SPIE 9680), 968026, Nov. 19, 2015. 5 p. DOI:10.1117/12.2205949. (*в базе Web of Science*)

3. Kabanikhin S. I., Sabelfeld K. K., Novikov N. S., Shishlenin M. A. Numerical solution of the multidimensional Gelfand – Levitan equation // J. Inverse and Ill-posed problems. 2015. V. 23, iss. 5. P. 439–450. (*в базах Scopus, Web of Science*)

4. Kolyukhin D., Sabelfeld K. Stochastic small perturbation based simulation technique for solving isotropic elastostatics equations // MCMA. 2015. V. 21, iss. 2. (*в базе Scopus*)

5. Sabelfeld K. A stochastic model and Monte Carlo simulation algorithm for fluctuation-induced H2 formation on the surface of interstellar dust grains // J. of Cosmology and Astroparticle Physics. 2015. Published online 28.09.2015. JCAP 09 (2015) 061.
(*в базах Scopus, Web of Science*).

6. Kireeva A. E., Sabelfeld K. K. Cellular automata model of electrons and holes annihilation in an inhomogeneous semiconductor // Lecture Notes In Computer Science. 9251. 2015. P. 191–200. (*в базах Scopus, Web of Science*)

7. Sabelfeld K. K., Levykin A. I., Kireeva A. E. Stochastic simulation of fluctuation-induced reaction-diffusion kinetics governed by Smoluchowski equations // Monte Carlo Methods and Applications. 2015. V. 21, iss. 1. P. 33–48 (*в базе Scopus*)

8. Sabelfeld K., Brandt O., Kaganer V. Stochastic model for the fluctuation-limited reaction-diffusion kinetics in inhomogeneous media based on the nonlinear Smoluchowski equations // J. Math. Chemistry. 2015. V. 53, iss. 2. P. 651–669. (*в базах Scopus, Web of Science*)

9. Sabelfeld K., Mozartova N. Stochastic algorithms for solving linear and nonlinear inverse ill-posed problems for particle size retrieving and x-ray diffraction analysis of epitaxial films // J. Inverse and Ill-posed problems. [Electron. resource]. 10.1515/jiip-2015-0043. Published online July 17, 2015. (*в базах Scopus, Web of Science*)

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.
(*в базах Scopus, Web of Science*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Kireeva A. E., Sabelfeld K. K. Cellular automata model of electrons and holes annihilation in an inhomogeneous semiconductor // Proc. of the 13th Intern. conf. "Parallel Computing Technologies" (PaCT 2015), Petrozavodsk, Aug. 31 – Sept. 4, 2015. Lecture Notes in Computer Science. 2015. V. 9251. P. 191–200. (*в базах Scopus, Web of Science*).

2. Levykin A. I., Novikov E. A. A study of (m,k)-methods for solving differential-algebraic systems of index 1 // Communication on Computer and Information Science. 2015. V. 549. P. 94–107. Springer Int. Publishing. DOI:10.1007/978-3-319-25058-8.

3. Sabelfeld K. K. Stochastic simulation of fluctuation-induced enzyme kinetics in vicinity of traps, based on probabilistic tunneling and diffusion mechanisms // Proc. of the Intern. conf. on biomedical engineering and computational technologies (SIBIRCON). IEEE. 2015. P. 156–159. ISBN 978-1-4673-9109-2. (*в базах Scopus, Web of Science*).

4. Сабельфельд К. Стохастические модели и алгоритмы с приложениями в оптоэлектронике // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 2015. С. 657–663. ISBN 978-5-9905347-2-8. (*в базе РИНЦ*)

5. Сабельфельд К., Киреева Н. Стохастический и клеточно-автоматный алгоритмы для анализа случайных полей концентрации электронов и дырок // Там же. С. 650–656. (*в базе РИНЦ*)

6. Шалимова И. А., Сабельфельд К. К., Дульзон О. В. Стохастический метод коллокаций для решения начально-краевых задач со случайными входными данными // Там же. С. 838–844. (*в базе РИНЦ*)

7. Kargapolova N. A., Ogorodnikov V. A. An algorithm for numerical simulation of isotropic random fields and its meteorological application // Proc. of the Intern. workshop ``Applied Methods of Statistical Analysis. Nonparametric approach", 2015. P. 392–399. (*в базе РИНЦ*)

8. Sereseva O. V., Ogorodnikov V. A. Piecewise linear processes on the poisson flow // Ibid. P. 384–391. (*в базе РИНЦ*)

9. Бабичева Г. А., Каргаполова Н. А., Огородников В. А. Рандомизированный алгоритм моделирования однородных случайных полей с невыпуклыми корреляционными функциями // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 2015. [Элекстрон. ресурс]. С. 91–95. (*в базе РИНЦ*)

10. Шлычков В. А., Огородников В. А., Сересева О. В. Совместная численная стохастическая модель временных рядов суточного стока реки и пространственно-временных полей суточных сумм жидких осадков // Труды 11-го Международного научного конгресса "ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2015", Новосибирск, 2015. Т. 1. С. 150–154. (*в базе РИНЦ*)

11. Медвяцкая А. М., Огородников В. А. Приближенная модель периодически коррелированного случайного процесса на основе спектрального представления // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 2015. С. 484–489. [Электрон. ресурс]. (*в базе РИНЦ*)

12 . Каргаполова Н. А. Стохастические модели пространственно-временных полей метеорологических элементов в районе озера Байкал // Там же. С. 308–313. (*в базе РИНЦ*)

13. Скворцов С. С., Каргаполова Н. А. Численное стохастическое моделирование совместных полей температуры воздуха и относительной влажности // Там же. С. 670–675. (*в базе РИНЦ*)

14. Андорный Е. Н., Войтишек А. В. Мера управляемости стохастических моделей, описываемых итерационными алгоритмами с периодическими множествами предельных состояний // Материалы 6-й Междунар. конф "Проблемы оптимизации и экономические приложения", Омск, 2015. Омск: ОмГУ, 2015. С. 153–154.

15. Андорный Е. Н., Войтишек А. В. Мера управляемости стохастических численных итерационных алгоритмов // Труды 11-й Междунар. Азиат. школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем". Чолпон-Ата (Киргизия), 2015. Алма-Ата: НЦ НТИ, 2015. Ч. 1. С. 45–51.

16. Анисова М. А., Войтишек А. В. Подход к оптимизации плана перевозок и тарифов в транспортной логистике с использованием нелинейной стохастической транспортной модели // Там же. С. 52–56.

17. Войтишек А. В. Любое ли вероятностное распределение можно смоделировать на ЭВМ? // Там же. С. 201–209.

18. Kablukova E. G; Kargin B. A.; Lisenko A. A. Numerical modeling of polarization properties of return signals in ground-based LIDAR cloud sensing // Proc. of the 20th conf. "Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere XX", SPIE 9640, 96400G, Oct. 16, 2015. DOI:10.1117/12.2194492. (*в базе Web of science*)

19. Kablukova E. G.; Kargin B. A.; Lisenko A. A. Statistical numerical simulation of polarized terahertz radiation propagation in a cloud layer // Proc. of the 21st Intern. symp. "Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics", SPIE 9680, 96802C, Nov. 19, 2015. DOI:10.1117/12.2205974. (*в базе Web of science*)

20. Kablukova E. G.; Prigarin S. M.; Rozhenko S. A. Phase functions, glories, fogbows and coronas for clouds with mirror-transformed gamma- and bimodal distributions // Ibid. SPIE 9680, 968026. DOI:10.1117/12.2205949. (*в базе Web of science*)

21. Matvienko G. G.; Lisenko A. A.; Babchenko S. V.; Kargin B. A., Kablukova E. G., Kubarev V. V. Experimental study of the interaction of THz radiation FEL with the atmosphere and water droplet aerosol // Ibid. SPIE 9680, 968041. DOI:10.1117/12.2205696. (*в базе Web of science*)

22. Litvenko K., Prigarin S., Sagoyakova E., The accuracy of spectral models for the sea surface simulation // Proc. of the Intern. workshop "Applied methods of statistical analysis. Nonparametric approach", Novosibirsk; Belokurikha, Sept. 14–19, 2015. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. С. 400–408. (*в базе РИНЦ*)

23. Каблукова Е. Г., Пригарин С. М. Индикатрисы рассеяния, глории и венцы для облаков и туманов с бимодальными и зеркальными гамма-распределениями капель // Материалы 21-го Междунар. симп. "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы". Томск, 2015. [Электрон. ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2015. С. В174–В177.

24. Анисова М. А., Андорный Е. Н. Стохастическая устойчивость итерационных моделей ресурсных систем // Материалы 6-й Междунар. конф. "Проблемы оптимизации и экономические приложения". Омск: ОмГУ, 2015. С. 152–153. (*в базе РИНЦ*)

25. Sabelfeld K. K., Levykin A. I., Kireeva A. E. A stochastic model for electron-hole annihilation by tunneling and diffusion based on a nonlinear smoluchowski equations // Proc. of the 5th Intern. conf. on communication systems and network technologies CSNT 2015. IEEE, 2015. P. 1274–1278. (*в базе Scopus*)

Прочие издания

1. Войтишек А. В. Мера управляемости стохастических моделей, описываемых итерационными алгоритмами с периодическими множествами устойчивых состояний // Тез. Междунар. конф. "Дифференциальные уравнения и математическое моделирование". Улан-Удэ: ВСГТУ, 2015. С. 83–84.

2. Voytishek A. V. Controllability measure of stochastic iterative numerical processes // Abst. of the 8th Intern workshop on simulation, Vienna (Austria), Institute of Applied Statistics and Computing; University of Natural Resources and Life Science, 2015. P. 217.

3. Пригарин С. М. Статистическое моделирование рассеяния лазерных импульсов в облачном слое // Тез. Междунар. симп. "Атмосферная радиация и динамика" (МСАРД – 2015), Санкт-Петербург, 23–26 июня 2015 г. С-Пб.: Б. и., 2015. С. 119–120.

4. Aleshina T., Prigarin S. M. Monte Carlo simulation of the wide-angle CCD LIDAR returns // Abst. of the 8th Intern workshop on simulation, Vienna (Austria), Institute of Applied Statistics and Computing; University of Natural Resources and Life Science, 2015. P. 15.

5. Litvenko K. V., Prigarin S. M. Numerical models of the sea surface: applications and accuracy // Abst. of the 8th Intern workshop on simulation, Vienna (Austria), Institute of Applied Statistics and Computing; University of Natural Resources and Life Science, 2015. P. 127–128.

6. Анисова М. А. Стохастическая устойчивость итерационных моделей ресурсных систем // Тез. Междунар. конф. "Дифференциальные уравнения и математическое моделирование". Удан-Удэ: ВСГТУ, 2015. С. 46–48.

Участие в конференциях и совещаниях

1. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 1 пленарный, 5 приглашенных, 8 секционных докладов (Сабельфельд К. К., Войтишек А. В., Андорный Е. Н.; Каблукова Е. Г., Каргин Б. А., Каргин А. Б., Киреева А. Е.; Сересева О. В., Огородников В. А., Шалимова И. А., Анисова М. А., Бабичева Г. А., Каргаполова Н. А., Медвяцкая А. М., Пригарин С. М. Алешина Т. В., Че Н. К., Скворцов С. С.).

2. 21-й Международный симпозиум "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы", Томск, 22–26 июня 2015 г. – 1 доклад (Каблукова Е. Г., Пригарин С. М.).

3. 8th International workshop on simulation, Vienna, September 21–25, 2015 – 5 докладов (Литвенко К. В., Пригарин С. М.; Алешина Т. В., Kargapolova N. A., . Ogorodnikov V. A, Sereseva O. V., Voytishek A. V.).

4. Международный симпозиум "Атмосферная радиация и динамика" (МСАРД – 2015), 23–26 июня 2015 г., Санкт-Петербург – 1 доклад (Пригарин С. М.).

5. International workshop "Applied methods of statistical analysis. Nonparametric approach", Novosibirsk; Belokurikha, September 14–19, 2015 – 3 доклада (Литвенко К. В., Пригарин С. М., Сагоякова Е. Р., Kargapolova N. A., Ogorodnikov V. A., Sereseva O. V.).

6. International conference "Computational and informational technologies in science, engineering and education" (CITech-2015), Almaty (Kazakhstan), September 2015 – 1 доклад (Левыкин А. И.).

7. The International conference on communication systems and computing application science (CSCAS2015), Jeju Island (South Korea), May 16–17, 2015 – 1 доклад (Левыкин А. И.).

8.11-й Международный научный конгресс "ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2015". Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г. – 1 доклад (Шлычков В. А., Огородников В. А., Сересева О. В.).

9. 13th International conference "Parallel Computing Technologies" (PaCT 2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015 – 1 доклад (Сабельфельд К. К., Киреева А. Е.).

10. 22-я Рабочая группа "Аэрозоли Сибири", Томск, 24–27 ноября 2014 г. – 1 доклад (Огородников В. А., Сересева О. В.).

11. Международная конференция "Дифференциальные уравнения и математическое моделирование", Удан-Удэ: ВСГТУ, 2015 – 1 доклад (Войтишек А. В.).

12. International conference on biomedical engineering and computational technologies (SIBIRCON), 2015 – 1 доклад (Sabelfeld K. K.).

13. 11-я Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", Иссык-Куль (Кыргызская республика), 27 июля – 8 августа 2015 г. – 1 пленарный, 2 секционных доклада ((Войтишек А. В., Андорный Е. Н., Анисова М. А.).

14. Международная конференция "Дифференциальные уравнения и математическое моделирование"; Удан-Удэ, 22–27 июня 2015 г. – 1 пленарный, 1 секционный доклад (Войтишек А. В., Анисова М. А.).

15. 6-я Международная конференция "Проблемы оптимизации и экономические приложения". Омск, 29 июня – 3 июля 2015 г. – 2 секционных доклада (Войтишек А. В., Андорный Е. Н., Андорный Е. Н., Анисова М. А.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Сабельфельд К. К.:

– член программного комитета конференции "IMACS Monte Carlo Seminar" (Linz),

– член программного комитета конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.,

– член программного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", 19–23 октября 2015 г.,

– член научного комитета секции "Математика" 53-й Международной студенческой научной конференции "Студент и научно-технический прогресс"; Новосибирск, 11–17 апреля 2015 г.;

2. Каргин Б. А.

– член программного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

3. Каргаполова Н. А. – член организационного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

4. Войтишек А. В.:

– член оргкомитета Конференции молодых ученых Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск, 6–8 апреля 2015 г.,

– член научного комитета секции "Математика" 53-й Международной студенческой научной конференции "Студент и научно-технический прогресс", Новосибирск, 11–17 апреля 2015 г.;

5. Пригарин С. М. – член научного комитета секции "Математика" 53-й Международной студенческой научной конференции "Студент и научно-технический прогресс"; Новосибирск, 11–17 апреля 2015 г.;

6. Огородников В. А. – член научного комитета секции "Математика" 53-й Международной студенческой научной конференции "Студент и научно-технический прогресс", Новосибирск, 11–17 апреля 2015 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 16
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 13
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 18
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 5
Публикаций в зарубежных изданиях – 10
Публикаций в материалах международных конференций – 25
Публикаций в прочих изданиях – 6
Докладов на конференциях – 32, в том числе 3 пленарных.
Участников оргкомитетов конференций – 10.

Кадровый состав

1. Каргин Б. А.	– зав. лаб.	д.ф.-м.н.
2. Войтишек А. В.	– в.н.с.	д.ф.-м.н.
3. Сабельфельд К. К.	– г.н.с.	д.ф.-м.н.
4. Огородников В. А.	– г.н.с.	д.ф.-м.н.

5. Пригарин С. М. – в.н.с. д.ф.-м.н.
6. Левыкин А. И. – с.н.с. к.ф.-м.н.
7. Каблукова Е. Г. – н.с. к.ф.-м.н.
8. Каргаполова Н. А. – м.н.с. к.ф.-м.н.
9. Киреева А. Е. – м.н.с. к.ф.-м.н.
10. Сересева О. В. – м.н.с. 0,5 ст.
11. Шалимова И. А. – с.н.с. к.ф.-м.н.
12. Каргин А. Б. – ведущ. инженер

Сересева О. В., Киреева А. Е., Каргаполова Н. А. – молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

Каргин Б. А. – профессор НГУ
Пригарин С. М. – профессор НГУ
Войтишек А. В. – профессор НГУ
Левыкин А. И. – доцент НГУ
Шалимова И. А. – доцент НГУ
Каргаполова Н. А. – ст. преподаватель НГУ
Сабельфельд К. К. – профессор НГУ
Огородников В. А. – профессор НГУ

Руководство аспирантами

Алешина Т. В. – 1-й год, НГУ, руководитель Пригарин С. М.
Анисова М. А. – 2-й год, ИВМ и МГ, руководитель Войтишек А. В.
Скворцов С. С. – 2-й год, ИВМ и МГ, руководитель Огородников В. А.

Руководство студентами

1. Сагоякова Е. Р. – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Пригарин С. М.
2. Хаглеева И. М. – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Пригарин С. М.
3. Коковякин Д. Г. – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Пригарин С. М.
4. Репин Д. С. – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Пригарин С. М.
5. Заковряшин А. В. – 1-й курс магистратуры НГУ, руководитель Пригарин С. М.
6. Миронова Д. Э. – 1-й курс магистратуры НГУ, руководитель Пригарин С. М.
7. Никушкин Н. Ю. – 1-й курс магистратуры НГУ, руководитель Пригарин С. М.
8. Рыбдылова Г. С. – 1-й курс магистратуры НГУ, руководитель Пригарин С. М.
9. Алдохин А. С. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Войтишек А. В.
10. Шипилов Н. М. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Войтишек А. В.
11. Андорный Е. Н. – 1-й курс магистратуры НГУ, руководитель Войтишек А. В.
12. Прасол Д. А. – 1-й курс магистратуры НГУ, руководитель Войтишек А. В.
13. Абдразакова А. Р. – 3 курс ММФ НГУ, руководитель Войтишек А. В.
14. Дульзон О. В. – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Шалимова И. А.
15. Еремеев Г. В. – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Сабельфельд К. К.
16. Бабичева Г. А. – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Огородников В. А.
17. Ефремов С. А. – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Сабельфельд К. К.
18. Медвяцкая А. М. – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Огородников В. А.

Лаборатория вычислительной физики

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. Свешников В. М.

Важнейшие достижения

Расчет потенциала проводящего тела в гармоническом по времени магнитном поле.

Предложен численный метод определения векторного потенциала внутри проводника во внешнем магнитном поле, гармонически изменяющемся во времени в квазистационарном приближении. Задача сводится к решению уравнения Гельмгольца в проводящем теле при условии, что нормальная составляющая правой части уравнения на поверхности проводника равна нулю. Для решения исходной задачи предложен итерационный метод, суть которого состоит в том, что сначала находится распределение поверхностного заряда, обеспечивающего выполнение граничного условия для векторного потенциала на поверхности проводника, а затем – последующее приближение для векторного потенциала путем решения уравнения Пуассона. Метод иллюстрируется численными экспериментами.

К.ф.-м.н. Савченко А. О.

Результаты исследований опубликованы в работах:

1. Савченко А. О., Савченко О. Я. Проводящее тело в переменном магнитном поле // ЖТФ. 2015. Т. 85, вып. 7. С. 8–12.

2. Savchenko A. Conducting body in a varying magnetic field // Proc. of the Intern. conf. "Computer technologies in physical and engineering applications (ICCTPEA), St. Petersburg, June 30 – July 4, 2014. P. 156–157.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.4.1.2. "Математическое моделирование сложных природных процессов с использованием параллельных и распределенных вычислений".

Номер государственной регистрации НИР 01201370231.

Руководители: д.ф.-м.н. Вшивков В. А., д.ф.-м.н. Свешников В. М.

Разработаны алгоритмы и технологии моделирования задач электронной оптики с сильными неоднородностями, состоящих в расчете движения плотных пучков заряженных частиц в электростатических полях на неструктурированных тетраэдральных сетках. Сетки строятся при помощи известного сеточного генератора NetGen. Разработаны экономичные алгоритмы распределения объемного заряда на неструктурированных сетках. Для верификации предложенных подходов проведены численные расчеты тестовых задач.

Для исследования процессов в бесстолкновительной плазме зачастую применяются гибридные (комбинированные) модели. В данных моделях движение ионов описывается кинетическим уравнением Власова, а для описания движения электронов используются уравнения магнитной гидродинамики (МГД). Исследования на основе гибридного приближения существенно снижают требования к вычислительным ресурсам по сравнению с использованием полностью кинетических моделей и в настоящее время являются наиболее перспективными с точки зрения вычислительного эксперимента. Для реализации этих моделей

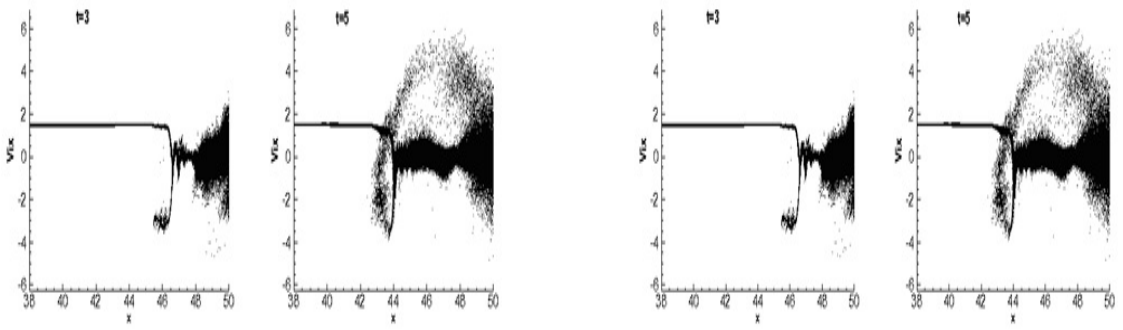
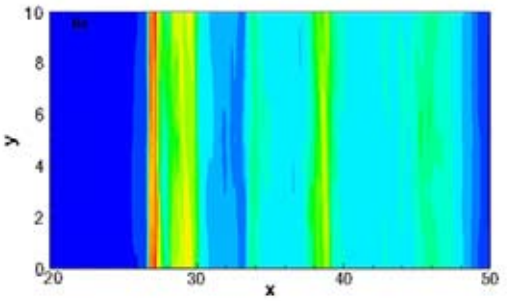


Рис. 1. Фазовые плоскости в моменты времени $t = 3; 5$. Начальная скорость частиц v_0=1,5, число Маха $Ma = 2{,}8$. Отражение ионов ударной волной с вращением по ларморовскому радиусу и образованием квазистационарной структуры, связанной с непрерывным отражением набегающего потока плазмы ударной волной и его вращением во внешнем магнитном поле

Рис. 2. Магнитное поле B_z



требуется применение метода частиц-в-ячейках и практика решения задач, основанных на алгоритмах параллельных вычислений.

На основе двумерной гибридной численной модели проведена серия вычислительных экспериментов по исследованию структуры бесстолкновительных ударных волн в плазме и ускорения ионов на их фронте. При моделировании ударная волна формируется следующими способами: 1) путем отражения сверхзвукового потока от границы области и последующего взаимодействия между входящим и отражающимся потоками плазмы; 2) при взаимодействии потока плазмы с неподвижным фоном. Одним из важных преимуществ созданной гибридной модели является возможность изучения плазменных неустойчивостей на ионно-временных масштабах, не учитывая электронные высокочастотные моды. Проведенные расчеты показали большую зависимость устойчивости схемы от вычислительных параметров, поэтому была предложена новая вычислительная схема для реализации созданной математической модели.

Тестовые расчеты (рис. 1, 2) показали адекватные физические результаты, позволяющие исследовать структуру бесстолкновительной ударной волны и исследовать механизм ускорения ионов на ее фронте в зависимости от напряженности магнитного поля и температуры. Созданные вычислительные алгоритмы и коды могут найти применение при решении ряда других задач астрофизики и физики высокотемпературной плазмы.

Предложен новый итерационный алгоритм решения внешней краевой задачи для уравнения Гельмгольца на основе декомпозиции расчетной области на две пересекающиеся подобласти, конечную и бесконечную, и последовательного решения внутренней и внешней краевых задач в каждой из этих подобластей. Исследованы условия сходимости предложенного алгоритма для уравнений Гельмгольца, имеющих вещественные решения. Выполнена численная реализация алгоритма на широком классе модельных задач.

Результаты работ по проектам РФФИ

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

Руководитель – д.ф.-м.н. Ильин В. П.

Предложены и исследованы мультипредобусловленные методы полусопряженных направлений для решения больших несимметричных положительно определенных СЛАУ с разреженными матрицами, включающие алгоритмы полусопряженных градиентов и полусопряженных невязок и представляющие собой блочные итерационные процессы в подпространствах Крылова с использованием нескольких предобусловливающих матриц на каждом шаге.

Построены и экспериментально исследованы новые алгоритмы грубосеточной коррекции, основанные на формировании агрегирующего предобусловливателя путем малоранговой аппроксимации исходной матрицы с использованием финитных базисных функций лагранжевого типа различных порядков для значительного ускорения параллельных итерационных методов декомпозиции.

Созданы и обоснованы итерационные методы декомпозиции областей для решения многомерных внешних краевых задач для уравнений Пуассона и Гельмгольца. В первом случае сходимость итераций доказана теоретически, во втором – экспериментально. Все разработанные методы программно реализованы на универсальных сжатых матричных форматах (Compressed Sparse Row (CSR)), позволяющих эффективно применять их для решения больших практических задач на многопроцессорных МВС. Данные алгоритмы прошли стадии валидации, верификации и сравнительного анализа производительности на представленной серии методических задач.

Проект РФФИ № 14-01-31304 мол-а "Гибридное численное моделирование механизмов ускорения космических лучей высоких энергий".

Руководитель – к.ф.-м.н. Вшивкова Л. В.

Разработан новый двумерный алгоритм для исследования механизмов генерации космических лучей на фронте ударной волны на основе гибридной численной модели. В данной модели ионы трактуются как частицы (для описания их движения используется кинетическое уравнение Власова), а электроны – при помощи МГД-уравнений. На основе предложенного алгоритма создан программный комплекс для изучения процессов отрыва космических лучей от ударной волны. Проведены расчеты для исследования структуры бесстолкновительной ударной волны в плазме и ускорения ионов на ее фронте, показавшие большую зависимость устойчивости схемы от вычислительных параметров. Поэтому была предложена модифицированная схема реализации созданной математической модели. Особенностью новой схемы является неявное вычисление напряженности магнитного поля и связанной с ней напряженности электрического поля. Получены результаты, соответствующие теоретическим представлениям изучаемого процесса. Проведены исследования механизма ускорения ионов на фронте ударной волны в зависимости от температуры и напряженности магнитного поля.

Результаты работ по проектам Российского научного фонда

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

Руководитель – д.ф.-м.н. Ильин В. П.

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.

Для решения многомерных краевых задач в ограниченных областях с кусочно-гладкими контрастными материальными свойствами и граничными условиями разных типов на различных поверхностных сегментах, аппроксимируемых на адаптивных неструктурированных сетках методами конечных объемов или конечных элементов, построено математическое и программное обеспечение, структурно представленное библиотекой параллельных алгебраических решателей KRYLOV. Получаемые системы линейных алгебраических уравнений высокого порядка с разреженными симметричными или несимметричными матрицами решаются двухуровневыми итерационными методами на основе декомпозиции сеточной расчетной области на подобласти с параметризованной величиной пересечений, причем на внутренних границах смежных подобластей ставятся интерфейсные условия различных типов (Дирихле, Неймана или Робена – Ньютона).

Разработан новый метод декомпозиции DDCS (Decomposition with Direct Coupling of Subdomains) для решения трехмерного уравнения Пуассона на основе созданного ранее параллельного алгоритма решения двумерного экранированного уравнения Пуассона. Декомпозиция выполняется по двум направлениям и основана на применении метода разделения переменных (преобразовании Фурье) в одном направлении и независимом решении экранированных уравнений Пуассона для каждой гармоники потенциала.

Предложен подход, согласно которому решение трехмерных внешних краевых задач находится методом декомпозиции расчетной области на две подобласти, сопрягаемые без наложения с условиями типа Нейман – Нейман. Для этого на границе раздела подобластей записывается операторное уравнение, следующее из условия сопряжения для искомой функции, которое аппроксимируется системой линейных алгебраических уравнений на специально введенной сетке. Полученная СЛАУ решается итерационными методами в подпространствах Крылова. При этом на каждой итерации находятся решения в подобластях с условием Неймана на границе раздела. Проведено экспериментальное исследование данного подхода на модельной задаче.

Разработаны алгоритмы и технологии решения нелинейной самосогласованной задачи оптики трехмерных интенсивных пучков заряженных частиц на тетраэдральных неструктурированных сетках. Предлагаемый подход основан на декомпозиции расчетной области на две непересекающиеся подобласти: прикатодную и основную. Решение трехмерной самосогласованной задачи в прикатодной подобласти строится аналитически, а в основной подобласти находится численно. На границе сопряжения подобластей вводится специальная двумерная сетка. Для сшивки решений в узлах данной сетки аппроксимируется нелинейное уравнение Пуанкаре – Стеклова при помощи системы нелинейных операторных уравнений, решаемой итерационным методом Бройдена, для реализации которого требуется решение одной вспомогательной самосогласованной задачи до проведения итераций. Отличительным

свойством разработанного подхода является то, что при его применении происходит выделение прикатодной особенности, что существенно повышает точность решения самосогласованной задачи в целом.

Разработаны параллельные алгоритмы решения трехмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках, основанные на декомпозиции расчетной области на подобласти, являющиеся элементами данных сеток. На границе сопряжения подобластей выполняется прямая аппроксимация уравнения Пуанкаре – Стеклова системой линейных алгебраических уравнений, которая решается итерационными методами в подпространствах Крылова. При этом на каждом шаге итерационного процесса необходимо решать подзадачи в подобластях. Это наиболее трудоемкая процедура во всем решении. Предложена следующая технология проведения вычислений: распараллеливание решения уравнения Пуанкаре – Стеклова реализуется на CPU в системе MPI, а решение в подобластях осуществляется методом Писмана – Рэчфорда с использованием графических ускорителей. Данная технология реализована в программном комплексе, при помощи которого проведено экспериментальное исследование эффективности применения графических ускорителей.

Выполнен цикл работ по методологиям и технологиям прикладного программного обеспечения для математического моделирования широкого круга задач, включая многочисленные электрофизические приложения. Исследования проблем повышения качества разработки и использования математических моделей и алгоритмов в отчетный период привели к результатам, касающимся методологии конструирования внешних и внутренних интерфейсов. Практической основой развития предлагаемой программистской парадигмы является разработка базовой системы моделирования (БСМ), предназначенной для мультидисциплинарной комплексной постановки и проведения вычислительных экспериментов. БСМ строится как интегрируемая математическая модульная гибкая расширяемая программная среда, адаптивная к решаемым задачам и используемым вычислительным средствам.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Ильин В. П. Вычислительная математика и информатика: мировые вызовы и российская "дорожная карта" // Вестн. РАН. 2015. Т. 85, № 2. С. 107–114. (*в базах РИНЦ, Scopus, Web of Science*)

2. Дымников В. П., Ильин В. П., Лаврова А. К., Лыкосов В. Н. Ученый, учитель, гражданин. К 90-летию со дня рождения академика Г. И. Марчука // Там же. № 5–6. С. 538–547. (*в базе РИНЦ*)

3. Гурьева Я. Л., Ильин В. П. О технологиях ускорения параллельных методов декомпозиции // Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. 2015. Т. 16. С. 146–154. (*в базе РИНЦ*)

4. Ильин В. П. О проблемах решения больших СЛАУ. Записки научных семинаров ПОМИ РАН. 2015. Т. 439. С. 112–127.

5. Денисенко В. В., Ильин В. П. Об ошибочности теоремы В. В. Аксенова // Вестн. БГУ. Сер.: Математика, информатика. 2015. Вып. 2. С. 16–21.

6. Савченко А. О., Савченко О. Я. Проводящее тело в переменном магнитном поле // ЖТФ. 2015. Т. 85, № 7. С. 8–12. (*в базах РИНЦ, Web of Science, Scopus*)

7. Свешников В. М. Метод декомпозиции расчетной области в задачах сильноточной электроники // СибЖИМ. 2015. Т. 18, № 2. С. 124–130. (*в базе РИНЦ*)

8. Скопин И. Н. Подход к конструированию интерфейсов приложений // В сб. Вычислительные технологии. 2015. Т. 20; Вестн. КазНУ им. аль-Фараби. Сер.: Математика, механика, информатика. 2015. № 3 (86). Ч. 4. С. 332–345. ISSN 1560-7534, 1563-0285.

9. Скопин И. Н. Об одном подходе к обучению программированию // Там же. С. 61–71.

Зарубежные издания

1. Gurieva Y. L., Il'in V. P. On parallel computational technologies of augmented domain decomposition methods // Proc. of the 13th Intern. conf. "Parallel Computing Technoligies" (PaCT 2015), Petrozavodsk, Aug. 31 – Sept. 4, 2015. LNCS 9251. P. 35–46.

(*в базах Scopus, Web of Science*)

2. Gurieva Y. L., Il'in V. P. Parallel approaches and technologies of domain decomposition methods // Journal of Mathematical Sciences. 2015. Vol. 207, N 5. P. 724–735. (*в базе Scopus*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Гурьева Я. Л., Ильин В. П. Методы редукции и параллельные технологии решения СЛАУ// Труды конференции ПАВТ'2015, Челябинск, 2015. С. 114–122 (*в базе РИНЦ*)

2. Ильин В. П. О компонентных технологиях высокопроизводительного математического моделирования // Труды Международной конференции ПАВТ-2015, Екатеринбург, 2015. С. 166–171. (*в базе РИНЦ*)

Прочие публикации

1. Vshivkova L. V., Dudnikova G. I., Liseykina T. V., Mesyats E. A. Hybrid simulation of collisionless shock waves using the PIC-method // Bulletin NCC. Ser.: Numerical Analysis. 2015. Vol. 17. P. 79–88. (*в базе РИНЦ*)

2. Вшивкова Л. В., Дудникова Г. И. Гибридная численная модель ускорения заряженных частиц // Труды конференции-школы "Современные проблемы математического моделирования", Ростов-на-Дону, 2015. С. 28–33. (*в базе РИНЦ*)

3. Вшивкова Л. В. Гибридное моделирование бесстолкновительных ударных волн // Докл. 11-го Всерос. съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Казань: Изд-во Казанского (Приволжского) федерального университета, 2015. С. 819–821. (*в базе РИНЦ*)

4. Ильин В. П. О программных компонентах математического моделирования // Вестник ЮФУ. Сер.: Вычислительная математика и информатика. 2015. Т. 4, № 3. С. 85–94.

(*в базе РИНЦ*)

5. Савченко А. О., Ильин В. П., Бутюгин Д. С. Метод решения внешней краевой задачи для уравнения Лапласа // Труды 16-й Всерос. конф. "Современные проблемы математического моделирования", пос. Абрау-Дюрсо, 14–19 сент. 2015 г. С. 202–207.

6. Свешников В. М. Численное моделирование интенсивных пучков заряженных частиц методом итераций по подобластям // Там же. С. 208-211.

Участие в конференциях и совещаниях

1. International conference "Computational and informational technologies in science, engineering and education", Almaty, Aug. 24–27, 2015 – 3 доклада (Ильин В. П., Скопин И. Н.).

2. International conference "Sparse days", St. Girons (France), June 29 – July 2, 2015 – 1 доклад (Ильин В. П.).

3. SIAM conference on applied linear algebra, Atlanta (USA), Oct. 26–30, 2015 – 1 доклад (Ильин В. П.).

4. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 13 докладов (Ильин В. П., Свешни-

ков В. М., Петухов А. В., Савченко А. О., Козырев А. Н., Вшивкова Л. В., Горбенко Н. И., Гурьева Я. Л., Гладких В. С., Скопин И. Н., Перевозкин Д. В.).

5. Международная конференция "Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования", Москва, 8–9 июня 2015 г. – 1 доклад (Ильин В. П.).

6. Международная конференция "Параллельные вычислительные технологии", Екатеринбург, 30 марта – 3 апреля 2015 г. – 1 доклад (Ильин В. П.).

7. Международная конференция "Суперкомпьютерные дни России", Москва, 28–29 августа 2015 г. – 1 доклад (Ильин В. П.).

8. 8-я Сибирская конференция по параллельным и высокопроизводительным вычислениям" (ПВВ-2015), Томск, 28–30 октября 2015 г. – 1 доклад (Климонов И. А., Свешников В. М.).

9. 16-я Всероссийская конференция-школа молодых исследователей "Современные проблемы математического моделирования", Абрау-Дюрсо, 14–19 сентября 2015 г. – 7 докладов (Свешников В. М., Вшивкова Л. В., Горбенко Н. И., Ильин В. П., Петухов А. В., Гладких В. С., Останин В. А., Перевозкин Д. В., Савченко А. О.).

10. 2-я Всероссийская научная конференция "Проблемы СВЧ электроники", Москва, 26–28 октября 2015 г. – 1 доклад (Ильин В. П., Свешников В. М.).

11. International workshop on complex plasma phenomena in the laboratory and in the universe, Rome (Italy), January 19–20, 2015 – 1 доклад (Вшивкова Л. В.).

12. Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ), Екатеринбург, 30 марта – 3 апреля 2015 г. – 1 доклад (Ильин В. П., Гурьева Я. Л.).

13. "Sparse days in St Girons III", Toulouse (France), June 29 – July 2, 2015 – 1 доклад (Ильин В. П., Гурьева Я. Л.).

14. 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015 – 1 доклад (Ильин В. П., Гурьева Я. Л.).

15. 23th International conference on domain decomposition methods, Jeju Island (Korea), July 6–10, 2015 – 1 доклад (Ильин В. П., Гурьева Я. Л., Перевозкин Д. В.).

16. 7-й Сибирский форум индустрии информационных систем, Новосибирск, 2015 – 1 доклад (Гладких В. С., Перевозкин Д. В., Петухов А. В.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Ильин В. П.:

– член программного комитета Международной конференции "ПаВТ-2015", Екатеринбург, 30 марта – 3 апреля 2015 г.;

– член программного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

– член оргкомитета 9-й Международной научно-технической конференции "Аналитические и численные методы моделирования естественнонаучных и социальных проблем" (АЧМ-2015), Пенза, 28–30 октября 2015 г.;

– член программного комитета 16-й Всероссийской конференции-школы "Современные проблемы математического моделирования", Абрау-Дюрсо, 14–19 сентября 2015 г.;

– член программного комитета 8-й Сибирской конференции по параллельным и высокопроизводительным вычислениям (ПВВ-2015), Томск, , 28–30 октября 2015 г.

2. Свешников В. М.:

– член программного комитета Международной конференции по математическому моделированию (МКММ-2015), Херсон, 15–19 сентября 2015 г.

– член программного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

3. Вшивкова Л. В.:

– член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

4. Петухов А. В.:

– член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 3
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 4
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 11
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 9
Публикаций в зарубежных изданиях – 2
Публикаций в материалах международных конференций – 2
Публикаций в прочих изданиях – 6
Докладов на конференциях – 36, в том числе 5 пленарных.
Участников оргкомитетов конференций – 9.

Кадровый состав

1. Свешников В. М.	зав. лаб.	д.ф.-м.н.
2. Ильин В. П.	г.н.с.	д.ф.-м.н.
3. Гурьева Я. Л.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
4. Савченко А. О.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
5. Горбенко Н. И.	н.с. 0,6 ст.	к.ф.-м.н.
6. Скопин И. Н.	с.н.с. 0,5 ст.	к.ф.-м.н.
7. Вшивкова Л. В.	м.н.с.	к.ф.-м.н.
9. Петухов А. В.	м.н.с.	
10. Перевозкин Д. В.	м.н.с. 0,25 ст.	
11. Козырев А. Н.	м.н.с. 0,25 ст.	
13. Ицкович Е. А.	ведущ. программист	
14. Тарасевич Л. М.	техник 1-й категории	
15. Гладких В. С.	инженер 1-й категории 0,6 ст.	

Козырев А. Н., Перевозкин Д. В. – молодые научные сотрудники:

Педагогическая деятельность

Ильин В. П. – профессор НГУ
Свешников В. М. – профессор НГУ
Скопин И. Н. – доцент НГУ

Руководство студентами

1. Климонов И. В. – 1-й курс магистратуры ММФ НГУ, руководитель Свешников В. М.
2. Колдаков И. В. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Скопин И. Н.
3. Останин В. А. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Ильин В. П.

4. Лаптев А. А. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Ильин В. П.
5. Смуткин Е. С. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Ильин В. П.
6. Августан Р. А. – 3-й курс ММФ НГУ, руководитель Ильин В. П.
7. Шангин А. А. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Ильин В. П.
8. Кузьмин А. Г. – 2-й курс магистратуры ММФ НГУ, руководитель Скопин И. Н.
9. Герасимов В. В. – 2-й курс магистратуры ММФ НГУ, руководитель Скопин И. Н.

Лаборатория математических задач химии

Зав. лабораторией − д.ф.-м.н. Лаевский Ю. М.

Важнейшие достижения

Предложена новая математическая модель фильтрационного горения газа (распространение фронта экзотермической реакции горючего газа в химически инертной пористой среде), основаная на системе уравнений первого порядка в терминах "температура каркаса – тепловой поток в каркасе", "полная газовая энтальпия – поток энтальпии", "масса недостающего компонента горючей смеси – поток массы". Фактически используется так называемая смешанная формулировка с последующей аппроксимацией смешанным методом конечных элементов. Такой подход позволит обеспечить точное выполнение сеточных законов сохранения. В рамках этой модели указан устойчивый способ определения мгновенной скорости фронта горения.

Кандрюкова Т. А., д.ф.-м.н. Лаевский Ю. М.

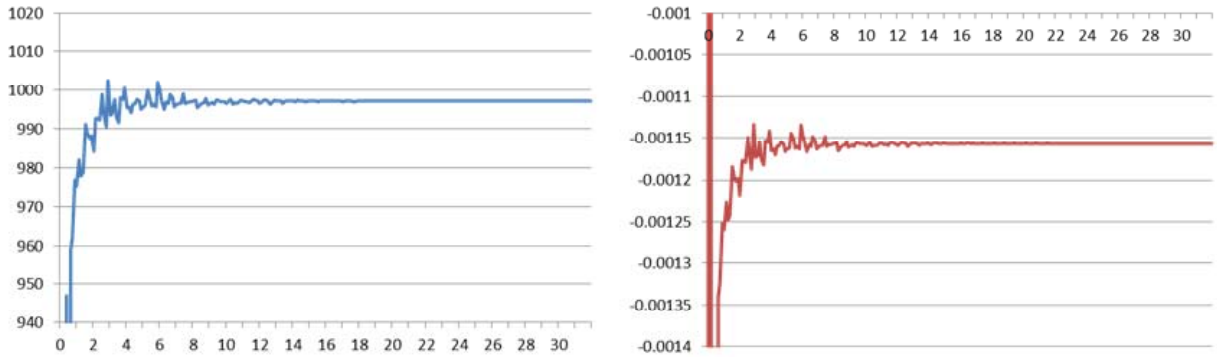


Рис. 1. Равновесная температура пористой среды (слева) и скорость распространения фронта горения (справа). Выход на стационарное движение фронта

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.2.1.1. "Сеточные методы для высокопроизводительных ЭВМ и их применение в задачах естествознания".

Номер государственной регистрации НИР 0121370224.

Руководители: д.ф.-м.н. Дебелов В. А., д.ф.-м.н. Лаевский Ю. М.

Завершены исследования параллельных реализаций векторных схем расщепления на основе технологий MPI и OpenMP для решения многомерных параболических и гиперболических систем уравнений. Проведенный анализ производительности и масштабируемости показал высокую эффективность кластерной реализации потоковых схем расщепления. Исследовано распараллеливание по MPI процессам и OpenMP потокам. В первом случае эффективность превышает 90, во втором – 80 %. Кроме того, исследованы особенности задания начальных данных для рассматриваемого класса методов. Результаты исследований широко представлены в научной литературе и на различных конференциях. По данной проблематике К. В. Ворониным в 2015 г. была защищена кандидатская диссертация:

В области моделирования процессов фильтрационного горения газа (распространение фронта экзотермической реакции горючего газа в химически инертной пористой среде)

предложена новая модель в виде системы уравнений первого порядка. Для этой модели указан устойчивый алгоритм вычисления мгновенной скорости фронта горения. Кроме того, начаты работы по MPI распараллеливанию двумерной модели ФГГ. Проведен предварительный анализ производительности и масштабируемости параллельной кластерной реализации моделей фильтрационного горения газов. Для двумерной задачи распараллеливание по MPI процессам дало эффективность порядка 60 %.

Продолжены работы по конструированию прямых методов решения разреженных систем линейных алгебраических уравнений на кластере. Проанализированы производительность и масштабируемость разработанного алгоритма для тестов из коллекции университета Флорида с числом строк/столбцов порядка нескольких миллионов. Получены результаты оптимизации данного алгоритма для гомогенных и гетерогенных кластеров, состоящих из собственно процессоров Xeon и сопроцессоров Xeon Phi. Основной задачей здесь является необходиость избежать так называемого простаивания процессоров, что, в свою очередь, требует перераспределения нагрузки между процессами.

Продолжены работы над созданием наилучших (в некотором смысле) кубатурных формул на сфере, инвариантных относительно различных групп вращений. В частности, разработан высокоэффективный алгоритм поиска наилучших кубатурных формул для сферы, инвариантных относительно группы вращений диэдра с инверсией D4h. С помощью этого алгоритма выполнены обширные численные расчеты с использованием вычислительной техники Сибирского суперкомпьютерного центра. В результате получены все наилучшие кубатурные формулы данного вида симметрии до 29-го порядка точности. По данной проблематике в 2015 г. опубликована статья в журнале "Сибирские электронные математические известия" и сделан доклад на конференции.

Результаты работ по проектам РФФИ

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.

Основная задача проекта – разработка единой методической основы для построения высокопроизводительных вычислительных моделей процессов переноса тепла в литосфере Земли, фильтрации многофазной жидкости и фильтрационного горения газа. Для этих, на первый взгляд, мало связанных задач проведены исследования по переходу от традиционных уравнений математической физики к системам уравнений первого порядка, описывающих исходные законы сохранения и эмпирические законы связи субстанции с потоком субстанции. Так, для задач теплопереноса это закон сохранения энергии и закон Фурье, связывающий поток тепла (векторное поле) и температуру (скалярное поле). Для задач фильтрации это законы сохранения суммарной массы всех фаз и импульса и закон фильтрации Дарси, связывающий суммарную скорость и давление. Именно для таких систем предлагаются новые экономичные параллельные алгоритмы с последующей реализацией на кластерах с общей и распределенной памятью.

1. В области моделирования тепловых процессов в литосфере Земли получены следующие основные результаты.

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 постколлизионной стадии надвижения Карской плиты на Сибирский кратон.

2. В области моделирования процессов фильтрации многофазной жидкости получены следующие основные результаты.

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.

3. В области моделирования процессов фильтрационного горения газа (ФГГ) получены следующие основные результаты.

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 искомых переменных.

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 экзафлопсной) производительности в целях реконструкции тонкой структуры флюидонасыщенных сред, прогнозирования фильтрационно-емкостных свойств кавернозно-трещиновато-пористых коллекторов и оптимизации режима их разработки".

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

Приведены научные результаты за 2015 г. только в той части проекта, которая выполнялась сотрудниками лаборатории. 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.

Результаты работ по проекту Российского научного фонда

Проект РНФ №15-11-10024 "Новые вычислительные модели разработки нефтяных месторождений Крайнего Севера и Арктики и создание на их основе высокопроизводительного

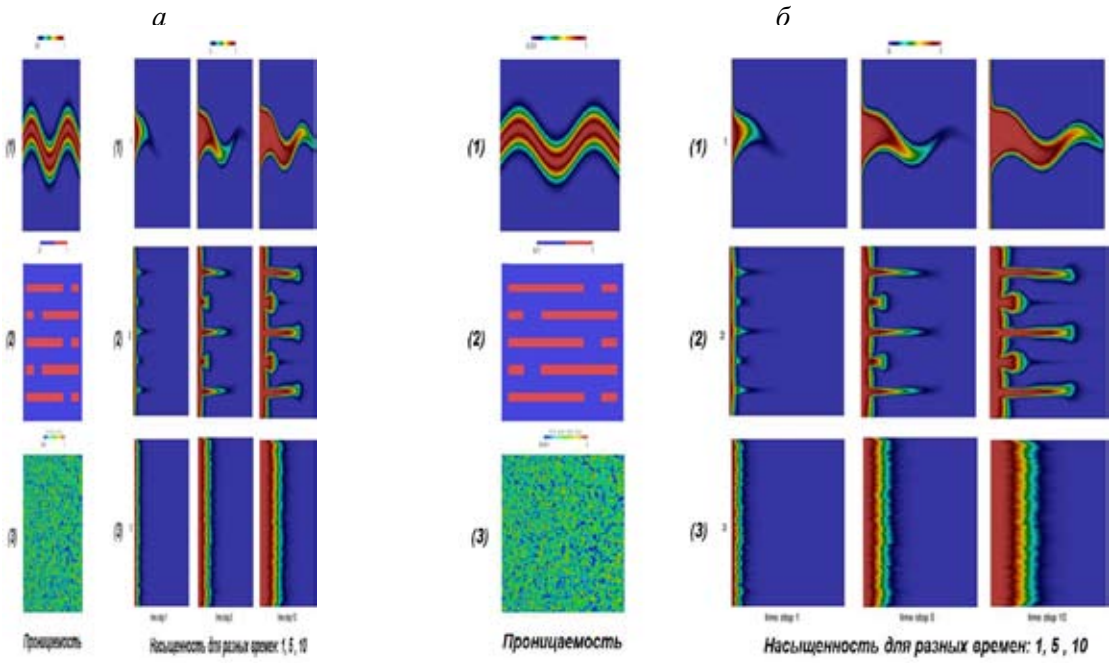


Рис. 2. Проницаемость (*а*); насыщенность для разных времен: 1, 5, 10 (*б*)

программного обеспечения на суперЭВМ для задач фильтрации многофазной жидкости в трещиновато-пористых средах".

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

В 2015 г. получены следующие основные научные результаты в части проекта, которая выполнялась сотрудниками лаборатории.

Разработаны математические модели для задач многофазной фильтрации в трещиновато-пористых средах. В частности, предложена модель фильтрации в трещиновато-пористых средах, основанная на прямом описании трещин, в котором пренебрегается их толщиной. В двумерном случае течение в основной матрице промоделировано с использованием одномерной модели для трещин. Предложенный подход позволяет проводить расчет задач фильтрации с различным расположением и длиной трещин.

В приближении двойной пористости построена модель фильтрации в трещиновато-пористой среде с учетом процессов теплопереноса, включая фазовый переход. Математическая модель состоит из двух связанных уравнений Ричардса для давления в порах и трещинах, а также уравнения теплопроводности с фазовыми переходами. Обмен массой между трещинами и поровыми блоками является функцией разности давлений. Изучено влияние изменения температуры на эту функцию. Кроме того, разработана модель двойной пористости для случая анизотропной трещиновато-пористой среды. Установлены некоторые особенности функции массообмена между трещинами и поровыми блоками, связанные с направлением перетока массы, что позволило учесть анизотропные свойства фильтрации в более общем виде.

С использованием концепции двойной пористости разработана двухскоростная модель фильтрации двухфазной несжимаемой жидкости в трещиновато-пористых средах. Для модели Маскета – Леверетта (наличие капиллярной диффузии) указан способ задания суммарных давлений в трещинах и поровых блоках – суммарное давление формируется как сумма парциальных давлений, умноженных на насыщенности фаз.

На основе конечноэлементной технологии разработаны вычислительные модели и алгоритмы для некоторых процессов, связанных с работой эксплуатационных и нагнетательных скважин в условиях криолитозоны. В частности, выполнено моделирование процесса замораживания грунта в устье эксплуатационных скважин с использованием сезонных холодильных систем. Спецификой рассмотренных моделей является наличие фазового перехода. Для численной реализации разработанных алгоритмов использовались конечноэлементные технологии, характеризующиеся большой размерностью расчетной сетки, и поэтому программы адаптированы для высокопроизводительного вычислительного кластера.

В рамках работ по проекту 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. По времени построена неявная аппроксимация уравнения для насыщенности, в которой для описания конвективного слагаемого использована потоковая схема с искусственной диффузией.

Построение модели двухскоростной фильтрации двухфазной несжимаемой жидкости включает алгоритмическую компоненту, а именно, разработана слабая интегральная формулировка задачи для двухскоростной модели Маскета – Леверетта, аппроксимация которой смешанным методом конечных элементов с использованием элементов Равьяра – Тома для описания сеточного поля скоростей осуществляется автоматически. При этом в настоящее время использован алгоритм типа IMPES – неявный по давлению и явный по насыщенности. Используется явная схема второго порядка точности типа предиктор-корректор необычной конструкции – всего с одним вычислением скоростей и давлений на шаг интегрирования по времени (с двумя вычислениями только в начальный момент времени). Для решения седловой системы для скоростей – давлений используется блочный метод Якоби, позволяющий разделить вычисления для пор и трещин. Обращение каждого блока осуществляется на основе предложенного ранее алгоритма, основанного на переобусловливании системы седловым аналогом оператора Лапласа, для обращения которого, в свою очередь, используются известные в явном виде спектральные характеристики этого оператора.

Предложен алгоритм, позволяющий эффективно реализовывать методы типа LU декомпозиции на современных многопроцессорных кластерах. Подход использует алгоритмы перестановок элементов исходной матрицы с целью эффективного распределения вычислений и памяти между процессорными узлами. Существенную роль в повышении производительности сыграла возможность ускорения алгоритма факторизации на одном узле использованием OpenMP потоков. Кроме того, осуществлена оптимизация алгоритма для гетерогенных кластеров, состоящих из собственно процессоров Xeon и сопроцессоров Xeon Phi. Кроме того, осуществлена кластерная реализация решения систем, для которых имеет место разделение переменных. Метод основан на использовании БДПФ, сводящего процесс решения задачи к обращению трехдигональных матриц.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Кандрюкова Т. А., Лаевский Ю. М. О некоторых подходах к моделированию фильтрационного горения газа // СибЖИМ. 2015. Т. 18, № 4. С. 49–60. (*в базе РИНЦ*)

2. Попов А. С. Кубатурные формулы на сфере, инвариантные относительно группы вращений диэдра с инверсией D4h // Сибирские электронные математические известия. 2015. Т. 12. С. 457–464. (*в базе РИНЦ*)

3. Воронин К. В., Лаевский Ю. М. Об устойчивости некоторых потоковых схем расщепления // СибЖВМ. 2015. Т. 18, № 2. С. 135–145. (*в базе РИНЦ*)

Зарубежные издания

1. Voronin K. V., Laevsky Yu. M. On the stability of some flux splitting schemes // Numerical Analysis and Applications. 2015. V. 8, iss. 2. P. 113–121. (*в базе Scopus*)

2. Kalinkin A. A., Laevsky Yu. M. Mathematical model of water-oil displacement in fractured porous medium // Siberian Electronic Mathematical Reports. 2015. V. 12. P. 743–751. (*в базе Scopus*)

3. Voronin K. V., Laevsky Yu. M. On splitting schemes of predictor-corrector type in mixed finite element method // Ibid. P. 752–765. (*в базе Scopus*)

4. Vabishchevich P. N., Vasil'ev V. I., Vasil'eva M. V. Computational identification of the right-hand side of a parabolic equation // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2015. V. 55. iss. 6. P. 1015–1021. (*в базе Scopus*)

5. Vabishchevich P. N., Vasilyeva M. V., Pavlova N. V. Numerical simulation of thermal stabilization of filter soils // Mathematical Models and Computer Simulations, 2015. V. 7. iss. 2. P. 154–164. (*в базе Scopus*)

6. Voronin K. V., Laevsky Yu. M. A new approach to constructing splitting schemes in mixed FEM for heat transfer: A priori estimates // Lecture Notes in Computer Science, Finite Difference Methods, Theory and Applications, 2015. V. 9045. P. 417–425. (*в базе Scopus*)

7. Kolesov A. E., Vabishchevich P. N., Vasilyeva M. V., Gornov V. F. Splitting scheme for poroelasticity and thermoelasticity problems // Ibid. P. 241–248. (*в базе Scopus*)

8. Sivtsev P. V., Vabishchevich P. N., Vasil'eva M. V. Numerical simulation of thermoelasticity problems on high performance computing systems // Ibid. 2015. V. 9045. P. 364–370. (*в базе Scopus*)

9. Vabishchevich P. N., Vasil'ev V. I., Vasil'eva M. V. Computational Algorithm for ientification of the Right-hand Side of the Parabolic Equation // Ibid. P. 385–392. (*в базе Scopus*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Андерс А. В., Андерс Р. В., Калинкин А. А. Intel Math Kernel Library PARDISO on Intel Xeon PHI // Труды Международной конференции "АПВПМ-2015". С. 50–55.

2. Воронин К. В., Лаевский Ю. М. Исследование особенностей применения одного класса векторных схем расщепления для задач теплопереноса // Там же. С. 167–173.

Прочие издания

1. Kalinkin A. A., Anders A. V., Anders R. V. Schur complement computations in Intel® Math Kernel Library PARDISO // Applied Mathematics. 2015. V. 6, No. 2. P. 304–311.

2. Kalinkin A. A., Anders A. V., Anders R. V. Intel® Math Kernel Library PARDISO* for Intel® Xeon PhiTM manycore coprocessor // Ibid. No 8. P. 1276–1281.

3. Воронин К. В. Схемы расщепления в смешанном методе конечных элементов и их применение для моделирования геотермальных процессов на суперЭВМ // Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук, 2015. Новосибирск. 16 с.

Участие в конференциях и совещаниях

1. European conference on numerical mathematics and advanced applications ("ENUMATH-2015"), Анкара (Турция), 14–18 сентября 2015 г. – 1 доклад (Воронин К. В., Лаевский Ю. М.).

2. The 4th Chinese – Russian workshop on numerical methods and mathematical modeling, Тяньзинь (КНР), 24–28 октября 2015 г. – 2 доклада (Воронин К. В., Лаевский Ю. М., Васильева М. В.).

3. Конференция молодых ученых ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск, апрель 2015 г. – 3 доклада (Кандрюкова Т. А., Анисимова А., Андерс А., Андерс Р.).

4. Конференция "Математическое моделирование развития Северных территорий", Якутск, 6–12 июля 2015 г. – 1 доклад (Григорьев А. В.).

5. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 7 докладов (Лаевский Ю. М., Калинкин А. А., Попов А. С., Воронин К. В., Кандрюкова Т. А., Афанасьева Н. М., Григорьев А. В., Васильева М. В.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Воронин К. В. – член оргкомитета АПВПМ-2015;

2. Лаевский Ю. М.:

– член организационного и программного комитетов АПВПМ-2015,

– член программного комитета 9-й летней школы-семинара студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов с международным участием "Математическое моделирование развития Северных территорий" (ММРС-2015), Якутск, 6–12 июля 2015 г.,

– член оргкомитета конференции молодых ученых ИВМиМГ СО РАН.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 9
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 3
Публикаций в материалах международных конференций и совещаний – 2
Публикаций в прочих изданиях – 3
Докладов на конференциях – 14
Участников оргкомитетов конференций – 4.

Кадровый состав

1. Лаевский Ю. М.	зав. лаб.	д.ф.-м.н.
2. Васильева М. В.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
3. Калинкин А. А.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
4. Попов А. С.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
5. Голубева Л. А.	н.с.,	к.ф.-м.н.
6. Литвиненко С. А.	н.с.	к.ф.-м.н.
7. Афанасьева Н. М.	м.н.с.	к.ф.-м.н.
8. Воронин К. В.	м.н.с.	к.ф.-м.н.
9. Григорьев А. В.	м.н.с.	к.ф.-м.н.
10. Кандрюкова Т. А.	м.н.с.	
11. Сандер И. А.	ведущ. программист	
12. Юматова Л. А.	программист 1-й кат.	

Афанасьева Н. М., Васильева М. В., Воронин К. В., Григорьев А. В., Калинкин А. А., Кандрюкова Т. А. – молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

Лаевский Ю. М. – профессор НГУ, зав. кафедрой вычислительной математики НГУ
Калинкин А. А. – доцент НГУ

Голубева Л. А. – доцент НГУ
Литвиненко С. А. – ассистент НГУ
Воронин К. В. – ассистент НГУ

Руководство аспирантами

Жукова М. В. – 1-й год, НГУ, руководитель Калинкин А. А.
Андерс А. В. – 2-й год, НГУ, руководитель Калинкин А. А.
Андерс Р. В. – 2-й год, НГУ, руководитель Калинкин А. А.
Рябова М. А. – 3-й год, ИВМиМГ, руководитель Калинкин А. А.

Руководство студентами

Мухин А. – бакалавр, 4-й курс, НГУ, руководитель Калинкин А. А.
Анисимова А. – магистрант, 1-й курс, НГУ, руководитель Лаевский Ю. М.

Лаборатория математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере

Зав. лабораторией − д.ф.-м.н. Кузин В. И.

Важнейшие достижения

Оценка баланса пресной воды в Северном Ледовитом океане в XXI в.

Гидрологические процессы в Арктике являются важной составляющей глобального гидрологического цикла Земли. На основе численных экспериментов по моделям, разработанным в ИВМиМГ СО РАН, представлены результаты распространения аномалий пресной воды от сибирских рек в XXI в. в Северном Ледовитом океане в условиях возможных изменений климата по прогнозам на основе моделей, участвующих в международной программе IPCC. Установлено, что межгодовая изменчивость речного стока в XXI в. имеет значимый положительный тренд.

Анализ результатов моделирования распространения аномалий пресной воды в Арктике в XXI в. показывает, что наиболее важную роль играют периоды смены атмосферной циркуляции. На основе результатов расчетов установлено, что указанные изменения приводят к увеличению экспорта пресной воды в Северную Атлантику при смене антициклонической циркуляции на циклоническую, что может приводить к изменению меридиональной циркуляции океана.

Д.ф.-м.н. Кузин В. И., д.ф.-м.н. Платов Г. А., Лаптева Н. А.

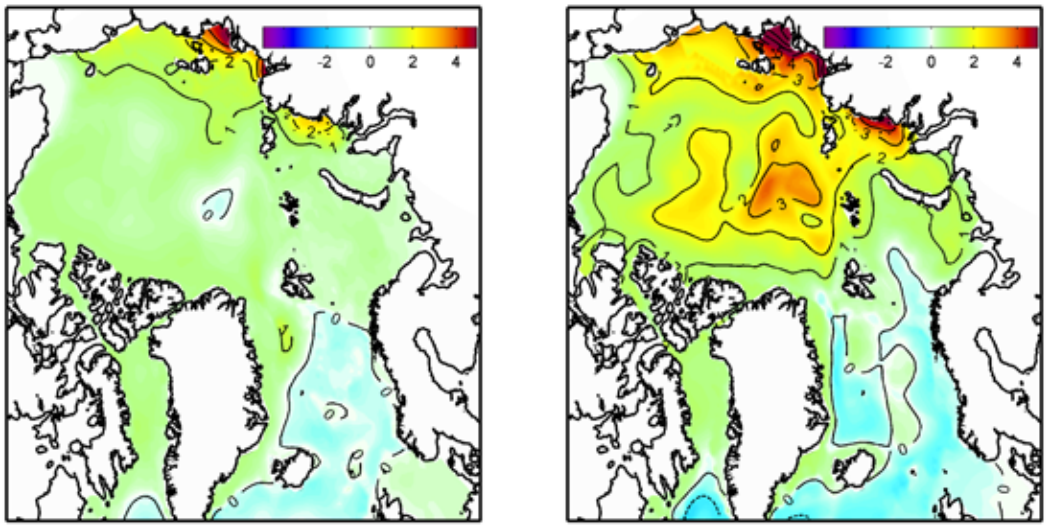


Рис. 1. Распределение аномалий пресной воды в Арктике в XXI в. по отношению к современному климату: в периоды преобладания циклонической циркуляции вод СЛО (слева), антициклонической циркуляции (справа)

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.3.1.2 "Решение задач физики атмосферы, гидросферы и окружающей среды методами математического моделирования".

Номер государственной регистрации НИР 01201002447.

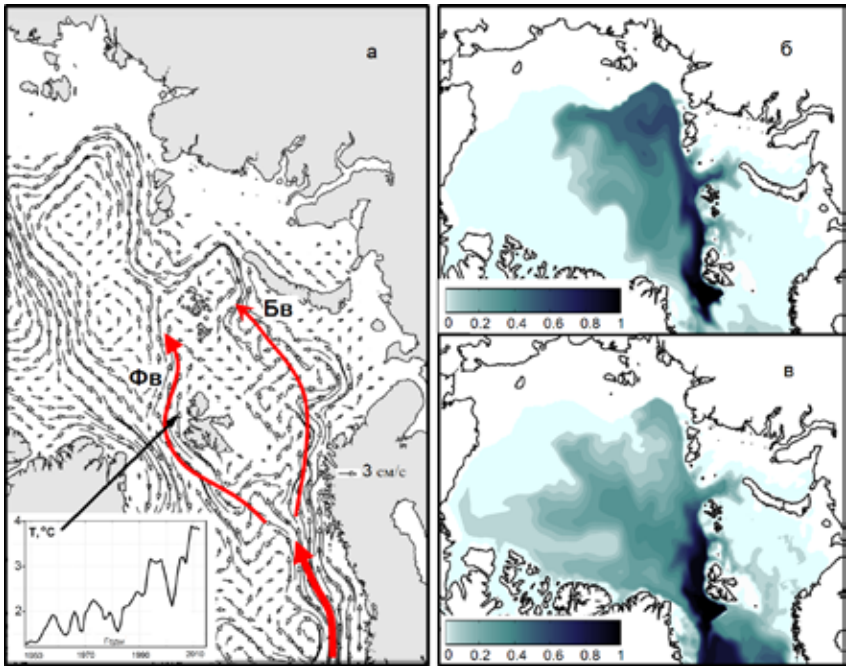


Рис. 2. *а* – результат моделирования распространения атлантических вод в Арктическом бассейне. Поле течений в слое 100–200 м, установившееся в модели к 1975 г. (стрелками показаны потоки атлантических вод: Фв – фрамовская, Бв – баренцевоморская ветви); в нижнем левом углу – временной ряд максимальной температуры в ядре атлантических вод; *б* – распространение трассера фрамовской ветви атлантических вод в слое 100–500 м в период 1989–1995 гг.; *в* – в период 2000–2009 гг.

Раздел 1. "Разработка математических моделей динамики атмосферы, океана и водных объектов суши".

Руководитель – д.ф.-м.н. Кузин В. И.

Проведено исследование изменчивости состояния вод СЛО на основе разработанной в ИВМиМГ СО РАН численной модели океана и морского льда с использованием данных реанализа атмосферы для периода с 1948 по 2013 гг. На основе анализа результатов установлено, что траектория движения теплых атлантических вод значительно меняется при смене циркуляционного режима атмосферы. Модельное поле течений атлантических вод отражает основные потоки, определяющие обмен между Северной Атлантикой и Арктическим бассейном. Среди них можно выделить две ветви атлантических вод, поступающих в СЛО и южный поток Восточно-Гренландского течения (рис. 2). В численном расчете моделируется известный из данных наблюдений процесс охлаждения в слое атлантических вод по мере продвижения их вдоль материкового склона. Основное понижение температуры воды происходит между Карским морем и морем Лаптевых. С конца 1980-х годов наблюдается повышение температуры в ядре атлантических вод, поступающих через пролив Фрама, известное из данных наблюдений.

В течение отчетного периода разрабатывался комплекс взаимодействующих численных моделей, предназначенный для исследования гидрологических и биохимических процессов, протекающих в районе Восточно-Сибирского шельфа Арктики. Комплекс включает: а) взаимодействующие региональные модели Северного Ледовитого океана (сеточное разрешение 10–25 км), шельфовой зоны моря Лаптевых (разрешение 3–4 км), окрестностей дельты р. Лены (разрешение до 400 м); б) модель речного стока на основе линейной резервуарной

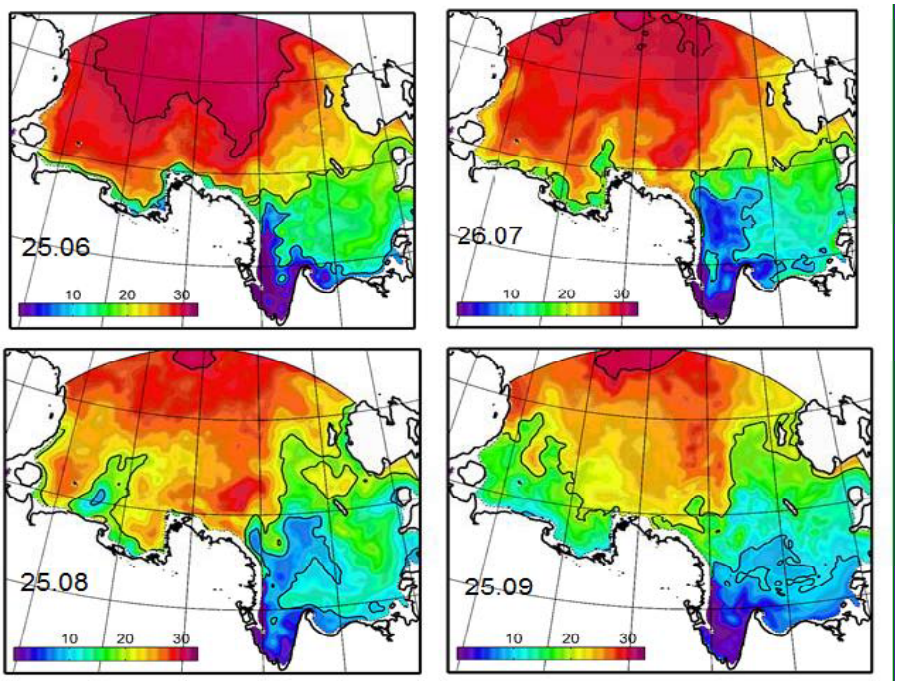


Рис. 3. Распространение пресных вод р. Лены. Распределение солености в поверхностном слое восточной части моря Лаптевых в летний период 2008 г. Модельный расчет

модели и гидродинамическая модель дельты р. Лены; в) модель осадочного слоя с многолетней мерзлотой; г) модуль усвоения данных контактных и спутниковых наблюдений,

На основе разработанного комплекса с привлечением атмосферного форсинга современного реанализа NCEP/NCAR исследуются возможные причины известного из данных наблюдений повышения температуры вод придонного слоя восточно-сибирского сектора Арктического шельфа. Среди возможных причин появления аномалий придонной температуры в области шельфа рассматриваются: а) возможность затока в шельфовую зону теплых вод атлантического слоя СЛО, траектория которых проходит по границе шельфовой зоны, б) перераспределение водных масс шельфовой зоны, вызванное сменой режимов циркуляции атмосферы; в) формирование аномалий температуры, обусловленных тепловым стоком рек. Проанализировано влияние теплового стока Арктических рек на распределение ледового покрова, термохалинных характеристик и состояние подводной мерзлоты в масштабах Северного Ледовитого океана и восточных морях сибирского шельфа. Выявлены особенности распространения пресных вод р. Лены, обусловленные изменчивостью динамики атмосферы и состоянием ледового покрова моря Лаптевых (рис. 3).

Проанализировано распространение аномалий теплой речной воды в придонном слое шельфовой зоны. По результатам расчетов эти аномалии имеют локальный характер, типичный для мелководной части шельфа, и исчезают в осенне-зимний период. Проведенные эксперименты показывают, что сезонная и межгодовая динамики температуры придонного слоя морской воды обеспечивают современное состояние подводной мерзлоты и влияют на интенсивность процессов ее деградации. Численное исследование показало, что повышение придонной температуры воды на 2 °С в августе и сентябре приводит к увеличению скорости протаивания поддонного мерзлого грунта в районе влияния теплых речных вод. В результате сезонного протаивания образуется талик, который начинает заглубляться за счет диффузии тепла даже при дальнейшем понижении температуры верхнего слоя грунта.

Проведено исследование влияния засоления верхнего 10-30-метрового слоя донных отложений на интенсивность разрушения мерзлых пород на шельфе морей восточной Арктики на основе модели подводной мерзлоты. Большая глубина протаивания мерзлых донных отложений обусловлена их засолением вследствие миграции солей в поровое пространство после затопления шельфа соленой морской водой. Субаквальная мерзлота в верхнем слое деградирует и при отрицательных температурах донных отложений под воздействием солей в поровых водах.

Продолжена серия экспериментов с моделью шельфовой зоны океана, являющейся частью системы вложенных океанических моделей ИВМиМГ. В результате численного исследования характера распространения береговых захваченных волн (БЗВ) выявились две важные особенности регионального моделирования взаимодействия шельфовой зоны с открытым океаном. Первая обусловлена тем, что цуг волн этого типа может формироваться в результате ветрового воздействия на значительном удалении от места, где их влияние может проявиться. Распространение вдоль береговой линии происходит без существенных потерь энергии волны при условии, что береговая линия и рельеф шельфовой зоны не содержат особенностей, сравнимых с радиусом Россби. Вторая особенность, связанная с БЗВ для регионального моделирования, заключается в том, что распространяющаяся волна способна реализовать часть своей энергии на формирование аномалий плотности на шельфе путем подъема промежуточных вод из примыкающих к шельфовой зоне районов открытого океана. Естественно, что при этом часть шельфовых вод формирует противоположные аномалии в открытом океане.

При моделировании процессов в океане в настоящее время широко используются алгоритмы усвоения данных. В целях детального изучения шельфовых районов Северного Ледовитого океана использован алгоритм усвоения, основанный на теории оптимальной фильтрации Калмана. Лидирующим направлением в этих работах является ансамблевый подход, в рамках которого матрицы ковариаций ошибок оценивания для нелинейных прогностических моделей оцениваются с помощью ансамбля прогнозов. Для решения задачи усвоения данных океанических наблюдений предложен алгоритм, основанный на этом подходе. Оценка свойств алгоритма проводилась с помощью численных экспериментов с модельными данными, кроме того, проводились численные эксперименты по усвоению данных ААНИИ Росгидромета, а также архив спутниковых наблюдений Pathfinder NOAA/AVHRR для района моря Лаптевых.

На основе уравнения переноса примеси в нижней атмосфере разработана модель реконструкции полей концентрации от совокупности газоаэрозольных источников. Предложен метод оценивания параметров модели и численного построения локально оптимальных планов наблюдений. С использованием разработанной модели и данных мониторинга загрязнения снежного покрова в окрестностях ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 Новосибирска проведено численное восстановление полей выпадения пыли, ионных компонентов. Исследовано влияние эффектов поворота ветра в слое распространения примеси на формирование полей длительных аэрозольных выпадений. Представлены оценки суммарного оседания пыли по территориям города от труб ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3.

На основе действующих нормативных документов сформулированы и показаны основные критерии релевантности, которым должны отвечать первичные данные, получаемые с городских станций контроля загрязнения атмосферного воздуха. На примере Красноярска проведено сравнение характеристик контролируемых территорий и показателей загрязнения. Приведены примеры несоответствия получаемых данных параметрам эмиссии

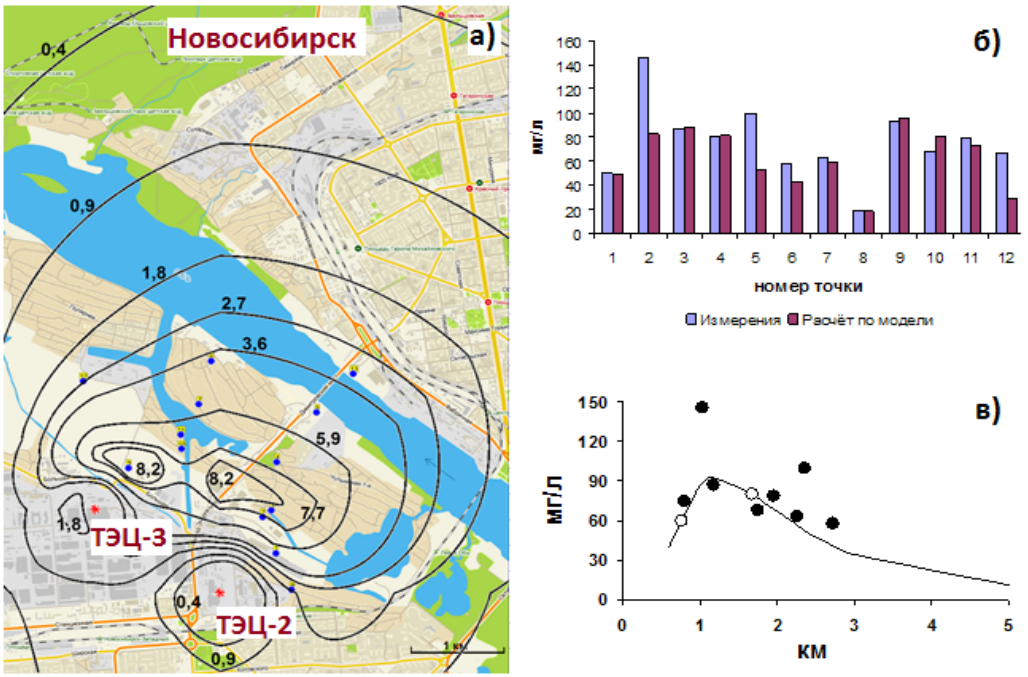


Рис. 4. Восстановленное суммарное поле выпадений пыли в снеге от ТЭЦ–2 и ТЭЦ–3 Новосибирска (г/м^2) (*а*); измеренная и вычисленная концентрации пыли в точках отбора проб (*б*); восстановленная концентрация пыли в северо-восточном направлении от ТЭЦ (*в*); обозначения: ○ – опорные точки, ● – контрольные точки наблюдений, * – положение источников

Рис. 5. Пример розы ветров на городских станциях контроля загрязнения атмосферы в Красноярске (в левом верхнем углу – роза ветров с метеостанции Красноярск, индекс ВМО 29570)

вследствие недостаточного учета особенностей воздухообмена и переноса загрязняющих веществ внутри квартальных территорий, предложены пути и методы решения выявленных проблем при организации наблюдений за состоянием и загрязнением атмосферного воздуха в городах.

Результаты работ по проектам РФФИ

Проект РФФИ № 14-05-00730-а "Исследование формирования и баланса водных масс Северного Ледовитого океана на основе численного моделирования".

Руководитель– д.ф.-м.н. Кузин В. И.

На основе анализа результатов численного моделирования гидротермодинамики СЛО в 1948–2013 гг. установлено, что изменчивость атмосферной циркуляции Арктики отражается

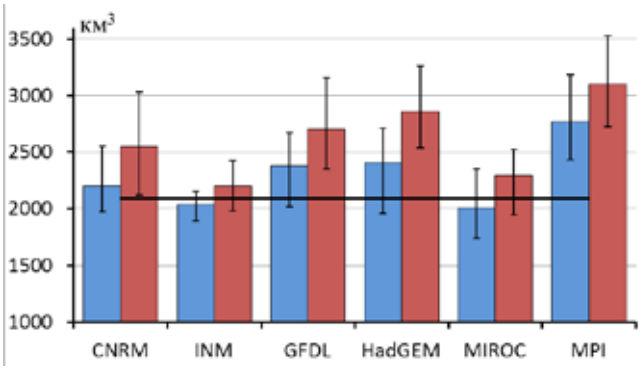


Рис. 6. Годовые стоки сибирских рек в СЛО в XXI в. по данным различных моделей: справа – осреднение по периоду 2006–2050 гг., слева – 2051–2100 гг.; горизонтальная линия – осредненные данные измерений в XX в.; вертикальные линии – амплитуды межгодовых колебаний

не только на состоянии морского льда, приводя к существенному сокращению его летней площади в последние два десятилетия, но и к изменению в системе течений подповерхностного и промежуточного слоев СЛО. В этих слоях происходит распространение вод, поступающих в Арктический бассейн через проливы, соединяющие СЛО с остальной акваторией Мирового океана. Траектория движения этих вод в численной модели значительно меняется при смене режима циркуляции атмосферы.

Проведен численный эксперимент по расчету речного стока для сибирских рек в XXI в. с 2006 по 2100 гг. на основе данных моделей CNRM, INMCM4, GFDL-ESM2M, HadGEM, MIROC5, MPI-ESM сценарного эксперимента RCP 8.5 МГЭИК. Получен положительный линейный тренд стока для всех бассейнов. Для восточных рек этот тренд более выражен. Анализ результатов показывает, что при общем увеличении годового стока в течение столетия существуют заметные различия притоков в Карское море и восточные моря Арктики для различных моделей. Рассчитанные стоки явились данными для расчетов (рис. 6) будущей динамики баланса пресной воды в Северном Ледовитом океане в XXI в. по модели циркуляции ИВМиМГ СО РАН. Характеристики нижней атмосферы брались по результатам работы четырех моделей GFDL-ESM2M, MIROC5, INMCM4 и CNRM для сценарного эксперимента, охватывающего период с 2006 по 2100 гг. Основные черты циркуляции СЛО связаны с внешним, по отношению к системе океан – лед, атмосферным воздействием. Основные отличия заключаются в различном характере циркуляции при разных значениях индекса Арктической океанической осцилляции.

Проект РФФИ № 13-05-00480 "Исследование динамики шторм-треков и меридионального переноса тепла и влаги в Северном полушарии в условиях изменяющегося климата с помощью моделей климатической системы".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Крупчатников В. Н.

Получена оценка влияния динамики шторм-треков на процессы в Арктике в условиях глобального потепления (сценарный подход) на основе результатов моделирования с помощью модели климатической системы. В области максимальной активности шторм-треков и соответствующий зональный поток (в нижней тропосфере) смещается в меридиональном направлении к полюсу одновременно с увеличением концентрации CO_2 в атмосфере, и происходит обратный сдвиг при дальнейшем уменьшении концентрации CO_2. При переходе в режим доиндустриального климата структура и активность шторм-треков, струйных течений не восстанавливается, что говорит о необратимости процесса (эффект гистерезиса).

Эксперименты по моделированию динамики потепления климата на основе идеализированной модели общей циркуляции атмосферы показали, что изменения температуры тропосферы оказывают заметное влияние на циркуляцию Гадлея. Ослабление градиента

приземной температуры влечет за собой ослабление циркуляции Гадлея, а межсезонная изменчивость составила около 2 градусов. В результате потепления происходит поднятие тропопаузы как в тропиках, так и в высоких широтах. В высоких широтах важным фактором, влияющим на высоту тропопаузы, является уменьшение статической устойчивости: увеличивается слой с неустойчивой стратификацией.

Результаты работ по научно-исследовательским программам, проектам Президиума РАН, ОМН РАН и Сибирского отделения РАН

Программа ОМН РАН № 1.3 "Современные вычислительные и информационные технологии решения больших задач".

Раздел 6. "Комплексные математические модели климата Сибирского региона".
Руководитель – д.ф.-м.н. Кузин В. И.

На основе региональной модели Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана разработана новая версия, включающая расчет уровенной поверхности океана. Для решения уравнения для уровенной поверхности используется неявная численная схема. Включение уровенной поверхности предполагает изменчивость по времени и пространству верхней границы модельной океанической области. В связи с тем что изменения уровенной поверхности малы по сравнению с шагом численной сетки в вертикальном направлении, для верхнего слоя использовалась сигма-система координат. Ниже первого слоя преобразование не используется. Тестирование модели проводилось без учета ледового покрова при фиксированном сезонном ходе вынуждающих сил на поверхности океана за период 40 лет модельного времени. Отсутствие в модели льда компенсировалось условием привязки "restoring" расчетной температуры и солености на поверхности океана к значениям климатического распределения. Полученные в результате расчета поля скорости, температуры солености и уровенной поверхности отражают климатическую картину.

Программа Президиума РАН № 23, проект 23.3 "Разработка системы моделей циркуляции Арктического океана для изучения процессов между шельфом и глубоким океаном".
Руководитель – д.ф.-м.н. Кузин В. И.

Проведено исследование изменения границ слоя многолетнемерзлых пород на арктическом шельфе Евразии в 1950–2012 гг. с использованием модели ИФА РАН и модели циркуляции СЛО. Была исследована динамика состояния подводной мерзлоты арктического шельфа в условиях современного потепления климата. В середине XX в. толщина слоя мерзлых донных отложений составила примерно 170–320 м. Нижняя граница мерзлого слоя уменьшается при увеличении глубины моря, что определяется несколькими периодами затопления шельфа в результате регрессий. Получено, что динамика подводной криолитозоны зависит от значений параметров модели донных отложений океана. При этом для всех вариантов расчетов показано, что вплоть до конца XX в. изменение толщины многолетнемерзлого слоя связано преимущественно с таянием его подошвы за счет влияния геотермического потока.

Программа Президиума РАН № 18, проект "Развитие моделей и методов оптимального мониторинга загрязнения территории Сибири в зонах катастрофического действия природных и техногенных площадных источников".
Руководитель – д.ф.-м.н. Рапута В. Ф.

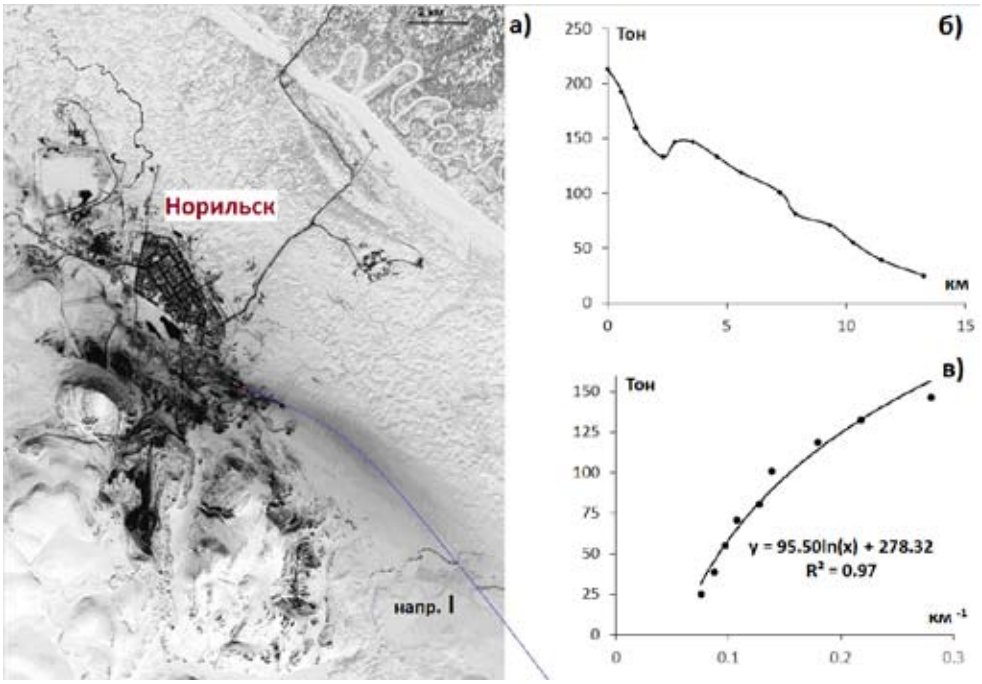


Рис. 7. Спутниковый снимок окрестностей г. Норильска (4.05.2004) (*а*); изменения тонов серого цвета снежного покрова в юго-восточном направлении выноса пыли от асфальто-бетонного завода (*б*); функциональная связь (*в*)

Построены асимптотические разложения полей длительных выпадений примесей на достаточных удалениях от точечных и площадных источников. На их основе и с использованием данных наземных наблюдений проведено количественное исследование ореолов загрязнения снежного покрова на спутниковых снимках для ряда крупных промышленных предприятий и угольных ТЭЦ, включая Новосибирский электродный завод, Норильский асфальтобетонный завод, Омскую ТЭЦ-5, Искитимский цементный завод. Для этой цели очаги загрязнения от этих источников были проиндексированы с помощью дискретной шкалы оттенков серого цвета по направлениям доминирующих региональных выносов примесей. Дальнейший анализ снимков позволил выявить наличие функциональной связи между изменениями тонов серого цвета по мере удаления от источника и динамикой уменьшения концентраций примесей (рис. 7).

Полученные зависимости позволяют существенно снизить затраты на проведение наземных мониторинговых исследований загрязнения территорий в окрестностях промышленных предприятий. По ограниченному числу опорных точек наземных наблюдений может быть выполнена пространственная реконструкция полей региональных выпадений, проведена оценка суммарных выбросов примесей.

Публикации

Главы в монографиях

1. Малахова В. В., Голубева Е. Н. Моделирование эмиссии метана на шельфе восточной Арктики в результате его разгрузки из донных источников // Труды Международной конференции, посвященной памяти акад. А. М. Обухова. М.: Геос, 2014. С. 527–534. ISBN 978-5-89118-654-5 (не вошла в отчет 2014 г.).

2. Яковлев Н. Г., Голубева Е. Н., Платов Г. А. Численное моделирование Северного Ледовитого океана как задача физики: современное состояние вопроса и перспективы // Труды Международной конференции, посвященной памяти акад. А. М. Обухова. М.: Геос, 2014. С. 564–569. ISBN 978-5-89118-654-5 (не вошла в отчет 2014 г.).

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Боровко И. В., Крупчатников В. Н. Математическое моделирование реакции циркуляции Гадлея и стратификации внетропической тропосферы на изменения климата с помощью спектральной модели общей циркуляции атмосферы // СибЖВМ. 2015. Т. 18, № 1. С. 27–40. (*в базе РИНЦ*; *перевод в базе Scopus*)

2. Голубева Е. Н., Платов Г. А., Якшина Д. Ф. Численное моделирование современного состояния вод и морского льда Северного Ледовитого океана // Лед и снег. 2015. № 2 (130). С. 81–92. DOI: http://dx.doi.org/10.15356/2076-6734-2015-2-81-92. (*в базе РИНЦ*)

3. Елисеев А. В., Малахова В. В., Аржанов М. М., Голубева Е. Н., Денисов С. Н., Мохов И. И. Изменение границ многолетнемерзлого слоя и зоны стабильности гидратов метана на арктическом шельфе Евразии в 1950–2100 гг. // Докл. Акад. наук. 2015. Т. 465. № 5. С. 598–603. (*в базе РИНЦ*; *перевод в базах Scopus, Web of Science*)

4. Крайнева М. В., Малахова В. В., Голубева Е. Н. Численное моделирование формирования аномалий температуры в море Лаптевых, обусловленных стоком реки Лены // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 6. С. 534–539. (*в базе РИНЦ*)

5. Кузин В. И., Платов Г. А., Лаптева Н. А. Оценка влияния межгодовой изменчивости стока Сибирских рек на циркуляцию Северного Ледовитого океана // Известия РАН. Сер.: Физика атмосферы и океана. 2015. Т. 51. № 4. С. 437–447. (*в базе РИНЦ*; *перевод в базах Scopus, Web of Science*)

6. Мартынова Ю. В., Крупчатников В. Н. О некоторых особенностях динамики общей циркуляции атмосферы в условиях глобального изменения климата // Там же. № 3. С. 346–357. (*в базе РИНЦ*; *перевод в базах Scopus, Web of Science*)

7. Михайлюта С. В., Леженин А. А. Релевантность станций контроля загрязнения атмосферного воздуха // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19, № 11. С. 50–55. (*в базе РИНЦ*)

8. Опенко Т. Г., Рапута В. Ф. Анализ длительного загрязнения и онкозаболеваемости населения в окрестностях крупной автомагистрали г. Новосибирска // Российский онкологический журнал. 2015. Т. 20, № 4. С. 39–40. (*в базе РИНЦ*)

9. Рапута В. Ф., Леженин А. А., Ярославцева Т. В., Девятова А. Ю. Экспериментальные и численные исследования загрязнения снежного покрова г. Новосибирска в окрестностях тепловых электростанций // Известия ИГУ. Сер.: Науки о Земле. 2015. Т. 12. С. 77–93. (*в базе РИНЦ*)

10. Рапута В. Ф., Ахматова Н. П., Ярославцева Т. В. Реконструкция поля аэрозольных выпадений примеси от совокупности источников // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28, № 6. С. 564–568. (*в базе РИНЦ*)

Зарубежные издания

1. Aksenov Y., Karcher M., Proshutinsky A., Gerdes R., De Cuevas B., Golubeva E., Kauker F., Nguyen A. T., Platov G. A., Wadley M., Watanabe E., Coward A. C., George Nurser A. A. J. Arctic pathways of Pacific water: Arctic Ocean model intercomparison experiments // J. Geophys. Res. Oceans. Accepted Author Manuscript. 2015. DOI:10.1002/2015JC011299 (*в базах Scopus, Web of Science*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Dukhovskoy D., Proshutinsky A., Herbaut Ch., Aksenov Y., Luneva M., Myers P., Platov G., Popova E. Arctic circulation regimes and Greenland freshwater in the sub-Arctic seas// Geophysical Research Abstracts. 2015. Vol. 17. EGU2015-3855, EGU General Assembly 2015.

2. Lezhenin A. A., Raputa V. F., Yaroslavtseva T. V. Use of satellite information for analysis of aerosol substance propagation // Proc. of the 21st International symposium atmospheric and ocean optics: atmospheric physics (SPIE 9680). 968068. Nov. 19, 2015. DOI: 10.1117/12.2205582.

(*в базах Scopus, Web of Science*)

3. Martynova Y., Krupchatnikov V. Influence of atmospheric CO_2 variation on strom track behavior // EGU General Assembly. Vienna (Austria), April 12–17, 2015. Geophysical Research Abstracts. 2015. Vol. 17. EGU2015-1991.

4. Martynova Y., Krupchatnikov V. Influence of Siberian autumn snow cover anomalies on the Siberian High // Book of Abstracts International Geographical Union Regional Conference "Geography, culture and society for our future Earth" (IGU 2015), Moscow, August 17–21, 2015. P. 1308. IGU2015–2224.

5. Raputa V. F., Yaroslavtseva T. V. Investigation of snow cover dust pollution by contact and satellite observations // Proc. of the 21st Intern. symp. on atmospheric and ocean optics: Atmospheric physics (SPIE 9680), Nov. 19, 2015. 968064. DOI: 10.1117/12.2205499.

(*в базах Scopus, Web of Science*)

6. Talovskaya A. V., Raputa V. F., Litay V. V., Yazikov E. G., Yaroslavtseva T. V., Mikhailova K. Yu., Parygina I. A., Lonchakova A. D., Tretykova M. I. Dust pollution of the atmosphere in the vicinity of coal-fired power plant (Omsk city, Russia) // Ibid. 9680271. DOI: 10.1117/12.2205986. (*в базах Scopus, Web of Science*)

7. Platov G., Shlychkov V., Klimova E., Krylova A. The coupled hydrodynamic system of Lena River delta and the Laptev Sea shelf zone: numerical tests and preliminary results // Междунар. молодежная школа и конф. по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде CITES–2015, Томск, 26 июня – 30 июня 2015 г. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2015. С. 148–151. ISBN 978-5-89702-389-9.

8. Боровко И. В. Крупчатников В. Н. Влияние параметризации океанических течений на отклик температуры поверхности земли на удвоение концентрации CO_2 // Материалы науч. конгр. "Гео-Сибирь-2015", Новосибирск, 20–22 апр. 2015 г. С. 250–253.

(*в базе РИНЦ*)

9. Голубева Е. Н., Малахова В. В., Крайнева М. В. Исследование изменчивости состояния вод Восточно-Сибирского сектора Арктического шельфа на основе численного моделирования // Материалы Междунар. конф. "CITES-2015", Томск, 26–30 июня 2015 г. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2015. С. 152–154. ISBN 978-5-89702-389-9.

10. Голубева Е. Н, Платов Г. А., Якшина Д. Ф. Численное моделирование влияния атлантических вод на состояние арктического морского льда // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. 11-й Междунар. науч. конгр.; Материалы Междунар. науч. конф. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г.. Т. 1. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 205–209.

(*в базе РИНЦ*)

11. Кузин В. И., Крупчатников В. Н., Фоменко А. А., Голубева Е. Н., Платов Г. А., Малахова В. В., Крылова А. И., Боровко И. В., Мартынова Ю. В., Лаптева Н. А. Исследование климатической системы Северной Евразии и Арктического бассейна // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск,

19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 409–415. (*в базе РИНЦ*)

12. Кузин В. И., Лаптева Н. А. Расчеты стока рек Сибири в XXI веке // Интерэкспо "ГЕО-Сибирь-2015". 11-й Междунар. науч. конгр.; Материалы Междунар. науч. конф. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г. Т. 1. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 170–174. (*в базе РИНЦ*)

13. Кузин В. И., Лаптева Н. А. Расчеты стока субарктических рек Восточной Сибири // Материалы 21-го Междунар. симп. "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы" [Электрон. ресурс]. Томск: изд-во ИОА СО РАН, 2015. 1 CD-ROM. С. D125-D128.

14. Кузин В.И., Платов Г.А., Лаптева Н.А. Влияние стока Сибирских рек в XXI веке на баланс пресной воды в Северном Ледовитом океане // Материалы Междунар. конф. "CITES-2015", Томск, 26–30 июня 2015 г. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2015. С. 63–65.

15. Леженин А. А., Рапута, В. Ф. Ярославцева Т. В., Соловьева И. А. Оценка влияния рельефа местности на распространение пылевых выбросов Искитимского цементного завода // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. 11-й Междунар. науч. конгр.; Материалы Междунар. науч. конф. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г. Т. 1. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 140–144. (*в базе РИНЦ*)

16. Леженин А. А., Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В. Использование спутниковой информации для анализа распространения аэрозольных примесей // Материалы 21-го Междунар. симп. "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы". [Электрон. ресурс]. Томск: ИОА СО РАН, 2015. 1 CD-ROM. С. D257–D260. ISBN 978–5–94458–150–1.

17. Леженин А. А., Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В. Изучение динамики выпадений аэрозольных примесей на основе спутниковых данных // Материалы 2-й Междунар. науч. конф. "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли", Красноярск, 22–25 сент. 2015 г. Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2015. С. 297–300.

18. Леженин А. А., Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В. Численное моделирование атмосферной циркуляции и анализ процессов распространения загрязняющих примесей от Норильского промышленного района // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 456–461. (*в базе РИНЦ*)

19. Малахова В. В. Моделирование современного состояния подводной мерзлоты шельфа Восточной Сибири // Интерэкспо "ГЕО-Сибирь-2015". 11-й Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г.; Материалы Междунар. науч. конф. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология". Т. 1. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 155–159. (*в базе РИНЦ*)

20. Малахова В. В. Математическое моделирование динамики подводной мерзлоты и зоны стабильности газовых гидратов на Восточно-Сибирском шельфе // Материалы Междунар. конф. "CITES-2015", Томск, 26–30 июня 2015 г. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2015. С. 159–162. ISBN 978-5-89702-389-9.

21. Платов Г. А., Шлычков В. А., Климова Е. Г., Крылова А. И. Совместная гидродинамическая система дельты реки Лена и шельфовой зоны моря Лаптевых: численные эксперименты и предварительные результаты // Там же. С. 147–151.

22. Рапута В. Ф., Ахматова Н. П., Ярославцева Т. В., Турбинский В. В. Исследование выпадений пыли в окрестностях ТЭЦ г. Новосибирска // Интерэкспо "ГЕО-Сибирь-2015".

11-й Междунар. науч. конгр.; Материалы Междунар. науч. конф. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г. Т. 1. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 125–129.
(*в базе РИНЦ*)

23. Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В. Численная реконструкция следов аэрозольных выпадений радионуклидов с использованием аэрогаммасъемок территорий // 2-я Междунар. науч. конф. "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли". Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2015. С. 322–325.

24. Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В. Планирование и анализ наблюдений в обратных задачах переноса примеси от совокупности источников // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 618–622.
(*в базе РИНЦ*)

25. Шлычков В. А., Крылова А. И. Исследование чувствительности численной модели сложноразветвленной дельты р. Лена к заданию краевых условий на морских границах // Интерэкспо "ГЕО-Сибирь-2015". 11-й Междунар. науч. конгр.; Материалы Междунар. науч. конф. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г. Т. 1. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 175–179. (*в базе РИНЦ*)

26. Шлычков В. А., Крылова А. И. Гидродинамическое моделирование гидрофизических полей в дельте р. Лена // Междунар. конф. по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде "CITES-2015", Томск, 26 июня – 30 июня 2015 г. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2015. С. 163–166.

27. Ярославцева Т. В., Рапута В. Ф. Закономерности длительного загрязнения атмосферы и снежного покрова г. Новосибирска // Интерэкспо+ ГЕО-Сибирь-2015. 11-й Междунар. науч. конгр.; Материалы Междунар. науч. конф. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г. Т. 1. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 28–33. (*в базе РИНЦ*)

28. Ярославцева Т. В., Рапута В. Ф. Анализ данных наземных и спутниковых наблюдений пылевого загрязнения снежного покрова // 2-я Междунар. науч. конф. "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли". Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2015. С. 230–234.

29. Ярославцева Т. В., Рапута В. Ф. Методы наземного и спутникового мониторинга загрязнения снежного покрова // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 895–899. (*в базе РИНЦ*)

Свидетельства о регистрации программ и баз данных в Роспатентент и ФАП СО РАН

1. База данных по содержанию пыли и химических элементов в снежном покрове в районе Искитимского цементного завода, Новосибирская область (Ярославцева Т. В., Рапута В. Ф., Турбинский В. В., Щербатов А. Ф.) (отправлен на регистрацию).

2. База данных по анионному составу и содержанию твердого осадка в снежном покрове в зоне влияния ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 г. Новосибирска (Рапута В. Ф., Девятова А. Ю., Ярославцева Т. В.) (отправлен на регистрацию).

Прочие издания

1. Borovko I. V., Krupchatnikov V. N. The inuence of the ocean currents parameterization on changes in tropical circulation at CO2 concentration doubling // Bull. NCC Ser.: Num. Model. in Atmosphere, Ocean and Environment Studies. 2015. Iss. 15. P. 7–12. (*в базе РИНЦ*)

2. Kurgansky M. V., Krupchatnikov V. N. Dynamic meteorology // Russian National Report. Ser.: Meteorology and Atmospheric Sciences. 2011–2014. P. 98–141.

3. Kuzin V. I., Lapteva N. A. Calculation of the East Siberian subarctic rivers runo in the XXIst century // Bull. NCC. Ser.: Num. Model. in Atmosphere, Ocean and Environment Studies. 2015. Iss. 15. P. 23–28. (*в базе РИНЦ*)

4. Golubeva E. N., Platov G., Malakhova V., Iakshina D., Kraineva M. Modeling the impact of the Lena River on the Laptev Sea summer hydrography and submarine permafrost state // Ibid. P. 13–22. (*в базе РИНЦ*)

5. Lezhenin A. A., Raputa V. F., Yaroslavtseva T. V. Use of meteorological and satellite information for the analysis of snow cover pollution // Ibid. P. 29–35. (*в базе РИНЦ*)

6. Yaroslavtseva T. V., Raputa V. F. Analysis of satellite imagery and surface observations of snow cover pollution // Ibid. P. 77–83. (*в базе РИНЦ*)

7. Кузин В. И., Платов Г. А., Лаптева Н. А. Сток сибирских рек в XXI веке и баланс пресной воды в Арктическом океане // В сб. "Экология, экономика, информатика". Т. 2. Ростов н/Д.: Изд-во Юж. фед. ун-та. С. 595–600.

8. Кузин В. И., Платов Г. А., Лаптева Н. А. Влияние стока Сибирских рек в XXI веке на баланс пресной воды в Северном Ледовитом океане // Материалы конф. "Вторые виноградовские чтения. Искусство гидрологии", Санкт-Петербург, 18–22 ноября 2015 г. С. 49–52.

9. Леженин А. А., Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В. Исследование процессов распространения пыли в окрестностях Искитимского цементного завода по данным наземных и спутниковых наблюдений // Материалы 11-го Сиб. совещания по климато-экологическому мониторингу. Томск, 2015. С. 209–210. (*в базе РИНЦ*)

10. Леженин А. А., Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В. Численное исследование и анализ процессов распространения загрязняющих примесей в Норильской долине // Тез. 22-й Рабочей группы "Аэрозоли Сибири". Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2015. С. 30.

11. Леженин А. А., Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В. Использование спутниковой информации для анализа распространения аэрозольных примесей // Тез. 22-го Междунар. симп. "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы". Томск: ИОА СО РАН, 2015. С. 130.

12. Малахова В. В. Моделирование состояния подводной мерзлоты на шельфе восточной Сибири: влияние процессов солепереноса // Там же. С. 50–51. (*в базе РИНЦ*)

13. Опенко Т. Г., Рапута В. Ф. Анализ длительного загрязнения и онкозаболеваемости населения в окрестностях крупной автомагистрали г. Новосибирска // Материалы Рос. науч.-практ. конф. с междунар. участием "Инновационные подходы в онкологии". Барнаул: АЗБУКА, 2015. С. 219–220.

14. Опенко Т. Г., Рапута В. Ф. Пространственное распределение злокачественных новообразований на примере крупного промышленного центра // Там же. С. 221–222.

15. Петухова К. К., Рапута В. Ф. Реконструкция поля аэрозольных выпадений примеси на растительности от линейного источника // Материалы 11-го Сиб. совещания по климато-экологическому мониторингу. Томск, 2015. С. 213–214. (*в базе РИНЦ*)

16. Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В. Оценка ингаляционных рисков здоровью городского населения по данным мониторинга загрязнения снежного покрова // Материалы Рос.

науч.-практ. конф. с междунар. участием "Инновационные подходы в онкологии". Барнаул: АЗБУКА, 2015. С. 227–229.

Участие в конференциях и совещаниях

1. 11-й Международный конгресс и выставка "Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015", Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г. – 10 докладов (Кузин В. И., Лаптева Н. А., Малахова В. В., Платов Г. А., Голубева Е. Н., Якшина Д. Ф., Крылова А. И., Леженин А. А. , Рапута В. Ф., Боровко И. В., Крупчатников В. Н.).
2. 21-й Международный симпозиум "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы", Томск, 22–26 июня 2015 г. – 4 доклада (Кузин В. И., Лаптева Н. А., Леженин А. А., Рапута В. Ф.).
3. Международная конференция CITES-2015, Томск, 26–30 июня 2015 г. – 5 докладов, из них 2 пленарных (Кузин В. И., Платов Г. А., Лаптева Н. А., Малахова В. В., Голубева Е. Н., Крайнева М. В., Крылова А. И.).
4. Всероссийская научная конференция "Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем", пос. Дюрсо, 6–12 сент. 2015 г. – 1 доклад (Кузин В. И., Платов Г. А., Лаптева Н. А.).
5. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. – 9 докладов, из них 1 пленарный (Кузин В. И., Крупчатников В. Н., Фоменко А. А., Голубева Е. Н., Платов Г. А., Малахова В. В., Крылова А. И., Боровко И. В., Мартынова Ю. В., Лаптева Н. А., Леженин А. А., Рапута В. Ф.).
6. Международная конференция "Вторые виноградовские чтения. Искусство гидрологии", Санкт-Петербург, 18–22 ноября 2015 г. – 1 доклад (Кузин В. И., Платов Г. А., Лаптева Н. А.).
7. 22-я Рабочая группа "Аэрозоли Сибири", Томск. 2015 г. – 8 докладов, из них 1 пленарный (Кузин В. И., Платов Г. А., Лаптева Н. А., Лобанов А. С., Леженин А. А., Рапута В. Ф.).
8. 19-я Международная школа-конференция молодых ученых "Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы", Туапсе, 25–29 мая 2015 г. – 1 приглашенная лекция (Малахова В. В.).
9. 11-е Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу, Томск, 21–23 сентября 2015 г. – 5 докладов (Малахова В. В., Леженин А. А., Рапута В. Ф.).
10. Международная конференция "Численное моделирование прибрежных, шельфовых, и устьевых процессов", Ростов, 5–9 октября 2015 г. – 1 пленарный доклад (Голубева Е. Н., Платов Г. А., Малахова В. В., Крайнева М. В., Якшина Д. Ф., Крылова А. И.).
11. FAMOS Meeting #4, Hyannis, Cape Cod, MA, November 3–6, 2015 – 1 доклад (Голубева Е. Н., Платов Г. А., Малахова В. В., Крайнева М. В., Якшина Д. Ф.).
12. 2-я Международная научная конференция "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли" (РПДЗЗ-2015), Красноярск, 22–25 сентября 2015 г. – 3 доклада (Леженин А. А. , Рапута В. Ф.).
13. Российская научно-практ. конф. с международ. участием "Инновационные подходы в онкологии", Барнаул, 18–19 июня 2015 г. – 3 доклада (Рапута В. Ф.).
14. 16-я Всероссийская конференция-школа молодых исследователей "Современные проблемы математического моделирования", Абрау-Дюрсо, 14–19 сентября 2015 г. – 1 доклад (Боровко И. В., Крупчатников В. Н.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Кузин В. И.:

– член программного комитета научного конгресса "Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015", Новосибирск**,** 8–20 апреля 2015 г.,

– член программного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2015 (АПВПМ-2015)", Новосибирск 19–23 октября 2015 г.;

2. Леженин А. А. – член рабочего Оргкомитета научного конгресса "Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015", Новосибирск, 8–20 апреля 2015 г.;

3. Крупчатников В. Н.:

– член программного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2015 (АПВПМ-2015)", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

– член программного комитета International conference and young scientists school on computational information technologies for environmental sciences ("CITES-2015"), Tomsk, 20–30 June, 2015,

– член программного комитета 11-го Сибирского совещания по климато-экологическому мониторингу", Томск, 21–23 сентября 2015 г.,

– член программного комитета 2-й Международной научной конференции "Климатология и гляциология Сибири", Томск, 20–23 октября 2015 г.;

4. Крайнева М. В. – член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2015 (АПВПМ-2015)", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

5. Голубева Е. Н.:

– член программного комитета Inernational conference "Numerical modeling of the coastal, shelf and estuarine processes", Rostov-on-Don, October 5–9, 2015,

– член программного комитета International conference and young scientists school on computational information technologies for environmental sciences "CITES-2015", Tomsk, June 20–30, 2015;

6. Платов Г. А. – член программного комитета Inernational conference "Numerical modeling of the coastal, shelf and estuarine processes", Rostov-on-Don, October 5–9, 2015.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 8
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 9
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 32
Монографий, глав в монографиях – 2
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 10
Публикаций в центральных зарубежных изданиях – 1
Публикаций в материалах международных конференций – 29
Публикаций в прочих изданиях – 16
Докладов на конференциях – 53, в том числе 6 пленарных
Участников оргкомитетов конференций – 11.

Кадровый состав

1. Кузин В. И. – зав. лаб. д.ф.-м.н.
2. Рапута В. Ф. – г.н.с. д.ф.-м.н.
3. Голубева Е. Н. – в.н.с. д.ф.-м.н.
4. Крупчатников В. Н. – в.н.с. д.ф.-м.н. 0,25 ст.
5. Платов Г. А. – в.н.с. д.ф.-м.н.
6. Фоменко А. А. – с.н.с. д.ф.-м.н.
7. Леженин А. А. – с.н.с. к.ф.-м.н.
8. Крылова А. И. – с.н.с. к.ф.-м.н.
9. Малахова В. В. – с.н.с. к.ф.-м.н.
10. Боровко И. В. – н.с. к.ф.-м.н.
11. Кравченко В. В. – м.н.с.
12. Якшина Д. Ф. – м.н.с.
13. Крайнева М. В. – м.н.с.
14. Лаптева Н. А. – м.н.с. 0,5 ст.
15. Лобанов А. Н. – м.н.с. 0,1 ст.
16. Яковенко Г. Т. – программист 0,55 ст.
17. Елепова Г. И. – инженер 0,5 ст.

Лобанов А. С., Кравченко В. В., Якшина Д. Ф., Крайнева М. В. — молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

Кузин В. И. – профессор НГУ, СГУГиТ.
Голубева Е. Н. – доцент НГУ.
Крылова А. И. – ст. преподаватель НГУ.
Леженин А. А. – доц. СИУ (филиал РАНХиГС).
Боровко И. В. – преподаватель СГУПС.

Защита дипломов

Дутова Н. И. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Голубева Е. Н.
Зайцева А. Е. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Голубева Е. Н.
Кравцова Т. М. – магистрант ММФ НГУ, руководитель Крылова А. И.
Великих М. А. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Платов Г. А.
Щербаков А. В. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Платов Г. А.

Руководство студентами

Зайцева А. Е. – 1-й курс магистратуры ММФ НГУ, руководитель Голубева Е. Н.
Щербаков А. В. – 1-й курс магистратуры ММФ НГУ, руководитель Платов Г. А.
Генаев К. А. – 1-й курс магистратуры ММФ НГУ, руководитель Платов Г. А.
Филкова О. С. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Голубева Е. Н.
Антипова Е. А. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Крылова А. И.
Петухова К. К. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Рапута В. Ф.
Юртина Ю. Ю. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Рапута В. Ф.
Хромченко Д. С. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Крупчатников В. Н.

Лаборатория математического моделирования гидротермодинамических процессов в природной среде

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. Пененко В. В.

Важнейшие достижения

Новый вариационный метод усвоения данных мониторинга качества атмосферы

Разработан вариационный метод усвоения данных мониторинга химического состава атмосферы для диагностики и прогнозирования изменений качества окружающей среды, основанный 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 решения прямых, сопряженных и обратных задач. 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.

К.ф.-м.н. Пененко А. В., д.ф.-м.н. Пененко В. В.

Результаты исследований опубликованы в работах:

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.

Результаты исследований представлены на конференциях:

1. Конгресс Европейского геофизического союза EGU-2015, Вена, 12–17 апреля 2015 г. (два доклада).
2. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.3.1.2 "Исследование процессов в атмосфере, гидросфере и окружающей среде методами математического моделирования".

Номер государственной регистрации НИР 01201370227.

Руководители: д.ф.-м.н. Кузин В. И., д.ф.-м.н. Пененко В. В.

Раздел 2. "Развитие моделей и методов для оценок экологической перспективы".

Руководитель – д.ф.-м.н. Пененко В. В.

Выполнен цикл исследований по развитию базового комплекса моделей гидротермодинамики и химии атмосферы с оценками влияния неопределенностей для решения задач природоохранного прогнозирования. Система моделирования строится на вариационных принципах для совместного использования математических моделей процессов и данных мониторинга в реальных условиях. Различного рода неопределенности имеются во всех

существующих системах прогнозирования. Наиболее существенные из них содержатся в моделях: в формулировках физических параметризаций (таких как турбулентность, динамика гидрологического цикла атмосферы, механизмы трансформации газо-аэрозольных субстанций), в задании начальных данных, а также источников эмиссии природных и техногенных воздействий. В результатах наблюдений также содержатся неопределенности за счет ошибок измерительных приборов. Еще один класс неопределенностей имеется в так называемых "моделях наблюдений", описывающих преобразование образов измеряемых величин в терминах функций состояния моделей процессов.

Разрабатываемая вариационная технология моделирования реализуется с использованием концепции сопряженных интегрирующих множителей. На этой основе построены численные схемы, обладающие свойствами полной аппроксимации в рамках методов расщепления для всей совокупности разномасштабных процессов, учитываемых в моделях. В результате получена совокупность локально-одномерных подсистем. Каждая их них состоит из следующих объектов: основной прямой и сопряженной задач, алгоритмов расчета функций неопределенности и чувствительности. Они составляют основу для разработки алгоритмов реализации прямых и обратных связей в моделируемой системе. Все объекты и подсистемы получаются взаимно согласованными в структуре вариационного принципа. Окончательно их решение объединяется на основе свойств аддитивности функционалов вариационного принципа, порождающего эти подсистемы.

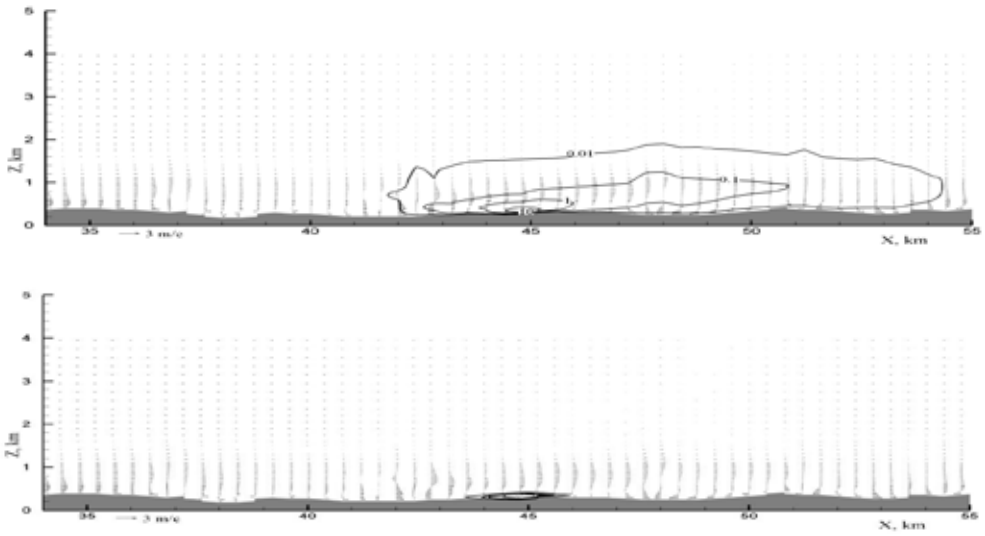
Проведена адаптация программного комплекса оригинальной негидростатической мезометеорологической 4D модели к условиям юго-восточного Забайкалья. Выполнены сценарные расчеты для исследования особенностей формирования локальных атмосферных циркуляций и процессов переноса примесей в зимний период в районе Быстринского месторождения полиметаллов, для освоения которого планируется строительство горно-обогатительного комбината.

Для моделирования гравитационных течений в атмосфере разработаны и тестированы негидростатические модели, основанные на дискретных аппроксимациях конечных разностей и конечных элементов и включающие полулагранжевы аппроксимации. Модели тестировались при различных масштабах, от сотен метров до сотен километров.

В рамках RANS приближения разработана новая версия параметризаций в теории турбулентного переноса импульса, тепла и примесей в стратифицированных течениях атмосферы. Коэффициенты вихревой диффузии импульса, тепла и скалярных примесей рассчитываются с учетом эффекта внутренних гравитационных волн и зависят от трех параметров: кинетической энергии турбулентности, скорости ее спектрального расходования (диссипации) и дисперсии турбулентных флуктуаций температуры, определяемых из решения замкнутых уравнений переноса. Параметризация предназначена для включения в модели циркуляции воздушных масс и распространения примесей в областях нижней атмосферы над термически и орографически неоднородной подстилающей поверхностью.

Развиваемая в лаборатории вариационная методология моделирования для задач динамики атмосферы отрабатывается также на задачах гидротермодинамики водных объектов. Эта часть работ выполняется на примере оз. Байкал, которое играет фундаментальную роль в климато-экологической системе Сибирских регионов как источник и как рецептор природных и антропогенных воздействий. Выполнены исследования оценки влияния механизмов и продуктов трансформации метана на гидродинамические процессы в озере.

В соответствие с договором о сотрудничестве с Восточно-Казахстанским техническим университетом им. Д. Серикбаева продолжались работы по созданию информационно-



Район Быстринского месторождения. Вертикальные разрезы (при *Y*=47,2 км) поля вектора скорости ветра и полей "легкой" примеси (сверху) и "тяжелой" примеси (снизу) за 9 час. работы источника примеси. Расчет выполнен для условий устойчивой стратификации фоновой атмосферы

аналитической системы "Экомониторинг" в г. Усть-Каменогорске. Развиваемая нами вариационная технология моделирования использована в алгоритмах математического обеспечения системы прогнозирования качества атмосферы. В этой системе оперативно усваиваются данные с сети автоматизированных измерительных станций, расположенных в разных районах города, и используются для прогнозирования изменений качества воздуха в городе и регионе.

Результаты работ по проектам РФФИ

Проект РФФИ 14-01-00125 "Новые методы решения взаимосвязанных задач динамики и химии атмосферы с использованием вариационного подхода и технологии интегрирующих множителей".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Пененко В. В.

Построены новые дискретно-аналитические численные схемы на основе вариационных методов с использованием сопряженных интегрирующих множителей для решения прямых и обратных задач динамики и трансформации аэрозолей в атмосфере. Получены два типа алгоритмов с параметрическими двухсторонними связями между ними. Первый – для 4D модели конвекции – диффузии многокомпонентных функций состояния на фоне атмосферных процессов. Второй уровень представляют численные схемы и алгоритмы трансформации динамики аэрозольных популяций в пространстве размеров частиц в подсеточных структурах конечных объемов в общей организации численных схем первого уровня.

Проект РФФИ 14-01-31482-мол-а "Разработка численных алгоритмов для задач усвоения данных измерений концентрации многокомпонентных примесей в атмосфере на основе моделей типа конвекции – диффузии – реакции".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н Пененко А. В.

Разработан и реализован алгоритм вариационного усвоения данных измерений концентраций многокомпонентных примесей для моделей атмосферной химии. Для работы с системой модель процессов – данные измерений использован вариационный принцип в формулировке со слабыми ограничениями. С теоретической точки зрения задача усвоения данных формулируется как последовательность связанных обратных задач восстановления функций состояния и поиска источников для моделей химии атмосферы, соответствующих наборам данных измерений, поступающим в систему моделирования.

Результаты работ по научно-исследовательским программам, проектам Президиума РАН, ОМН РАН и Сибирского отделения РАН

Программа Президиума РАН № 4, проект № 4.9, подпроект "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 примеси 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. (Финансирование не поступило).

Программа ОМН РАН № 3, проект № 3.3, подпроект "Вариационные методы решения обратных задач для исследования динамики и качества атмосферы".

Руководитель – д.ф.-м.н. Пененко В. В.

Разработаны новые версии монотонных численных схем и алгоритмов для прямых и сопряженных уравнений конвекции – диффузии в задачах с преобладающей конвекцией на основе вариационного подхода. (Финансирование не поступило).

Программа Президиума РАН № 43, 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.

Выполнены исследования по развитию вариационной методологии для решения задач природоохранного прогнозирования на основе совместного использования математических моделей и данных мониторинга исследуемых процессов. Разработаны способы включения данных наблюдений от различных средств мониторинга в систему моделирования с помощью вариационных принципов. (Финансирование не поступило).

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Пененко В. В., Цветова Е. А., Пененко А. В. Развитие вариационного подхода для прямых и обратных задач гидротермодинамики и химии атмосферы // Известия РАН. Сер.: Физика атмосферы и океана. 2015. Т. 51, № 3. С. 358–367. (*в базе РИНЦ*)

[Penenko V. V., Tsvetova E. A., Penenko A. V. Development of variational approach for direct and inverse problems of atmospheric hydrothermal dynamics and chemistry // Izvestiya. Ser.: Atmospheric and Oceanic Physics. 2015. Vol. 51, N 3. P. 318–326.]

(*перевод в базах Scopus, Web of Science*)

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. (*в базе РИНЦ*)

[Penenko V. V, Tsvetova E. A., Penenko A. V. Methods based on the joint use of models and observational data in the framework of variational approach to forecasting weather and atmospheric composition quality // Russian meteorology and hydrology. V. 40, iss: 6. P. 365–373, DOI: 10.3103/S1068373915060023]. (*перевод в базах Scopus, Web of Science*)

3. Гранин Н. Г., Козлов В. В., Цветова Е. А., Гнатовский Р. Ю. Полевые исследования и некоторые результаты численного моделирования кольцевой структуры на льду озера Байкал // Доклады Академии наук. 2015. Т. 461, № 3. С. 343–347. (*в базе РИНЦ*)

[Granin N. G., Kozlov V. V., Tsvetova E. A., Gnatovsky R. Yu. Field studies and some results of numerical modeling of a ring structure on Baikal ice // Doklady Earth Sciences. 2015. Vol. 461, Pt. 1. P. 316–320.] (*перевод в базах Scopus, Web of Science*)

4. Курбацкий А. Ф., Курбацкая Л. И. Особенности вихревой диффузии импульса и тепла в устойчиво стратифицированных течениях окружающей среды // Теплофизика и аэромеханика. 2015. Т. 22, N 2. С. 171–185. (*в базе РИНЦ*)

[Kurbatskiy A. F., Kurbatskaya L. I. Features of eddy diffusion of momentum and heat in stably stratified flows of environment // Thermophysics and aeromechanics. V. 22, iss. 2. P. 163–176.] (*перевод в базах Scopus, Web of Science*)

5. Пьянова Э. А., Фалейчик Л. М. Сценарное моделирование процессов переноса примеси в атмосфере Южного Прибайкалья // Вестн. ЗабГУ. 2015. № 8 (123). С. 30–38. (*в базе РИНЦ*).

6. Zubairova U., Golushko S., Penenko Al., Nikolaev S. A computational model of the effect of symplastic growth on cell mechanics in a linear leaf blade // Journal of bioinformatics and computational biology. V. 13. Вып. 1. P.: 1540005. DOI: 10.1142/S0219720015400053. (*в базах Scopus, Web of Science*)

7. Rakhmetullina S., Penenko A. V., Turganbaev Ye., Bublikov A. Informational-analytical system "ECO-monitoring" // Вычислительные технологии. Т. 20; Вестн. КазНУ. Сер.: Математика, механика, информатика. 2015. № 3(86). С. 208–217.

Зарубежные издания

1. Penenko V. V. A method for direct variational data assimilation from various observing systems // Proc. of the 21st International symposium atmospheric and ocean optics: atmospheric physics SPIE 9680, 968070. 2015. Nov. 19. DOI:10.1117/12.2205886. (*в базах Scopus, Web of Science*)

2. Tsvetova E. A. Modeling of hydrodynamics of water-methane heterogeneous system // Ibid. SPIE 9680, 968075. 2015. Nov. 19. DOI:10.1117/12.2205998. (*в базах Scopus, Web of Science*)

3. Penenko A., Penenko V., Nuterman R., Baklanov A., Mahura A. Direct variational data assimilation algorithm for atmospheric chemistry data with transport and transformation model // Ibid. DOI: 10.1117/12.2206008. (*в базах Scopus, Web of Science*)

4. Kurbatskii A., Kurbatskaya L. Numerical model of the urban heat island in a calm and stably stratified environment // Ibid. DOI: 10.1117/12.2203154. (*в базах Scopus, Web of Science*)

5. Yudin M. S. Dynamic effects of steep orography on cold front propagation in a stratified atmosphere // Proc. of the 21st International symposium atmospheric and ocean optics: atmospheric physics SPIE 9680, 968075, Nov. 19, 2015. DOI: 10.1117/12.2205225. (*в базах Scopus, Web of Science*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Penenko V. V., Baklanov A. A., Tsvetova E. A., Penenko A. V. Application of variational modeling technology for environmental studies // Proc. of the 1st Pan-Eurasian Experiment (PEEX) conference and the 5th PEEX Meeting. Ser.: Aerosol Science. 2015. N 163. P. 331–334.

2. Penenko V., Tsvetova E., Penenko A. Application of variational principles and adjoint integrating factors for constructing numerical GFD models // Geophysical Research Abstracts. 2015. V. 17. EGU2015–12483.

3. Penenko A., Penenko V., Tsvetova E. Variational fine-grained data assimilation schemes for atmospheric chemistry transport and transformation models // Ibid. EGU2015-1055.

4. Курбацкая Л. И., Курбацкий А. Ф. Мезомасштабная численная модель городского острова тепла в устойчиво стратифицированной окружающей среде // Материалы Междунар. науч. конф. "Дистанционные методы зондирования земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология". 11-й Междунар. науч. конгр. и выставка "Интерэкспо Гео-Сибирь". Т. 1. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 165–169. (*в базе РИНЦ*)

5. Юдин М. С. Расчет скоростей гравитационных течений при обтекании крутых препятствий в стратифицированной атмосфере // Там же. С. 116–119. (*в базе РИНЦ*)

6. Пененко А. В., Сороковой А. А. Применение дискретно-аналитических схем для численного решения коагуляционного уравнения Смолуховского // Там же. С. 140–144. (*в базе РИНЦ*)

7. Пененко А. В. Прямой вариационный алгоритм усвоения данных атмосферной химии // Там же. С. 145–149. (*в базе РИНЦ*)

8. Пьянова Э. А. Исследование процессов переноса пассивной примеси в атмосфере Прибайкалья на основе сценарного численного моделирования // Там же. С. 135–139. (*в базе РИНЦ*)

9. Курбацкий А. Ф., Курбацкая Л. И. Развитие турбулентного теплового факела над островом тепла в устойчиво стратифицированной атмосфере // Материалы 21-го Междунар. симп. "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы", Томск, 22–26 июня 2015 г. [Электрон. ресурс]. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2015. С. D1-D5.

10. Пененко В. В. Алгоритмы вариационного усвоения данных от различных наблюдательных систем // Там же. С. D109–D114.

11. Пененко А. В. Прямой вариационный алгоритм усвоения данных атмосферной химии на основе модели переноса и трансформации // Там же. С. D369–D372.

12. Цветова Е. А. Моделирование гидротермодинамики гетерогенной смеси вода – метан // Там же. С. D121–D124.

13. Юдин М. С. Динамические эффекты крутой орографии при распространении холодного фронта в стратифицированной атмосфере // Там же. С. D485–D488.

14. Kurbatskiy A. F., Kurbatskaya L. I. Turbulence parametrization of heat plume over an urban heat island in stably stratified amosphere // Intern. young scientists school and conference on computational information technologies for environmental sciences and information systems. (CITES–2015). [Electron. resource]. Tomsk, June 26–30, 2015. 2015. P. 36–39.

15. Penenko V. V. Development of the concept of environmental forecasting to assess the consequences of natural and ant ropogenic impacts // Ibid. P. 8–12.

16. Penenko A. V., Penenko V. V Real-time data assimilation algorithm for atmospheric transport and transformation models // Ibid. P. 15–18.

17. Pyanova E. A., Faleychik L. M. Modeling of atmospheric transport pollution from a point source in the Southern Baikal region // Intern. young scientists school and conference on

computational information technologies for environmental sciences and information systems. (CITES–2015). [Electron. resource]. Tomsk, June 26–30, 2015. 2015. P. 77–81.

18. Tsvetova E. A. Simulation of heat and mass transfer in Lake Baikal in winter taking into account the phase transitions in water-methane system // Ibid. P. 81–84.

19. Yudin M. S. Simulation of mesoscale stratified flows over steep obstacles of various shapes // Ibid. P. 43–46.

20. Курбацкий А. Ф., Курбацкая Л. И. Вихревая диффузия импульса и тепла в нижней атмосфере // Труды 11-й Всерос. съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики, Казань, 20–24 авг. 2015 г. Казань: Б. и., 2015. [Электрон. ресурс]. CD-ROM. С. 2199–2201.

21. Курбацкая Л. И., Курбацкий А. Ф. Численное исследование турбулентных те-чений в нижней атмосфере // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 444–448. (*в базе РИНЦ*)

22. Пененко В. В. Вариационные принципы в концепции природоохранного прогнозирования // Там же. С. 548–554 (*в базе РИНЦ*)

23. Пененко А. В. Усвоение данных в моделях транспорта и трансформации атмосферной химии // Там же. С. 555–561 (*в базе РИНЦ*).

24. Пененко А. В., Зубаирова У. С., Николаев С. В. Применение сопряженных уравнений для исследования чувствительности в модели симпластного роста клеток линейного листа // Там же. С. 562–571 (*в базе РИНЦ*)

25. Пьянова Э. А., Перевозкин Д. В., Фалейчик Л. М. Численное моделирование распространения выбросов от лесного пожара в районе г. Читы // Там же. С. 603–610 (*в базе РИНЦ*)

26. Пьянова Э. А., Фалейчик Л. М. Сценарные оценки влияния объектов ГПК юго-восточного Забайкалья на качество атмосферы // Там же. С. 611–617 (*в базе РИНЦ*)

27. Цветова Е. А. Обновление глубинных вод Байкала как следствие диссоциации метангидратов (по результатам численного моделирования) // Там же. (*в базе РИНЦ*)

28. Юдин М. С. Динамика мезомасштабных гравитационных течений в стратифицированной атмосфере // Там же С. 867–871 (*в базе РИНЦ*)

Прочие издания

1. Пененко В. В. Развитие идей Г. И. Марчука для решения задач охраны окружающей среды // Труды 16-й Всерос. конф.-школы молодых исследователей "Современные проблемы математического моделирования". Ростов-н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 178–185.

2. Цветова Е. А. Моделирование переноса и трансформации метана в Байкале // Труды 16-й Всерос. конф.-школы молодых исследователей "Современные проблемы математического моделирования". Ростов-н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 230–234.

3. Пененко В. В. Вариационная технология для интегрированных систем природоохранного прогнозирования // Экология, экономика, информатика. Сб. статей: в 3 т. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. ISBN 978-5-9275-1642-1 Т. 2: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. С. 608–614. (*в базе РИНЦ*)

4. Пьянова Э. А., Фалейчик Л. М. Сценарное моделирование процессов переноса примеси в районе Быстринского ГОКа // Там же. С. 620–627. (*в базе РИНЦ*)

5. Цветова Е. А. Влияние диссоциации метангидрата на гидродинамику озера Байкал // Экология, экономика, информатика. Сб. статей: в 3 т. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. ISBN 978-5-9275-1642-1 Т. 2: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. С. 671–677. (*в базе РИНЦ*)

6. Penenko A. V. Comparison between combinations of the splitting and variational data assimilation schemes for atmospheric chemistry transport models // Bull. NCC. Ser.: Num. Anal. 2015. N 17. P. 43–52. (*в базе РИНЦ*)

Участие в конференциях и совещаниях

1. 11-й Международный научный конгресс и выставка "Интерэкспо Гео-Сибирь", Новосибирск, 2015 – 5 докладов (Пененко А. В., Юдин М. С., Курбацкая Л. И., Пьянова Э. А.).

2. The 1st Pan-Eurasian experiment (PEEX) conference and the 5th PEEX Meeting, February 13–17, 2015 – 1 доклад (Пененко В. В., Цветова Е. А., Пененко А. В.).

3. Генеральная Ассамблея Европейского геофизического союза EGU 2015, Вена, 12–17 апреля 2015 г. – 2 доклада (Пененко В. В., Цветова Е. А., Пененко А. В.).

4. 21-й Международный симпозиум, Томск, 22–26 июня 2015 г. – 5 докладов, из них 2 приглашенных (Пененко В. В., Цветова Е. А., Пененко А. В., Курбацкая Л. И., Юдин М. А.).

5. International young scientists school and conference on computational information technologies for environmental sciences and information systems (CITES–2015), Tomsk, June 26–30, 2015 – 6 докладов, из них два приглашенных (Курбацкая Л. И., Пененко В. В., Пененко А. В., Цветова Е. А., Пьянова Э. А., Юдин М. С.).

6. 11-й Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики, Казань, 20–24 августа 2015 г. – 1 доклад (Курбацкая Л. И.).

7. 16-я Всероссийская конференция-школа молодых исследователей, Ростов-на-Дону. 14–19 сентября 2015 г. – 2 доклада (Пененко В. В., Цветова Е. А.).

8. Экология, экономика, информатика. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем, Дюрсо, 6–12 сентября 2015 г. – 3 доклада (Пененко В. В., Цветова Е. А., Пьянова Э. А.).

9. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 9 докладов (Курбацкая Л. И., Пененко В. В., Пененко А. В., Пьянова Э. А., Цветова Е. А., Юдин М. С.).

10. 7-я Международная молодежная научная школа-конференция "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.– 7 докладов (Пененко В. В., Пененко А. В.).

11. 22-я Рабочая группа "Аэрозоли Сибири", Томск – 7 докладов (Пененко В. В., Пененко А. В., Курбацкая Л. И., Пьянова Э. А., Цветова Е. А., Юдин М. С.).

12. Всероссийская конференция "XXXII Сибирский теплофизический семинар", Новосибирск, 19–20 ноября 2015 г. – 1 доклад (Курбацкая Л. И.).

13. Конференция, приуроченная к 90-летию академика О. Ф. Васильева "Научные и прикладные аспекты гидродинамики, гидрофизики и экологии водных объектов", Барнаул, 2–5 сентября 2015 г. – 1 доклад (Курбацкая Л. И.).

Участие в оргкомитетах российских и международных конференций

1. Пененко В. В.:

– член оргкомитета Конференции молодых ученых ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск, 6–8 апреля 2015 г.,

– член программного комитета Международной конференции по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде "СИТЕС-2015", Томск, 26–30 июня 2015 г.,

– член программного комитета 21-го Международного симпозиума "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы", Томск, 22–26 июня 2015 г.,

– член программного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, октябрь 2015 г.,

– член программного комитета конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.,

– член программного комитета 16-й Всероссийской конференции-школы молодых исследователей "Современные проблемы математического моделирования", Дюрсо, 14–19 сентября 2015 г.;

2. Пененко А. В.:

– член организационного комитета Международной конференции по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде "СИТЕС-2015", Томск, 26–30 июня 2015 г.,

– член организационного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2015" (АПВПМ-2015), , Новосибирск, октябрь 2015 г.,

– член программного комитета конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.,

– член организационного комитета конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.;

3. Пьянова Э. А

– член организационного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2015" (АПВПМ-2015), Новосибирск, октябрь 2015 г.,

– член организационного комитета конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.

Международные научные связи

Сотрудничество с Восточно-Казахстанским государственным техническим университетом (ВКГТУ) им. Д. Серикбаева (Усть-Каменогоск).

Сотрудничество с Датским Метеорологическим институтом (DMI, Copenhagen Denmark).

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 9
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 9
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 20
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 7
Публикаций в зарубежных изданиях – 5
Публикаций в материалах международных конференций – 28
Публикаций в прочих изданиях – 6
Докладов на конференциях – 50, в том числе 7 пленарных.
Участников оргкомитетов конференций – 12.

Кадровый состав

1.Пененко В. В.	зав. лаб.	д.ф.-м.н.
2.Цветова Е. А.	в.н.с.	к.ф.-м.н.

3.Юдин М. С. с.н.с.
4.Курбацкая Л. И. с.н.с.
5.Пененко А. В. н.с. к.ф.-м.н.
6.Пьянова Э. А. н.с. к.ф.-м.н.
7.Позднякова Н. С. м.н.с. (0,1)
8.Иванова Г. И. техник
Пененко А. В. – молодой научный сотрудник.

Педагогическая деятельность

Пененко В. В. – профессор НГУ
Пененко А. В. – ст. преподаватель НГУ

Руководство аспирантами

Сороковая К. Е. – НГУ, руководители Пененко В. В., Пененко А. В.
Сороковой А. А. – НГУ, руководители Пененко В. В., Пененко А. В.

Защита дипломов

Ханхасаева П. Н. – магистратура ММФ НГУ, руководители Пененко В. В, Пененко А. В.
Белоглазова Т. С. – магистратура ФИТ НГУ, руководитель Пененко А. В.
Байшибаев Д. Ж. – магистратура ФИТ НГУ, руководитель Пененко А. В.

Лаборатория численного анализа и машинной графики

И.о. зав. лабораторией − д.т.н. Дебелов В. А.

Важнейшие достижения

Математическое моделирование многомерных задач сейсмологии и сейсморазведки на многопроцессорных ЭВМ

Математическое моделирование задач сейсмологии и сейсморазведки основано на разработке и обосновании экономичных численных методов построения теоретических сейсмограмм: расчета поля скоростей, деформаций и напряжений упругого и термоупругого тела, связанных с граничными воздействиями.

Для динамических задач линейной теории упругости построены и обоснованы оптимальные явно разрешимые дискретные (сеточные) модели с контролируемым дисбалансом полной механической энергии и максимально возможной степенью параллелизма.

Для сопряженно-операторной модели задачи теплопроводности построена и обоснована новая разностная схема второго порядка точности на неравномерной несогласованной сетке для переменных (в том числе и разрывных) параметров среды.

Акад. РАН Коновалов А. Н., д.ф.-м.н. Сорокин С. Б.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.2.1.1 "Оптимальные сеточные методы для высокопроизводительных ЭВМ и их применение в задачах естествознания".

Номер государственной регистрации НИР 01201370224.

Руководители: акад. Коновалов А. Н, д.т.н. Дебелов В. А., д.ф.-м.н. Лаевский Ю. М.

Раздел 1. "Сопряженно-согласованные модели задач теории упругости и вязкой упругости применительно к задачам геофизики в сложно построенных средах (построение теоретических сейсмограмм)".

П. 1.1. "Построение теоретических сейсмограмм для трехмерных задач динамики в сложнопостроенных средах (вязкоупругость)".

Для динамических задач линейной теории упругости построены и обоснованы оптимальные явно разрешимые дискретные (сеточные) модели с контролируемым дисбалансом полной механической энергии и максимально возможной степенью параллелизма. Разработано задание на программирование, что является основой для построения теоретических сейсмограмм для трехмерных задач динамики в сложно построенных средах (вязкоупругость) для использования последних в задачах сейсморазведки и прогноза.

П. 1.2. "Анализ эффективности алгоритмов пересчета граничных условий для бигармонического уравнения".

Выполнен анализ эффективности численного решения бигармонического уравнения с краевыми условиями защемленного и свободного края посредством решения серии задач для бигармонического оператора с краевыми условиями шарнирного опирания. Получены

неулучшаемые константы энергетической эквивалентности для пластин прямоугольной формы, что позволяет применять метод Ричардсона с чебышевским набором параметров, менее затратный, чем метод сопряженных градиентов.

П. 1.3. "Обоснование сходимости дискретных аналогов сопряженно-операторных моделей".

Обоснована сходимость новой разностной схемы для сопряженно-операторной модели задачи теплопроводности на неравномерной сетке для переменных (в том числе разрывных) параметров среды. Показано, что разностная схема сходится со вторым порядком точности для случаев разрывных параметров среды в законе Фурье и неравномерных сеток. Проведена серия вычислительных экспериментов, иллюстрирующих справедливость полученных теоретических результатов.

Раздел 3. "Методы декомпозиции решения эллиптических и параболических сеточных задач, методы теории аппроксимации и расчета фотореалистических изображений кристаллов для высокопроизводительных многопроцессорных ЭВМ".

П. 3.1. "Исследование алгоритмов построения обобщенных сплайнов с натяжением".

Выполнено исследование сравнения алгоритмов построения обобщенных сплайнов с натяжением, которое проводилось для задачи приближения КПД поворотно-лопастной турбины; готовится публикация.

П. 3.2. "Реализация алгоритма интервальной (чебышевской) сплайн-аппроксимации на хаотической сетке в многомерном пространстве".

В процессе реализации алгоритма интервальной сплайн-аппроксимации предложен метод коррекции направления спуска, существенно ускоривший поиск активных ограничений интервального сплайна. Алгоритм интервальной сплайн-аппроксимации находится в процессе тестирования.

П. 3.3. "Развитие математической модели взаимодействия света с прозрачными оптически анизотропными средами. Разработка математической модели луча поляризованного света с учетом фазы".

Разработаны: уточненная математическая модель луча света с произвольным состоянием поляризации (поляризованный, неполяризованный, частично поляризованный), позволяющая оценить фазу в требуемых точках пространственной сцены, а также когерентность света, приносимого различными лучами; математическая модель и алгоритмы отражения и преломления такого луча с прозрачными оптически изотропными и анизотропными средами. Проведены численные эксперименты по компьютерному моделированию известных опытов, демонстрирующих двулучевую интерференцию лучей когерентного света: опыт Юнга (деление волнового фронта) и эксперимент с делением амплитуды. Полученные изображения подтверждают достоверность используемой модели, а также применимость метода обратной рекурсивной трассировки лучей для расчета изображений эффекта интерференции.

Численные эксперименты проиллюстрированы на рис. 1, 2.

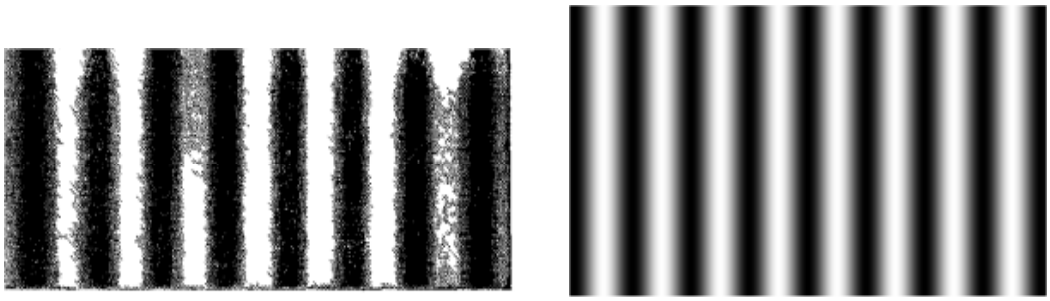


Рис. 1. Опыт Юнга: фотография (M. Born and E. Wolf. Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light, 1959) (слева); рассчитанное изображение (справа)

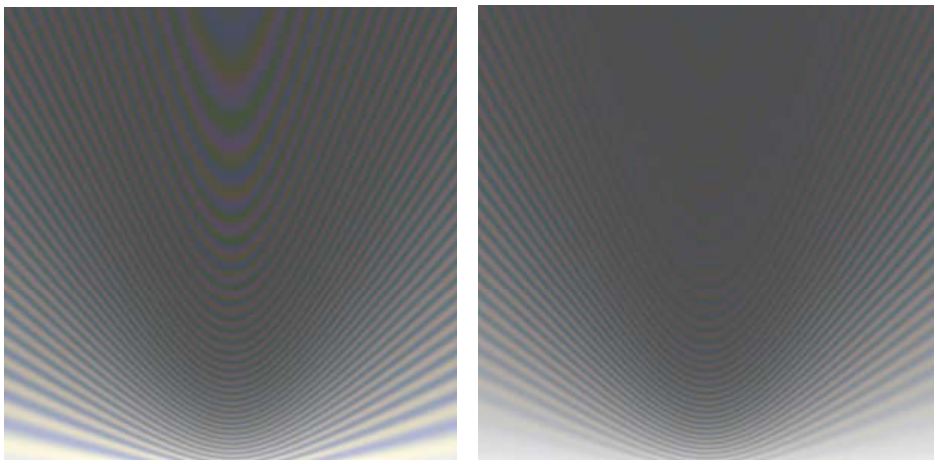


Рис. 2. Рассчитанные картины двулучевой интерференции (деление волнового фронта): на основе математической модели, приведенной в работе Борна и Вольфа (слева); на основе разработанной уточненной модели взаимодействия света с прозрачными объектами, учитывающей формулы Френеля (справа)

Результаты работ по научно-исследовательским программам, проектам Президиума РАН, ОМН РАН и Сибирского отделения РАН

Программа ОМН РАН № 1.3, проект 1.3.3, подпроект 1.3.3-5 "Экономичные методы в стационарных сеточных задачах для многопроцессорных ЭВМ".

Руководитель – акад. Коновалов А. Н.

Для сопряженно-операторной модели задачи теплопроводности построена и численно исследована новая разностная схема на неравномерной несогласованной сетке для переменных (в том числе разрывных) параметров среды. Показано, что разностная схема сходится со вторым порядком точности для случаев разрывных параметров среды в законе Фурье и неравномерных несогласованных сеток. Со вторым порядком сходятся не только скалярные сеточные функции (приближения к температуре), но и сеточные вектор-функции (приближения к потоку тепла).

Программа Президиума РАН № 15, проект № 15.9, подпроект "Математическое моделирование многомерных задач сейсмологии и сейсморазведки на многопроцессорных ЭВМ".

Руководитель – акад. Коновалов А. Н.

Для динамических задач линейной теории упругости (гиперболическая система уравнений первого порядка) завершены исследования, связанные с построением явно разрешимых дискретных моделей с высокой степенью параллелизуемости и контролируемым дисбалансом полной механической энергии.

Искомыми параметрами изучаемой задачи являются тензорные функции различного ранга. После введения вектора-столбца $w=(\upsilon,\sigma)^T$, $\upsilon\in H^1$, $\sigma\in H^2$, оператора $grad\equiv R:H^1\to H^2$, а также сопряженного ему оператора $-div\equiv R^*:H^2\to H^1$, исходная непрерывная модель записывается следующим образом

$$B\frac{\partial w}{\partial t}+Aw=f, \tag{1}$$

где B – диагональный, A – кососимметричный операторы. К (1) следует добавить краевые условия и начальные данные. Для (1) имеет место интегральный закон сохранения

$$0.5\frac{\partial}{\partial t}\Big[(Ru,w)_{H^1\oplus H^2_*}\Big]=\int_0^t\Big[(f,w)_{H^1\oplus H^2_*}\Big]dt.$$

Здесь $H^2_*\subset H^2$ – подпространство разрешимости задачи $Ru=q$, $u\in H^1$, $q\in H^2$, $w=Kq\in H^2$. При переходе от (1) к дискретной модели основным является требование сопряженно-согласованной аппроксимации:

$$(q_h,R_hu_h)_{H^2_h}=\left(R^*_hq_h,u_h\right)_{H^1_h}. \tag{2}$$

Это означает, что если в дискретной модели выбрана конкретная аппроксимация $R_h\sim R$, то именно (2) определяет выбор $R^*{}_h\sim R^*$. Сопряженно-согласованная дискретная модель строится как параметрическая, весовые параметры которой подчинены условию $0\le\alpha,\beta\le 1$, тогда

$$B_hy^{n+1}_{\bar t}+\begin{pmatrix}0 & \alpha R^*{}_h\\ -\beta R_h & 0\end{pmatrix}y^n=f_h,\quad y^n=w^n_h. \tag{3}$$

При $f=0$ непрерывная математическая модель (1) является равновесной

$$0.5\frac{\partial}{\partial t}\Big[(Ru,w)_{H^1\oplus H^2_*}\Big]=0,$$

и речь идет об обратимом процессе. Если в (3) положить $f_h=0$, $\alpha=\beta=0{,}5$ и учесть, что $g_{0.5}=g^n+0.5\tau g^{n+1}_{\bar t}$, то из (3) следует:

$$0.5\frac{\partial}{\partial t}\Big[(R_hu_h,w_h)_{H_h^1\oplus H^2_{*,h}}\Big]^{n+1}_{\bar t}=0.$$

Это означает, что при сделанных предположениях сопряженно-согласованная модель (3) "наследует" свойство равновесности. Перепишем (3) следующим образом:

$$\left(B_h+0.5\tau A_h\right)y^{n+1}_{\bar t}+A_hy^n=f_h,\quad A_h=\begin{pmatrix}0 & R^*{}_h\\ -R_h & 0\end{pmatrix},\quad B_h=\begin{pmatrix}B_{1,h} & 0\\ 0 & B_{2,h}\end{pmatrix}. \tag{4}$$

Здесь $B_{i,h}\sim B_i>0$, а заданные скалярные элементы B_i от t не зависят. Экономичный вычислительный алгоритм перехода $y^n\to y^{n+1}$ строится с помощью метода приближенной факторизации. Это равносильно замене (4) на

$$\left(B_h + 0.5\tau A_{1h}\right) B_h^{-1} \left(B_h + 0.5\tau A_{2h}\right) y_{\bar{t}}^{n+1} + A_h y^n = f_h. \qquad (5)$$

В отличие от (4), при переходе $y^n \to y^{n+1}$ последовательному обращению в (5) подлежат только треугольные операторы. Алгоритм перехода становится экономичным и обладает высокой степенью параллелизма.

Поскольку для (5) имеем $\left(B_h + 0.5\tau A_h\right) y_{\bar{t}}^{n+1} + A_h y^n + O\left(\tau^2\right) = f_h$, то даже при $f \sim f_h = 0$ дискретная модель (5) является неравновесной, и следует оценить меру неравновесности (дисбаланс) при завершении расчета $t=t^*=k\tau$. Полученные оценки устанавливают зависимость дисбаланса от числа Куранта.

Полученные результаты могут найти практическое применение, например, при расчете "теоретических сейсмограмм" или устойчивости наземных сооружений при проведении подземных горных работ.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1.Коновалов А. Н., Попов Ю. П. Оптимальные, явно разрешимые дискретные модели с контролируемым дисбалансом полной механической энергии для динамических задач линейной теории упругости // Сибирский математический журнал. 2015. Т. 56, № 5. С. 1092–1099. (*в базах РИНЦ, Scopus, Web of Science*)

2.Мокшин П. В., Роженко А. И. О поиске оптимального параметра сглаживающего сплайна // СибЖИМ. 2015. Т. 18, № 2(62). С. 63–73. (*в базе РИНЦ*)

Зарубежные издания

1.Sorokin S. B. Sharp constants of the energy equivalence relation in the method of conversion of boundary conditions for biharmonic equation // Journal of Mathematical Sciences. 2015. Vol. 205, N 3, March 7. P. 464–472. Transl. from Vestnik Novosibirskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Ser.: Matematika, Mekhanika, Informatika. 2013. N 3. P. 113–121. (*в базах РИНЦ, Scopus*)

2.Sorokin S. B. Justification of a discrete analog of the conjugate-operator model of the heat conduction problem // Journal of Applied and Industrial Mathematics. 2015. Vol. 9, N 1. P. 119–131. Перевод: Сибирский журнал индустриальной математики. 2014. Т. 17, № 4(60). С. 98–110. (*в базах РИНЦ, Scopus*)

3.Kozlov D. S., Debelov V. A. Algorithm for photorealistic rendering of transparent optically active isotropic crystals // Programming and Computer Software. 2015. Vol. 41, N 5. P. 267–272. (*в базах РИНЦ, Scopus, Web of Science*)

Материалы международных конференций и совещаний

1.Дебелов В. А. Интерференция света, изотропные прозрачные объекты, трассировка лучей // Труды 25-й Международной научной конференции "ГРАФИКОН'2015". 2015. С. 168–173. (*в базе РИНЦ*)

2. Sorokin S. B. Discrete analog of conjugate-operator model of problem of heat conductivity on non-matching grids // Proc. of the 4th China-Russian conference "Numerical Algebra with Applications", Rostov-on-Don: Southern Federal University Publ., 2015. P. 59–64.

3.Rozhenko A. I. Radial basis functions in multivariate approximation // Abstracts of the Intern. conf. "Wavelets and Applications", St. Petersburg, July 18–23, 2015. St. Petersburg: The Euler International Mathematical Institute, 2015. P. 73–75.

4.Rozhenko A. I., Mokshin P. V., Fedorov E. A. On fitting a solution of linear operator equation // Ibid. P. 75–77.

Прочие издания

1.Климонов И. А., Корнеев В. Д., Свешников В. М. Распараллеливание решения трехмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках в гибридной вычислительной среде CPU+GPU // 8-я Сибирская конференция по параллельным и высокопроизводительным вычислениям, Томск, 28–30 октября 2015 г. С. 101.

Сдано в печать

1. Роженко А. И., Федоров Е. А. Об алгоритме сглаживания сплайном с двухсторонними ограничениями // СибЖВМ.
2. Сорокин С. Б. Разностная схема для сопряжено-операторной модели задачи теплопроводности на несогласованных сетках // СибЖВМ.

Участие в конференциях и совещаниях

1. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АМСА–2015), Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 4 доклада (Коновалов А. Н., Сорокин С. Б., Дебелов В. А., Корнеев В. Д.).
2. 7-я Международная молодежная научная школа-конференция "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г. – 1 доклад (Коновалов А. Н.).
3. 4th China-Russian conference "Numerical Algebra with Applications", Rostov-on-Don, June 26–29 2015 – 1 доклад (Сорокин С. Б.).
4. 25-я Международная научная конференция "ГРАФИКОН'2015", Протвино, 22–25 сентября 2015 г. – 1 доклад (Дебелов В. А.).
5. International conference "Wavelets and Applications", St. Petersburg, July 18–23, 2015 – 2 доклада (Роженко А. И.).
6. 16-я Всероссийская конференция-школа молодых исследователей "Современные проблемы математического моделирования", Новороссийск, 14–19 сентября 2015 г. – 1 доклад (Сорокин С. Б.).
7. 8-я Сибирская конференция по параллельным и высокопроизводительным вычислениям, Томск, 28–30 октября 2015 г. – 1 доклад (Корнеев В. Д.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Коновалов А. Н. – сопредседатель программного комитета конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2015", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

2. Дебелов В. А.

– сопредседатель программного комитета конференции "ГрафиКон'2015", Протвино, 22–25 сентября 2015 г.,

– член программного комитета 23rd International conference in Central Europe on computer graphics, visualization and computer vision WSCG, Plzen (Czech Republic), June 8–12, 2015,

– член программного комитета 9th International Conference on Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing, Las Palmas de Gran Canaria (Spain), July 22–24, 2015;

3. Сорокин С. Б.

– член программного комитета 4th China-Russia conference on numerical algebra with applications (CRC-NAA'15), Rostov-on-Don, June 26–29, 2015,

– член программного комитета 16-й Всероссийской конференции-школы молодых исследователей "Современные проблемы математического моделирования", Новороссийск, 14–19 сентября 2015 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 2
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 4
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 6
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 2
Публикаций в зарубежных изданиях – 3
Публикаций в материалах международных конференций – 4
Публикаций в прочих изданиях – 1
Докладов на конференциях – 11, в том числе 4 пленарных
Участников оргкомитетов конференций – 6.

Кадровый состав

1.	Коновалов А. Н.	советник РАН	д.ф.-м.н., акад. РАН
2.	Дебелов В. А.	в.н.с.	д.т.н.
3.	Корнеев В. Д.	с.н.с.	к.т.н. (0.8)
4.	Роженко А. И.	с.н.с.	д.ф.-м.н.
5.	Сорокин С. Б.	в.н.с.	д.ф.-м.н.
6.	Хорсова Г. Е.	ведущ. программист	
7.	Непомнящих Г. И.	инженер 1-й кат.	
8.	Васильева Л. Ф.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
9.	Козорезова Н. Е.	ведущ. программист	
10.	Минакова Л. А.	ведущ. программист	
11.	Шелестова Н. И.	ведущ. редактор.	

Педагогическая деятельность

Коновалов А. Н. – профессор НГУ
Сорокин С. Б. – профессор НГУ, ВКИ
Дебелов В. А. – профессор НГУ
Роженко А. И. – доцент НГУ.

Лаборатория математических задач геофизики

Зав. лабораторией член-корр. РАН. Кабанихин С. И.

Важнейшие достижения

Количество дополнительной информации как параметр регуляризации некорректных задач

Для задачи Коши для уравнения Лапласа показано, что количество дополнительной информации является параметром регуляризации.

Задача Коши для уравнения Лапласа сформулирована в виде обратной задачи к следующей прямой (корректной) задаче:

$$\begin{cases} u_{xx} + u_{yy} = 0, (x,y) \in \Omega(h,b), \\ u_x(0,y) = g(y), \quad y \in (-b,b), \\ u(x,-b) = q_1(x), \quad x \in (0,h), \\ u(x,b) = q_2(x), \quad x \in (0,h), \\ u(h,y) = q(y), \quad y \in (-b,b). \end{cases}$$

Обратная задача заключается в определении трех функций $q(y)$, $q_1(x)$, $q_2(x)$ по дополнительной информации $u(0,y)=f(y)$.

На рис. 1 приведен график функции $q(y)$. Видно, что при увеличении количества измеряемой информации увеличиваются устойчивость и точность восстановления.

Член-корр. РАН Кабанихин С. И., к.ф.-м.н. Шишленин М. А.

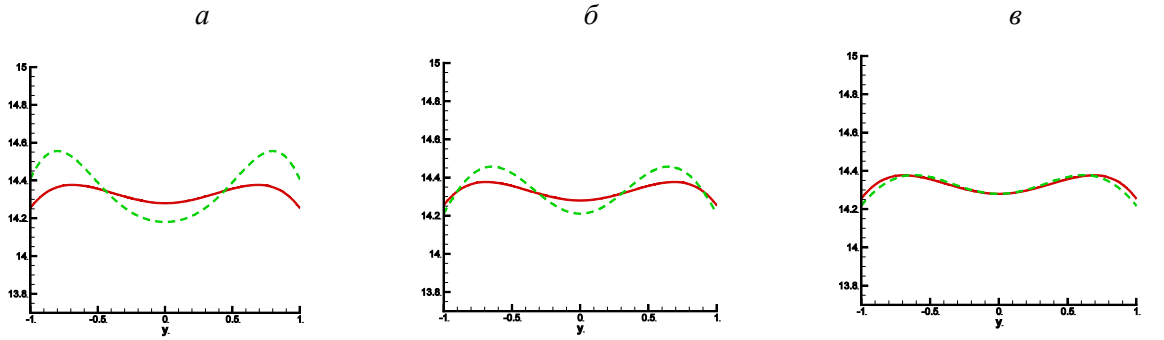


Рис. 1. График функции $q(y)$: красная линия – точное решение, зеленая – восстановленное

Результаты исследований опубликованы в работе

Kabanikhin S. I., Bektemesov M., Shishlenin M. A. The size of the domain of measurements is the regularization parameter in continuation problem // Вычислительные технологии. 2015. Т. 20, № 3(86). Ч. 2. С. 130–136.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.3.1.3. "Методы создания, исследования и идентификации математических моделей в науках о Земле"

Номер государственной регистрации НИР 01201002449.

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

Построена математическая модель акустического томографа на основе двумерной системы уравнений акустики. Исследована чувствительность данных обратной задачи, измеряемых в некоторых точках границы, к изменениям искомых параметров среды (скорости распространения волн и плотности). Разработан численный метод решения обратной задачи на основе градиентного метода.

Разработан быстрый алгоритм решения линейной системы, основанный на использовании блочно-теплицевой структуры матрицы (теорема о разложении теплицевой матрицы Гохберга – Семенцула и метод Воеводина – Тыртышникова) многомерного аналога уравнения Крейна.

Показано, что алгоритм в сочетании с уравнением Крейна позволяет получить решение всего семейства интегральных уравнений, решив только одну линейную систему, что существенно сокращает время вычислений.

Разработан стохастический проекционный метод решения многомерного уравнения Гельфанда – Левитана. Показана высокая эффективность метода как по времени вычислений, так и по используемой памяти.

Разработан метод определения скорости распространения волн на основе метода Гельфанда – Левитана – Крейна и итерационного метода.

Предложены три типа формул для разложения (восстановления) магнитного поля магнитных масс и замкнутых электрических токов, находящихся в шаре или вне его.

Предложено тороидальное (ортогональное) разложение векторного потенциала магнитного поля. На основе этого разложения разработаны уравнения электродинамики постоянного и переменного электромагнитных полей.

Построена одномерная нелинейная математическая модель движения жидкости через упруго деформируемую пористую среду на основе метода законов сохранения. Показано, что построенная математическая модель является гиперболической. В отсутствие коэффициента трения между компонентами подсистем система динамических уравнений переходит к известной нелинейной модели акустики.

Численно исследованы области дилатансии для насыщенных жидкостью пористых сред.

Показана связь системы уравнений Монжа – Ампера с системой уравнений двухскоростной гидродинамики в плоском случае. Построено решение системы уравнений Монжа – Ампера с помощью метода обобщенного разделения переменных.

По дифференциальной геометрии. Найдены дифференциальные законы сохранения (дивергентные тождества вида div $\mathbf{F} = 0$) для семейства произвольных пространственных гладких кривых и законы сохранения для семейства произвольных гладких поверхностей. Соленоидальное векторное поле $\mathbf{F}$ выражается, соответственно, через классические характеристики кривых – базис Френе (касательный орт, главную нормаль и бинормаль), кривизну и кручение – и через классические характеристики поверхностей: нормаль, главные направления, главные кривизны, гауссову и среднюю кривизны.

По геометрии векторных полей. Найдено явное выражение векторного поля $\mathbf{P}$, входящего в первую форму Ю. А. Аминова для гауссовой кривизны поверхностей, в виде ротора вектора, выражающегося в терминах характеристик ортогональных к ним кривых. Найден новый геометрический смысл векторного поля, входящего во вторую форму Ю. А. Аминова, как суммы трех векторов кривизны трех кривых, определяемых векторными линиями поля нормалей к поверхностям.

По уравнениям математической физики. С помощью общих формул дифференциальной геометрии и векторного анализа получены новые дифференциальные законы сохранения

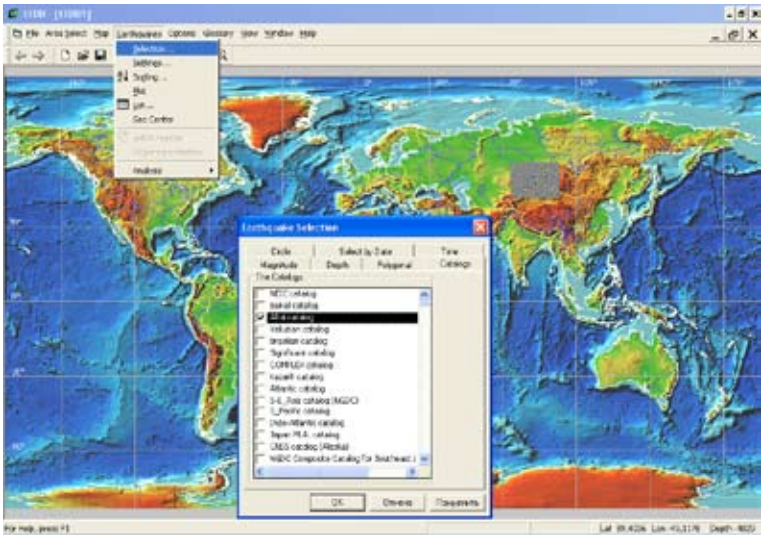


Рис. 2. Главное окно ГИС ENDDB со списком каталогов землетрясений и импактных структур

в трехмерном случае для решений уравнения эйконала (для поля времен в трехмерной кинематической сейсмике (геометрической оптике)), уравнения Пуассона и для решений гидродинамических уравнений Эйлера.

По групповому анализу. Продолжено систематическое исследование группы Ли, являющейся расширением группы конформных преобразований трехмерного пространства на пространство шести переменных и одновременно – группой эквивалентности трехмерного уравнения эйконала и других уравнений математической физики.

Полученные результаты имеют ярко выраженный междисциплинарный характер, поскольку в данном направлении взаимодействуют и проникают друг в друга различные направления математики (дифференциальная геометрия, векторный анализ и групповой анализ в рамках теории групп Ли), математической физики и геофизики (сейсмика, геометрическая оптика, гидродинамика).

Продолжено пополнение и развитие геоинформационной программной системы изучения исторических стихийных бедствий GIS-ENDDB (Earth's Natural Disasters Database), включающей базы данных сейсмических и импактных событий, систему визуализации этих данных и результатов их анализа на карте, многослойную цифровую модель топографических и геофизических данных (рис. 2).

В частности, в 2015 г. подготовлены и включены в систему данные теплового потока (Университет Сев. Дакоты (США)), позволяющие при сопоставлении их с другими цифровыми моделями, реализованными в ГИС-системе, лучше понять источники тепла Земли и природу тепловых процессов, проявляющихся, возможно, в плюмах и дрейфе континентов. Привлечение дополнительного фактографического материала необходимо для выявления новых закономерностей, связанных с морфологией различных сейсмогенных структур (по сейсмологическим каталогам). В частности, выявлены признаки сложного многостадийного генезиса (импактно-вулканического и импактно-тектонического) ряда геологических структур. Изучены известные классификации таких структур по различным признакам, а также различные физические модели, объясняющие процесс их образования. На базе одной из этих моделей (Лаврентьева – Баренбаума), имеющей многочисленные физико-теоретические обоснования (в том числе по данным математического моделирования, проводимого учеными ИВМиМГ под руководством акад. А. С. Алексеева), подтвержден ряд

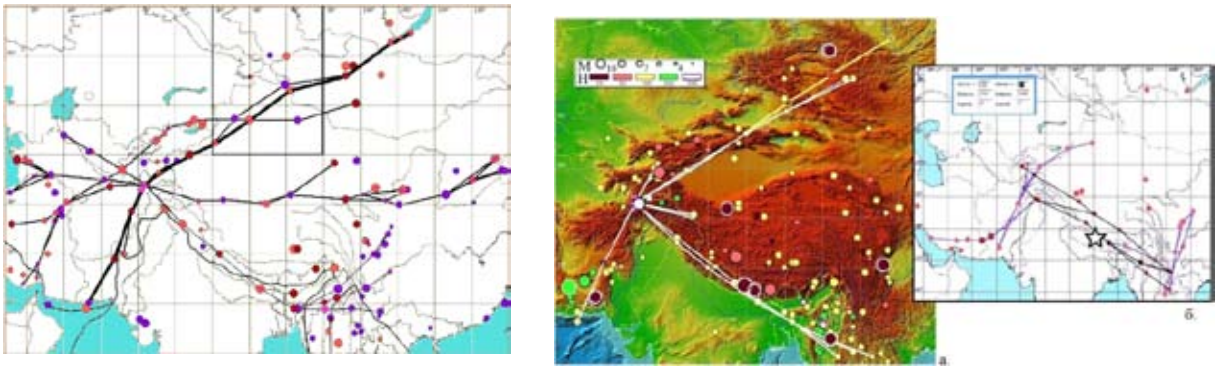


Рис. 3**.** Слева – линеаменты Центральной Азии за 2000 лет (SIGN.;
азимут 18°; L=600 км; n_{min}=16; $M \geq 6{,}7$; H≤200 км; -250 – 2008у);
справа: *а* – за последние 100 лет, расходящиеся от единого центра –
Памиро-Гиндукушской зоны (ISC, $\boldsymbol{M} \geq 6.5$, $20 \leq \boldsymbol{H} \leq 300$, ($Az$, L, n_{min}) = (5, 800 км, 25)),
б – за последние 10 лет, проявившие активизацию "Непальской ветки"
перед событием 25.04.2015

результатов геоинформационных исследований автора. В частности, приведены подтверждения гипотез импактно-вулканического происхождения "Ладожской" структуры, выдвинутой ранее на основе обширного минералогического и геоморфологического материала, и импактно-тектонического происхождения Памиро-Гиндукушской сейсмофокальной зоны (рис. 3,*а*).

Новые математические и программные алгоритмы, а также цифровые модели детального рельефа, гравиметрии и теплового потока, реализованные в GIS-ENDDB в последние 4 года, зарегистрированы в 2015 г. в Роспатенте. По итогам создания ГИС-системы и проведения автором исследований в среде этой системы подготовлена монография для публикации в издательстве СО РАН. В монографии продемонстрированы примеры высокой адаптивности и эффективности разрабатываемой системы для изучения тектонического режима конкретных геодинамических регионов.

Разрабатывается концепция развития принятого в GIS-ENDDB алгоритма построения линеаментов, позволяющего формально построить и минимизировать систему прямых линий и кольцевых структур, исчерпывающих все множество структурообразующих землетрясений (рис. 3). И. И. Калинниковым (ИФЗ) предложено усовершенствовать этот метод с учетом физики геодинамических процессов, используя привязку к дуге большого круга Земли и учитывая взаимодействия полей напряжений.

Результаты работ по проектам РФФИ

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.

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 (рис. 4). Алгоритмы были применены для приведения волнового уравнения к виду, для которого удается построить линейную систему уравнений для определения

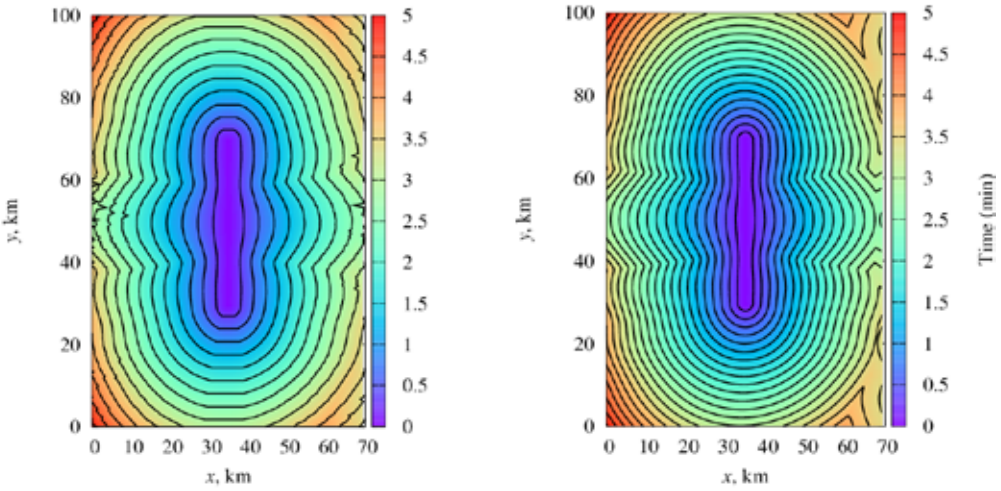


Рис. 4. Расчет времени прихода первых волн от линии источников в случае дна с волнорезом методом бихарактеристик (слева) и методом Годунова (справа). Показано, что метод бихарактеристик в сто раз быстрее по времени вычислений, чем подход С. К. Годунова. Однако метод Годунова не зависит от типа источника в отличие от метода бихарактеристик, применимого только для точечного источника

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.

Проект РФФИ № 13-01-00689 "Математическое моделирование динамики двухскоростных сред со сложной реологией: прямые и обратные задачи".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Имомназаров Х. Х.

В рамках проекта получены следующие результаты.

1. Получены уравнения термодинамически согласованной математической модели динамики вязкоупругой гранулированной и пористой сред в двухскоростном приближении с линейным уравнением состояния. На основе метода контрольного объема разработан разностный алгоритм, аппроксимирующий дифференциальные уравнения двухскоростной динамики локально неравновесных гранулированных сред. Создана компьютерная программа для моделирования нелинейной динамики гранулированной среды в двухжидкостном приближении в отсутствие равновесия фаз по давлению. Проведены расчеты по конвективному и напорному течениям исследуемой среды, исследовано воздействие акустического источника давления на характер течения, проведено исследование распространения нелинейных колебаний в насыщенных гранулированных средах на гидродинамическом фоне.

2. Для модели двухскоростной гидродинамики с равновесием фаз по давлению найден ряд дифференциальных тождеств, связывающих скорости, давление и массовую силу. Некоторые из этих тождеств имеют дивергентный вид и могут рассматриваться как законы сохранения. Обнаружено, что функции тока для плоского движения удовлетворяют системе

уравнений Монжа – Ампера. Получены уравнения смешанно-составного типа для модели двухскоростных сред со сложной реологией.

3. В линейном приближении в терминах скоростей смещений, давления и тензора напряжений получены уравнения механики композитной среды, составленной из пористой и вязкоупругой компонент. При отсутствии массовых сил и диссипации энергии статика пористоупругости описывается уравнениями второго порядка относительно тензора напряжений и порового давления. Для полученных уравнений доказана теорема о среднем и показано, что тензор напряжений является бигармонической функцией. Численно исследованы области дилатансии для композитной среды такого рода.

4. Уравнения движения пористых сред записаны в терминах скоростей, напряжений и давления в виде симметрической t-гиперболической системы в диссипативном случае. Доказана теорема о разрешимости прямой и обратной задач для одномерной нелинейной системы пороупругости. Получена оценка условной устойчивости решения обратных задач пороупругости. Для решения динамических обратных задач пороупругости построены регуляризирующие алгоритмы и установлена зависимость параметра регуляризации от ошибок входных данных. Решена задача определения структуры слоистой пористой среды и формы источника акустических колебаний. Решена задача определения правой части из системы динамических уравнений пороупругости по следу решения прямой задачи на свободной поверхности и получены явные формулы для определения распределенного источника поставленной задачи.

Проект № 15-01-20772-г "Проект организации Международной научной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2015" (АПВПМ-2015), посвященной 90-летию со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука".

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

Конференция АПВПМ-2015 была посвящена 90-летию со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука. Г. И. Марчук – основатель и первый директор Вычислительного центра СО АН СССР (ныне Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН), основатель и первый директор Института вычислительной математики РАН, Председатель Сибирского отделения АН, Председатель Госкомитета по науке и технике СССР, Президент Академии наук СССР, Председатель Межведомственного научно-технического совета по космическим исследованиям при Академии наук СССР, Герой Социалистического труда, лауреат Ленинской и Государственных премий. Целью конференции было привлечение специалистов по численному анализу, прикладной математике и вычислительным технологиям к обсуждению актуальных вопросов математики и математического моделирования, а также вопросов практического применения современных численных методов. Основные темы конференции АПВПМ-2015: численный анализ, методы прикладной математики и математическое моделирование, параллельные и распределенные вычисления, информационные и вычислительные системы. Основные направления конференции были представлены на пленарных сессиях докладами ведущих российских и зарубежных специалистов в области вычислительной и прикладной математики: академиками Б. Н. Четверушкиным, А. Н. Коноваловым, В. А. Бабешко, И. В. Бычковым, В. В. Болдыревым, В. М. Фоминым, членами-корреспондентами РАН С. И. Кабанихиным, Е. Е. Тыртышниковым, Г. А. Михайловым, В. В. Шайдуровым, В. Г. Романовым, В. В. Васиным, Н. А. Колчановым, А. М. Федотовым, профессорами В. В. Пененко, Т. А. Сушкевич, Г. С. Ривиным, В. К. Гусяковым, И. Б. Бадриевым, Р. Лазаровым, В. П. Ильиным, А. Г. Яголой,

В. П. Тананой, Э. П. Шуриной, В. В. Козодеровым, П. Н. Вабищевичем, В. Прийменко, В. И. Кузиным, К. К. Сабельфельдом, С. К. Голушко, д.ф.-м.н. С. В. Головиным, к.ф.-м.н. В. Б. Костоусовым, А. С. Козелковым.

В рамках конференции состоялся круглый стол "Супервычисления и прорывные технологии", в работе которого приняли участие академики Б. Н. Четверушкин, Ю. Л. Ершов, члены-корреспонденты РАН С. И. Кабанихин, Е. Е. Тыртышников, В. В. Шайдуров, профессор В. П. Ильин, к.т.н. Ю. М. Зыбарев. В рамках круглого стола был рассмотрен широкий ряд вопросов, связанных с супервычислениями и прорывными технологиями: взаимодействие науки и промышленности, разработка новых численных моделей и параллельных алгоритмов для новых архитектур суперЭВМ, создание промышленных программных комплексов, вопросы образования и подготовки кадров для области высокопроизводительных вычислений.

Проведение конференции способствовало развитию научного, и в том числе международного научного сотрудничества (в конференции приняли участие 15 иностранных ученых, в том числе из США – 1, Бразилии – 1, Франции – 1, Болгарии – 1, Казахстана – 9, Кыргызстана – 2).

Подводя итоги конференции, можно утверждать, что прозвучавшие доклады отразили широкий спектр теорий и приложений современных вычислительных технологий, таких как вычислительная алгебра, численное решение дифференциальных и интегральных уравнений, вычислительная геофизика, физика атмосферы и океана, охрана окружающей среды, обратные задачи, статистическое моделирование и методы Монте-Карло, высокопроизводительные вычисления, программирование, обработка данных и телекоммуникации, информационные системы. Можно утверждать, что участники и многочисленные гости имели возможность познакомиться с основными трендами вычислительной науки XXI в.

Проект № 15-31-10413-мол_г "Проект организации 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", посвященной 90-летию со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука".

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

С 19 по 24 октября 2015 г. в новосибирском Академгородке прошла 7-я Международная молодежная научная школа-конференция "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", посвященная 90-летию со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука, организованная Институтом вычислительной математики и математической геофизики СО РАН. Совместно со школой-конференцией параллельно проходила еще одна международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015) с 19 по 23 октября 2015 г., которую также организовал Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН. Условно называя первую "молодежной", а вторую – "взрослой", сразу ответим на естественный вопрос: "Почему две на одну тему и одновременно?" Причин несколько, но главная – острый недостаток молодых кадров в российской науке, о котором знают все, начиная с молодых ученых и включая руководство страны. Получив в наследство от СССР огромный научный и образовательный потенциал, новая Россия с самого начала существования стала стремительно терять его. Основные причины известны, но отметим и положительную тенденцию: в последние годы начали появляться надежды на улучшение ситуации. Учреждаются и объявляются новые гранты и конкурсы молодых ученых, почти во всех "взрослых" грантах регламентирована немалая доля участия молодых (в возрасте до 35 лет) ученых, специальными грантами

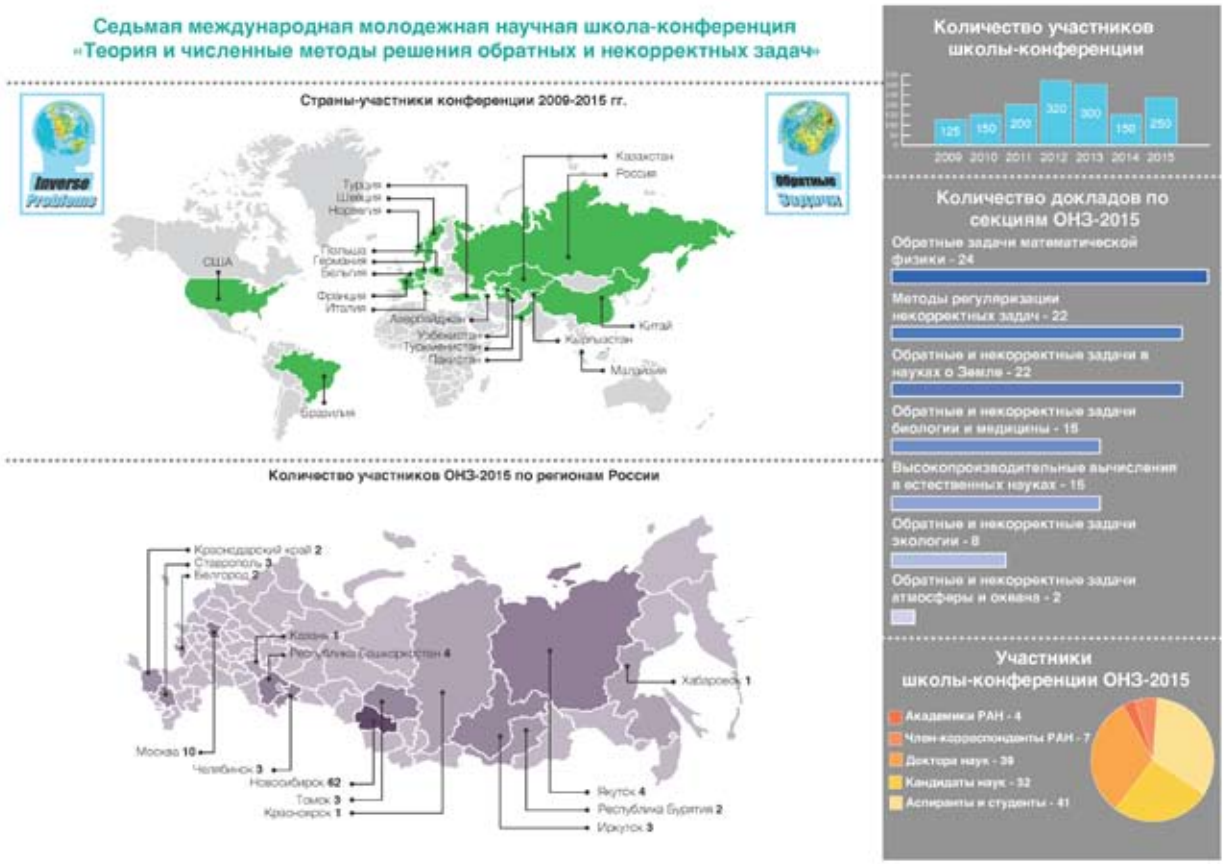


Рис. 5. Информационная справка о школах-конференциях 2009-2015 гг. по странам и об ОНЗ-2015

РФФИ и Минобрнауки поддерживается проведение молодежных научных конференций. В частности, становится возможным получение финансовой поддержки на проведение двух конференций одновременно, "взрослой" и "молодежной". Именно поэтому научный эффект обеих конференций стал уникальным за последние десятилетия. Во-первых, молодые ученые получили возможность познакомиться со специалистами из пяти стран практически по всем основным направлениям развития обратных и некорректных задач. Во-вторых, после окончания "взрослой" конференции для молодых ученых были организованы специальные лекции. В третьих, молодые ученые выступили с докладами, в обсуждении которых участвовали многие ведущие участники "взрослой" конференции.

На школе-конференции официально зарегистрировались более 200 человек, представляющих 70 организаций из 28 городов (рис. 5).

Проект № 107 "Разработка программного обеспечения для исследования численного решения прямых и обратных задач фармакокинетики и эпидемиологии".

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

Реализован численный алгоритм определения фармакокинетических параметров по измеренной концентрации препарата в крови для произвольной линейной фармакокинетической модели.

Разработан и реализован универсальный итерационный алгоритм поиска фармакокинетических параметров по экспериментальным данным для произвольной нелинейной

фармакокинетической модели. Проведен анализ скорости сходимости данного метода. Приведен пример построения оператора обратной задачи для данного алгоритма. Для фармакокинетических моделей (простейшая фармакокинетическая модель секреции поджелудочной железы, модель радиофармацевтического соединения $^{[123]}$IPEA для печеночной функции, нелинейная модель контроля глюкозы – инсулина) проведен ряд численных экспериментов по решению задачи оценки фармакокинетических параметров. Приведены результаты численных экспериментов для данных, заданных с учетом ошибок прибора (применялось равномерное и стандартное распределения ошибки).

Реализован численный алгоритм определения эпидемиологических параметров. Для простейшей модели инфекционного заболевания проведен сравнительный анализ данного метода с методом Нелдера – Мида. Проведены численные эксперименты для данных измерений, заданных с ошибкой гауссовского типа. Проведен анализ устойчивости разработанного алгоритма.

Приведен обзор методов анализа идентифицируемости, а также определены условия идентифицируемости фармакокинетических моделей для 1-4 камер. Предложен автоматизированный алгоритм определения идентифицируемости для физиологических моделей (приведены примеры его применения для моделей фармакокинетики и эпидемиологии). Представлен обзор программного пакета DAISY, позволяющего определять априорную идентифицируемость нелинейных динамических систем. Приведены примеры априорного анализа идентифицируемости для фармакокинетических моделей, а также для модели распространения туберкулеза.

Приведен обзор принципов построения физиологически обоснованных фармакокинетических моделей, более точно отвечающих физиологической и анатомической структуре организма. Проведен анализ устойчивости решения обратных задач на основе исследования сингулярных чисел линеаризованного оператора соответствующей обратной задачи. Для операторов обратных задач (для двух математических моделей фармакокинетики) построены сингулярные портреты, соответствующие разным итерациям предложенного итерационного метода.

Решена обратная задача для моделей фармакокинетики (радиофармацевтического соединения $^{[123]}$IPEA для печеночной функции, основанной на бета-окислении) и эпидемиологии (модель естественной динамики туберкулезной эпидемии без лекарственного вмешательства) методом Нелдера – Мида (симплекс метод). Исследованы стохастические вариационные постановки нелинейных обратных задач фармакокинетики (модель контроля глюкозы – инсулина) и эпидемиологии (модель естественной динамики распространения эпидемии туберкулеза).

Проведен сравнительный анализ стохастических методов для систем обыкновенных дифференциальных уравнений, а именно метода имитации отжига, генетического алгоритма и метода нейронных сетей. Исследован метод байесовских оценок.

Приведены результаты численных расчетов для математической модели распространения туберкулеза, полученные с помощью реальных статистических данных по Российской Федерации за 2010–2013 гг.

Разработана первая версия программного комплекса IPE Pack со встроенными примерами конкретных моделей фармакокинетики и эпидемиологии: фармакокинетический анализ одного радиофармацевтического соединения $^{[123]}$IPEA для печеночной функции, минимальная модель секреции поджелудочной железы, модель контроля глюкозы – инсулина, динамика туберкулеза без лекарственного вмешательства (рис. 6). В данной версии программного

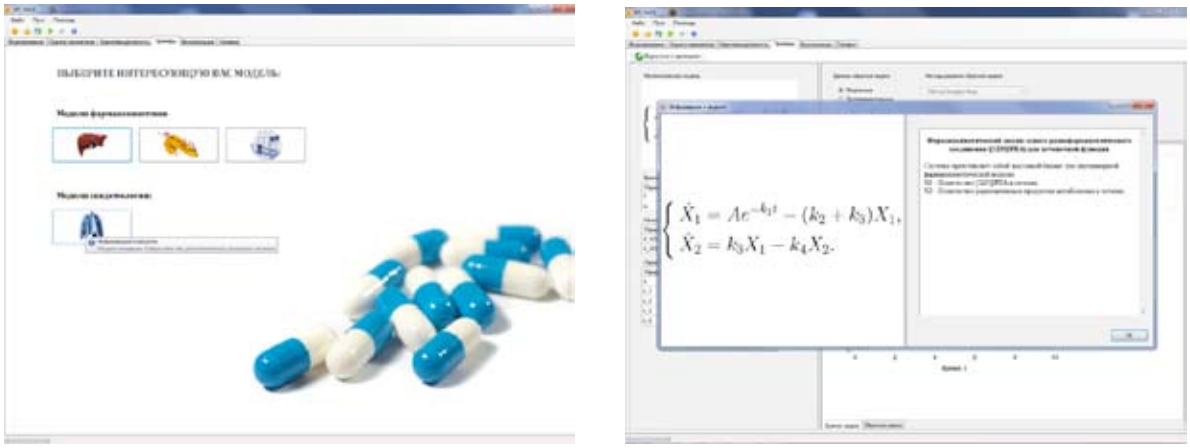


Рис. 6. Интерфейс программного комплекса IPE PACK: выбор модели эпидемиологии (слева) и информационная справка модели фармакокинетического анализа одного радиофармацевтического соединения $^{[123]}$IPEA для печеночной функции (справа)

комплекса предусмотрена возможность моделировать нелинейные динамические процессы. В программный пакет IPE Pack встроены алгоритмы оценки параметров для конкретных математических моделей фармакокинетики и эпидемиологии: генетический алгоритм, метод Нелдера – Мида (симплекс метод), метод имитации отжига и метод линейной алгебры (градиентный метод Ньютона – Канторовича). Информационный программный комплекс IPE Pack позволяет моделировать фармакокинетические и эпидемиологические процессы, определять априорную идентифицируемость биологических динамических систем, находить фармакокинетические и эпидемиологические параметры, обладает дружественным интерфейсом.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Аксенов В. В. Моделирование магнитного поля источников, находящихся в шаре и вне его // Математическое моделирование. 2015. Т. 27, № 8. С. 111–126. (*в базе РИНЦ*)

2. Аксенов В. В. Тороидальное разложение векторного потенциала магнитного поля и его приложения. // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер.: Физика. Астрономия. 2015. № 6. С. 128–134. (*в базе РИНЦ; перевод в базах Scopus, Web of Science*)

3. Berdyshev A. S., Imomnazarov Kh. Kh., Mikhailov A. A., Sultanov M. A. Thermodynamically-consistent nonlinear model of poroelasticity // Proc. of the Intern. conf. " Computational Technologies" (CITech–2015), Almaty, Sept. 24–27, 2015. P. 111–118. (*в базе РИНЦ; перевод в базах Scopus, Web of Science*)

4. Новиков И. С., Дядьков П. Г., Козлова М. П., Мамедов Г. М., Михеева А. В., Черкасс О. В. Неотектоника и сейсмичность западной части Алтае-Саянской горной области, Джунгарской впадины и Китайского Тянь-Шаня // Геология и геофизика, 2014. Т. 55, № 12. С. 1441–1451. [Electron. resource]. http://www.ipgg.sbras.ru/ru/science/publications/publ-neotektonika-i-seysmichnost-zapadnoy-chasti-altae-sayanskoy-2014-043152. (не учтена в 2014 г). (*в базе РИНЦ; перевод в базах Scopus, Web of Science*)

5. Михеева А. В., Хазанович-Вульф К. К. Геоструктурные и гравитационные элементы астроблем как указатели направления движения космического тела // Отечественная геология. 2015. № 2. С. 71–79. (*в базе РИНЦ*)

6. Щербаков В. В., Криворотько О. И. Оптимальные формы трещин в вязкоупругом теле // Труды Института математики и механики УрО РАН. 2015. Т. 21, № 1. С. 294–304.
(*в базе РИНЦ, перевод в базах Scopus, Web of Science*)

7. Kulikov I. M., Novikov N. S., Shishlenin M. A. Mathematical modeling of propagation of ultrasonic waves in the medium: direct and inverse problem (Математическое моделирование распространения акустических волн в двумерной среде: прямая и обратная задача) // Труды 6-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач" // Siberian Electronic Mathematical Reports. 2015. V. 12. P. C219 – C228. DOI:10.17377/semi.2015.12.089.

8. Кабанихин С. И., Воронов Д. А., Гродзь А. А., Криворотько О. И. Идентифицируемость математических моделей медицинской биологии // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015. Т. 19, № 6. С. 738–744. DOI: 10.18699/VJ15.
(*в базе РИНЦ; перевод в базах Scopus, Web of Science*)

9. Ilyin A. I., Kabanikhin S. I., Krivorotko O. I., Voronov D. A., Kashtanova V. N. Numerical algorithms for solving of direct and inverse problems in epidemiology (Численное решение прямых и обратных задач эпидемиологии) // Труды 6-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Siberian Electronic Mathematical Reports, 2015. V. 12. P. C90–C96. DOI:10.17377/semi.2015.12.089.

10. Kabanikhin S. I., Krivorotko O. I., Voronov D. A., Latushenko V. A. Numerical approach for solving of inverse problem for the simplest mathematical model of infectious disease with delay (Численный подход для решения обратной задачи простейшей математической модели инфекционного заболевания с запаздыванием) // Ibid. P. C114–C122. DOI:10.17377/semi.2015.12.089.

11. Kabanikhin S. I., Voronov D. A., Krivorotko O. I., Grodz A. A. Identifiability of dynamic systems illustrated by pharmacokinetic and immunology examples (Идентифицируемость динамических систем на примере моделей фармакокинетики и иммунологии) // Ibid. P. C182–C188. DOI:10.17377/semi.2015.12.089.

12. Ilyin A. I., Kabanikhin S. I., Voronov D. A., Krivorotko O. I., Vostrikova E. I. Numerical solution of inverse problem for two pharmacokinetic models (Численное решение обратной задачи для двух фармакокинетических моделей) // Ibid. P. C234–C245. DOI:10.17377/semi.2015.12.089.

13. Kabanikhin S. I., Voronov D. A., Krivorotko O. I., Belonog A. Yu. Numerical solution of inverse problem for mathematical model of secretion and kinetics of C-peptide (Численное решение обратной задачи для модели Секреции и кинетики С-пептида) // Ibid. P. C246–C254. DOI:10.17377/semi.2015.12.089

14. Kabanikhin S. I., Krivorotko O. I., Voronov D. A., Yermolenko D. V. Optimization approach for solving the inverse problem for the simplest model of infectious disease (Оптимизационный подход для решения обратной задачи простейшей модели инфекционного заболевания) // Ibid. P. C154–C162. DOI:10.17377/semi.2015.12.089.

Зарубежные издания

1. Imomnazarov Kh. Kh., Korobov P. V., Zhabborov N. M. Three-dimensional vortex flows of two-velocity incompressible media in the case of constant volume saturation // Journal of Mathematical Sciences. 2015. Vol. 211, N 6. P. 760–766. (*в базах Scopus, Web of Science*)

2. Kabanikhin S. I., Krivorotko O. I. Identification of biological models described by systems of nonlinear differential equations // Journal of Inverse and Ill-Posed Problems. 2015. Vol. 23, iss. 5. P. 519–527. DOI:10.1515/jiip-2015-0072). (*в базах Scopus, Web of Science*)

3. Kabanikhin S. I., Sabelfeld K. K., Novikov N. S., Shishlenin M. A. Numerical solution of an inverse problem of coefficient recovering for a wave equation by a stochastic projection methods // Monte Carlo Methods and Applications. 2015. Vol. 21, N 3. P. 189–203. (*в базах Scopus, Web of Science*)

4. Kabanikhin S. I., Shishlenin M. A. Two-dimensional analogs of the equations of Gelfand, Levitan, Krein, and Marchenko // Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications. 2015. Vol. 3, iss. 2. P. 69–98.

5. Kabanikhin S. I., Sabelfeld K. K., Novikov N. S., Shishlenin M. A. Numerical solution of the multidimensional Gelfand–Levitan equation // J. of Inverse and Ill-Posed Problems. 2015. Vol. 23, N 5. P. 439–450. (*в базах Scopus, Web of Science*)

6. Kabanikhin S. I., Novikov N. S., Oseledets I. V., Shishlenin M. A. Fast Toeplitz linear system inversion for solving two-dimensional acoustic inverse problem // Ibid. N 6. P. 687–700. (*в базах Scopus, Web of Science*)

7. Kabanikhin S. I., Krivorotko O. I. Coupled inverse problems and visualization of atmosphere-ocean system // Proc. of the 6th International conference on coupled problems in science and engineering (COUPLED PROBLEMS 2015). P. 921–929. (*в базе Scopus*)

8. Vasiliev G. S., Imomnazarov Kh. Kh., Mamasoliyev B. J On one system of the Burgers equations arising in the two-velocity hydrodynamics // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). DOI:10.1088/1742-6596/697/1/012024. (*в базах Scopus, Web of Science)*

9. Васильев Г. С., Имомназаров Х. Х., Мамасолиев Б. Ж., Маматкулов М. М. Связь между системой уравнений Монжа – Ампера и уравнениями двухскоростной гидродинамики в случае постоянства насыщенности фаз // Вестник НУУз им. Улугбека. 2015. № 1. С. 22–27.

10. Жабборов Н. М., Имомназаров Х. Х., Маматкулов М. М. Об одной системе уравнений типа Монжа – Ампера // Вестник НУУз им. Улугбека. 2015. № 1. С. 38–43.

11. Имомназаров Х. Х., Имомназаров Ш. Х., Туйчиева С. Т. Сосредоточенная сила в однородной пористой среде // Там же. С. 56–61.

12. Имомназаров Х. Х., Туйчиева С. Т. Обратная задача для системы уравнений пороупругости // Доклады АН Республики Узбекистан. 2015. № 2. С. 33–36.

Материалы международных конференций и совещаний

1. Белоносов А. С., Ковалевский В. В., Максимова А. Г., Галактионова А. А., Тагильцев И. И. Применение поляризационного анализа для локации сейсмических событий малой подземной сейсмической группой // Интерэкспо "Гео-Сибирь-2015". Новосибирск: Изд-во СГГА, 2015. Вып. 1, т. 4. С. 219–223.

2. Бердышев А. С., Имомназаров Х. Х., Бердышева Д. А. Математическое моделирование волновых процессов для двумерной модели пороупругости // Материалы науч. конф. ИИВТ МОН РК "Современные проблемы информатики и вычислительных технологий", Алматы, 18–19 июня 2015 г. С. 43-47.

3. Бердышев А. С., Имомназаров Х. Х., Михайлов А. А. Моделирование волновых процессов в флюидонасыщенной пористой среде // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 102–107. (*в базе РИНЦ*)

4. Berdyshev A. S., Imomnazarov Kh. Kh. On the nonlinear one-dimensional mathematical model of poroelasticity // Труды 7-й Междунар. науч.-методич. конф. "Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке (ММ ИТОН)", Алматы, 2015. С. 293–297.

5. Бердышев А. С., Имомназаров Х. Х., Михайлов А. А. Моделирование волновых процессов в флюидонасыщенной пористой среде // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 102–107. (*в базе РИНЦ*)

6. Имомназаров Х. Х., Бердышев А. С., Холмурадов А. Э. Оптимизационный метод решения одной одномерной обратной задачи пороупругости // Труды 6-й Междунар. молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения прямых и обратных задач" // Сибирские электронные математические известия. 2015. Т. 12. С. 284–293. (*в базе Scopus*)

7. Kabanikhin S. I., Krivorotko O. I. Coupled inverse problems and visualization of atmosphere-ocean system // 6th Intern. conference on computational methods for coupled problems in science and engineering (COUPLED PROBLEMS 2015), Venice (Italy), May 18–20, 2015. P. 921–929.

8. Kabanikhin S., Krivorotko O., Mortier A., Voronov D., Yermolenko D. A numerical algorithm of parameter estimation for dynamic model for HIV infection of CD4+ T cells // Proc. of the Intern. conference on biomedical engineering and computational technologies (SIBIRCON), Novosibirsk, Oct. 28–30, 2015. P. 8–13. ISBN: 978-1-4673-9109-2. (*в базе Scopus*)

9. Ilyin A. I., Kabanikhin S. I., Voronov D. A., Krivorotko O. I., Belonog A. Yu. Numerical solution of inverse problem for secretion and kinetics of c-peptide model // Ibid. P. 106–110. ISBN: 978-1-4673-9109-2. (*в базе Scopus*)

10. Михеева А. В., Калинников И. И. Геоструктурные элементы, выявляемые цифровыми моделями и формальными алгоритмами ГИС ENDDB // Материалы 10-й Международной сейсмологической школы "Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных". Геофизическая служба РАН, Республиканский центр сейсмологической службы при Национальной академии наук Азербайджана. 2015. С. 221–225. (*в базе РИНЦ*)

11. Михеева А. В. О методах локализации наиопаснейших сейсмологических структур средствами ГИС ENDDB // В сб.: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. Под ред. Е. Л. Глориозова. М.: 2015. С. 29–39. (*в базе РИНЦ*)

12. Дядьков П. Г., Козлова М. П., Цибизов Л. В., Михеева А. В., Романенко Ю. М. Жесткие структурные элементы земной коры юго-запада байкальского рифта по данным сейсмической активности // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2015. Т. 2. № 2. С. 113–117. (*в базе РИНЦ*)

13. Имомназаров Х. Х., Михайлов А. А. Численное моделирование области дилатансии для совмещенной модели вязкоупругости и пороупругости // 11-й Междунар. науч. конгр. "Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015"; Междунар. науч. конф. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г. Т. 4, № 1. С. 196–200. (*в базе РИНЦ*)

14. Имомназаров Х. Х., Туйчиева С. Т. Сосредоточенная сила в однородной изотропной пористой среде // Там же. С. 201–204. (*в базе РИНЦ*)

15. Жабборов Н. М., Имомназаров Х. Х., Маматкулов М. М. Система уравнений Монжа – Ампера, возникающая в двухскоростной гидродинамике // Тез. докл. Респ. научн. конф. с участием зарубежных ученых "Современные методы математической физики и их приложения", Ташкент, 2015. С. 31–33.

16. Имомназаров Х. Х., Мамасолиев Б. Ж. Об одном частном решении системы типа Навье – Стокса // Там же. С. 165–167.

17. Имомназаров Х. Х., Михайлов А. А. Численное исследования областей дилатансии в пористых средах насыщенных жидкостью // Там же. С. 168–170.

18. Туйчиева С. Т., Имомназаров Х. Х. Обратная динамическая задача пороупругости // Там же. С. 215–217.

19. Туйчиева С. Т., Имомназаров Х. Х. Симметрическая форма динамической системы уравнений пороупругости // Тез. докл. Респ. научн. конф. с участием зарубежных ученых "Современные методы математической физики и их приложения", Ташкент, 2015. С. 217–219.

20. Imomnazarov Kh. Kh., Kholmuradov A. E. About one initial-boundary value problem for nonlinear 1D poroelasticity equations // Там же. С. 257–259.

21. Жабборов Н. М., Имомназаров Х. Х. Формула Карлемана для одной задачи, возникающей в статике пороупругости // Тез. докл. Респ. научн. конф. с участием зарубежных ученых "Алгебра, анализ и квантовая вероятность", Ташкент, 10–12 сент. 2015 г. С. 69–72.

22. Васильев Г. С., Имомназаров Х. Х., Мамасолиев Б. Ж. Некоторые начально-краевые задачи для системы уравнений типа Бюргерса // Там же. С. 213–215.

23. Имомназаров Х. Х., Перепечко Ю. В. Об одной динамической системе, возникающей в задачах тепловой конвекции в двухжидкостной среде // Там же. С. 223–225.

24. Имомназаров Х. Х., Михайлов А. А. Численное решение динамической задачи распространения волновых процессов в флюидонасыщенной пористой среде // Тез. республ. науч. конф. с участием зарубежных ученых "Математическая физика и родственные проблемы современного анализа", Бухара, 26–27 нояб. 2015 г. С. 342–344.

25. Имомназаров Х. Х., Холмуродов А. Э. Об одном методе описания трехмерных вихревых течений несжимаемых двухскоростных сред с помощью квазипотенциалов // Там же. С. 344–346.

26. Kabanikhin S., Krivorotko O., Mortier A., Voronov D., Yermolenko D. A numerical algorithm of parameter estimation for dynamic model for HIV infection of CD4+ T cells // Proc. of the Intern. conference on biomedical engineering and computational technologies (SIBIRCON), Novosibirsk, Oct. 28–30, 2015. P. 8–13. ISBN: 978-1-4673-9109-2. (*в базе Scopus*)

27. Ilyin A. I., Kabanikhin S. I., Voronov D. A., Krivorotko O. I., Belonog A. Yu. Numerical solution of inverse problem for secretion and kinetics of c-peptide model // Ibid. P. 106–110. ISBN: 978-1-4673-9109-2. (*в базе Scopus*)

Прочие издания

1. Виноградова Т. Е., Виноградов С. П. Современные аспекты вторичной профилактики ишемического инсульта // Неврология Сибири. 2015. № 1. С. 42–46.

2. Имомназаров Х. Х., Имомназаров Ш. Х., Туйчиева С. Т. Сосредоточенная сила в однородной пористой среде // Проблемы информатики. 2015. № 2. С. 12–17. (*в базе РИНЦ*)

3. Imomnazarov Kh. Kh., Imomnazarov Sh. Kh., Korobov P. V., Kholmuradov A. E. About one direct initial-boundary value problem for nonlinear one-dimensional poroelasticity equations // Bull. NCC. Ser.: Mathematical Modeling in Geophysics. 2015. № 18. P. 1–8. (*в базе РИНЦ*)

4. Imomnazarov Kh. Kh., Imomnazarov Sh. Kh., Korobov P. V., Kholmuradov A. E. About one inverse initial-boundary value problem for nonlinear one-dimensional poroelasticity equations // Ibid. P. 9–16. (*в базе РИНЦ*)

5. Perepechko Yu. V., Sorokin K. E., Imomnazarov Kh. Kh. Modeling of the nonlinear motion of saturated granular media // Bull. NCC. Ser.: Numerical Modeling in Atmosphere, Ocean and Environment Studies. 2015. № 15. P. 10–18. (*в базе РИНЦ*)

6. Vasiliev G. S., Imomnazarov Kh. Kh., Mamasoliyev B. J. On one system of the Burgers equations arising in the two-velocity hydrodynamics // Ibid. P. 27–36. (*в базе РИНЦ*)

7. Максименко В. Н., Меграбов А. Г., Павшок Л. В. Курс математического анализа. Ч. 1. Учеб. Сер.: Учебники НГТУ. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. 434 с.

8. Yurkovets V. P., Mikheeva A. V. On the origin of the Ladoga impact-volcanic structure // Bull. NCC. Ser.: Mathemaical Modeling in Geophysics. 2015. T. 18. P. 53–67. (*в базе РИНЦ*)

9. Kalinnikov I. I., Mikheeva A. V. The GIS-EEDB computing system, lineaments and the earthquake prediction problem // Ibid. P. 17–34. (*в базе РИНЦ*)

Участие в конференциях и совещаниях

1. Международная конференция по актуальным проблемам вычислительной и прикладной математики (АПВПМ'15), 19–23 октября 2015 г. – 7 докладов (Аксенов В. В., Имомназаров Х. Х., Михайлов А.А., Кабанихин С. И., Криворотько О. И., Шишленин М. А.).

2. Международная молодежная научная школа-конференция "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", посвященной 90-летию со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука, Новосибирск, 19–24 октября 2015 г. – 2 доклада (Имомназаров Х. Х., Криворотько О. И., Кабанихин С. И.).

3. Интерэкспо "ГЕО-Сибирь-2015"; 11-й Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г. – 3 доклада (Белоносов А. С., Ковалевский В. В., Имомназаров Х. Х., Михайлов А. А.).

4. Республиканская научная конференция с участием зарубежных ученых "Современные методы математической физики и их приложения", Ташкент, 15–17 апреля 2015 г. – 9 докладов (Имомназаров Х. Х., Михайлов А. А.).

5. Респ. научн. конф. с участием зарубежных ученых "Алгебра, анализ и квантовая вероятность", Ташкент, 10–12 сентября 2015 г. – 3 доклада (Имомназаров Х. Х.).

6. Международная конференция "Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании" (CITECH–2015), Алматы, 2015 г. – 1 доклад (Имомназаров Х. Х., Михайлов А. А.).

7. Республиканская научная конф. с участием зарубежных ученых "Математическая физика и родственные проблемы современного анализа", Бухара, 26–27 ноября 2015 г. – 5 докладов (Имомназаров Х. Х., Урев М. В., Михайлов А. А.).

8. Международная конференция "Дифференциальные уравнения и математическое моделирование", Улан-Уде – Байкал, 22–27 июня 2015 г. – 2 доклада (Кабанихин С. И., Криворотько О. И., Воронов Д. А.).

9. EGU General Assembly 2015, Vienna (Austria), April 12–17, 2015 – 1 доклад (Кабанихин С. И., Криворотько О. И.).

10. Международный научный семинар по обратным и некорректно поставленным задачам, Москва, 19–21 ноября 2015 г. – 2 доклада (Кабанихин С. И., Криворотько О. И., Воронов Д. А.).

11. 8-я Международная конференция "Лаврентьевские чтения по математике, механике и физике", посвященная 115-летию со дня рождения академика М. А. Лаврентьева, 7–11 сентября 2015 г. – 1 доклад (Меграбов А. Г.).

12. Науч. конф. ИИВТ МОН РК "Современные проблемы информатики и вычислительных технологий", Алматы, 18–19 июня 2015 г. – 1 доклад (Имомназаров Х. Х.).

13. 11-я Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-ата (Киргизия), 27 июля – 7 августа 2015 г. – 2 доклада (Кабанихин С. И., Имомназаров Х. Х., Михайлов А. А.).

14. Международная конференция "Актуальные проблемы математики и математического моделирования", Алматы, 1–5 июня 2015 г. – 1 доклад (Кабанихин С. И., Шишленин М. А.)

15. The 4th International conference on matrix methods in mathematics and applications (MMMA-2015), Moskow (Skolkovo), August 24–28, 2015 – 1 доклад (Кабанихин С. И., Шишленин М. А., Новиков Н. С.).

16. International conference on computational and informational technologies in science, engineering and educational, Almaty, September 24–27, 2015 – 3 доклада ((Кабанихин С. И., Криворотько О. И.).

17. 7-я Международная научно-методическая конференция "Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке", Алматы, 1–2 октября 2015 г. – 1 доклад (Кабанихин С. И.).

18. The 4th Chinese-Russian workshop on numerical mathematics and scientific computing, Tianjin (China), October 25–27, 2015 – 1 доклад (Кабанихин С. И.).

19. International workshop on inverse and ill-posed problem, Moscow, November 19–21, 2015 – 1 доклад (Кабанихин С. И., Шишленин М. А.).

20. International conference quasilinear equations, inverse problems and their applications, Moscow, November 30 – December 2, 2015 – 1 доклад (Кабанихин С. И.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Имомназаров Х. Х.:

– член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

– член оргкомитета конференции молодых ученых по вычислительной математике и информатике, Новосибирск, 6–8 апр. 2015 г.,

– зам. председателя оргкомитета 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 дек. 2015 г.,

– член программного комитета науч. конф. ИИВТ МОН РК "Современные проблемы информатики и вычислительных технологий", Алматы, 18–19 июня 2015 г.;

2. Кабанихин С. И.:

– председатель программного комитета 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.,

– сопредседатель программного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

– сопредседатель программного комитета Международного научного семинара по обратным и некорректно поставленным задачам, Москва, 19–21 ноября 2015 г.,

– сопредседатель программного комитета International conference "Quasilinear equations, inverse problems and their applications", Moscow, November 30 – December 2, 2015,

– член программного комитета Международной научной конференции "Актуальные проблемы математики и математического моделирования", Алматы (Казахстан), 1–5 июня 2015 г.,

– член программного комитета International conference "Computational and informational technologies in science, engineering and education", Almaty (Kazakhstan), September 24–27, 2015;

– член программного комитета 7-й Международной научно-методической конференции "Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке", Алматы (Казахстан), 1–2 октябрь 2015 г.,

– член программного комитета The 4th Chinese – Russian workshop on numerical mathematics and scientific computing, Tianjin, October 25–27, 2015,

– сопредседатель программного комитета 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Киргизия), 27 июля – 7 августа 2015 г.;

3. Шишленин М. А.

– зам. председателя оргкомитета 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 дек. 2015 г.,

– член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

4. Криворотько О. И.

– зам. председателя оргкомитета 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 декабря 2015 г.,

– член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

5. Новиков Н. С.

– член оргкомитета 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.;

6. Воронов Д. А.

– член оргкомитета 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 декабря 2015 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 12
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 15
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 19
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 14
Публикаций в центральных зарубежных изданиях – 12
Публикаций в материалах международных конференций – 27
Публикаций в прочих изданиях – 9
Докладов на конференциях – 48, в том числе 8 пленарных.
Участников оргкомитетов конференций – 19.

Кадровый состав

1. Кабанихин С. И.	зав. лаб.	чл.-корр. РАН
2. Аксенов В. В.	г.н.с.	д.ф.-м.н.
3. Имомназаров Х. Х.	в.н.с.	д.ф.-м.н.
4. Меграбов А. Г.	в.н.с.	д.ф.-м.н.

5. Белоносов А. С.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
6. Белоносова А. В.	с.н.с. 0,75 ст.,	к.ф.-м.н.
8. Шишленин М. А.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
9. Михеева А. В.	н.с.	к.ф.-м.н.
10. Подколодный Н. Л.	с.н.с.	
11. Виноградов С. П.	н.с. 0,5 ст.	
12. Криворотько О. И.	м.н.с.	к.ф.-м.н.
13. Воронов Д. А.	м.н.с.	
14. Новиков Н. С.	м.н.с.	
15. Маринин И. В.	ведущ. программист	
16. Чесноков В. В.	ведущ. программист	
17. Юдина О. А.	ведущ. программист	
18. Морозов С. А.	ведущ. инженер	
19. Шерстюгина Л. П.	техник 1-й кат.	

Воронов Д. А., Криворотько О. И., Новиков Н. С. – молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

Аксенов В. В.	– зав. кафедрой информатики, профессор Сиб УПК
Белоносов А. С.	– доцент НГУ
Имомназаров Х. Х.	– преподаватель НГУ
Кабанихин С. И.	– профессор НГУ
Меграбов А. Г.	– профессор НГТУ
Михеева А. В.	– доцент ВКИ НГУ
Подколодный Н. Л.	– старший преподаватель НГУ
Шишленин М. А.	– старший преподаватель НГУ
Криворотько О. И.	– старший преподаватель НГУ
Воронов Д.А.	– старший преподаватель НГУ
Новиков Н.С.	– старший преподаватель НГУ

Руководство аспирантами

1. Васильев Г. С. – 2-й год, ИВМиМГ, руководитель Имомназаров Х. Х.
2. Криворотько О. И. – аспирантка НГУ, защитила кандидатскую диссертацию в июне 2015 г., получила диплом, руководитель Кабанихин С. И.
3. Новиков Н. С. – аспирант НГУ, подготовил диссертацию, руководитель Кабанихин С. И.
4. Воронов Д. А. – аспирант НГУ, подготовил диссертацию, руководитель Кабанихин С. И.

Руководство студентами

1. Ермоленко Д. В. – 1-й курс магистратуры НГУ, руководители Кабанихин С. И., Криворотько О. И.
2. Ключинский Д. В. – 1-й курс магистратуры НГУ, руководители Кабанихин С. И., Криворотько О. И.
3. Белоног А. Ю. – 4-й курс НГУ, руководители Кабанихин С. И., Воронов Д. А.
4. Вострикова Е. И – 4-й курс НГУ, руководители Шишленин М. А., Воронов Д. А.
5. Гродзь А. А. – 4-й курс НГУ, руководители Кабанихин С. И., Воронов Д. А.
6. Каштанова В. Н. – 4-й курс НГУ, руководители Кабанихин С. И., Криворотько О. И.
7. Латышенко В. А. – 4-й курс НГУ, руководители Кабанихин С. И., Криворотько О. И.
8. Галактионова А. А. – 4-й курс НГУ, руководитель Белоносов А. С.

9. Кайгородцева А. А. – 4-й курс НГУ, руководитель Белоносов А. С.
10. Кириленко А. В. – 4-й курс НГУ, руководитель Белоносов А. С.
11. Леваева А. В. – 4-й курс НГУ, руководитель Белоносов А. С.
12. Максимова А. Г. – 4-й курс НГУ, руководитель Белоносов А. С.
13. Тагильцев И. И. – 4-й курс НГУ, руководитель Белоносов А. С.
14. Лифенко В. И. – 3 -й курс НГУ, руководители Кабанихин С. И., Воронов Д. А.

Участие в конкурсах

1. Воронов Д. А.:

– победитель конкурса УМНИК (Участник Молодежного Научно-Инновационного Конкурса);

– победитель конкурса для высококлассных молодых преподавателей и исследователей физического факультета НГУ.

2. Криворотько О. И. – победитель конкурса УМНИК (Участник Молодежного Научно-Инновационного Конкурса).

Поддержанные гранты

Воронов Д. А.: грант РФФИ, мол_а "Мой первый грант. Разработка численных алгоритмов решения прямых и обратных задач в биологии и медицине".

Криворотько О. И.: грант РФФИ, мол_а "Мой первый грант. Развитие параллельных алгоритмов численного решения прямых и обратных задач распространения волн в системе гидросфера – литосфера".

Участие в воркшопах

Воронов Д. А. 7th Computational pharmacy workshop "Modeling and analysis in PK/PD with ADAPT", Cracow (Poland), September 17–18, 2015.

Лаборатория численного моделирования сейсмических полей

И.о зав. лабораторией д.ф.-м.н. Фатьянов А. Г.

Важнейшие достижения

Решение прямых двумерных и трехмерных задач электрического и электромагнитного каротажа на графических процессорах

Для задач моделирования показаний зондов высокочастотного изопараметрического каротажного зондирования (ВИКИЗ) и бокового каротажного зондирования (БКЗ) построены полностью параллельные алгоритмы, учитывающие GPU архитектуру. Решение данных задач с помощью конечно-разностного метода приводит к решению больших, разреженных, плохо обусловленных систем линейных алгебраических уравнений. Симметризация, масштабирование исходной системы и способ организации хранения матрицы позволили минимизировать обращения к памяти и сократить число арифметических действий. Применение в итерационных методах предобусловливателя, аппроксимирующего обратную матрицу, построенного на основе алгоритма Хотеллинга – Шульца, и функций библиотеки CUBLAS NVIDIA позволили создать быстрые программы. Алгоритм построения предобусловливателя очень прост, устойчив, не требует особых временных затрат и полностью параллелен.

К.ф.-м. н. Суродина И. В.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

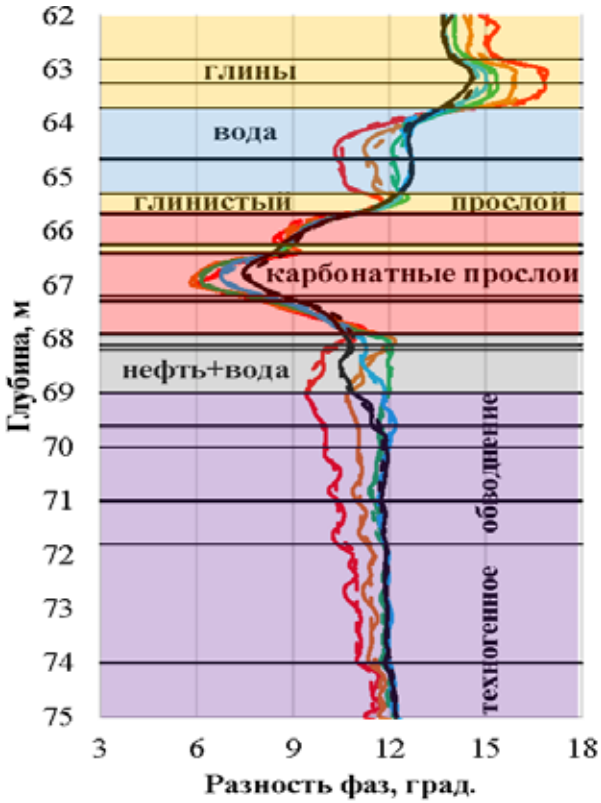
Проект НИР I.3.1.3 "Методы создания, исследования и идентификации математических моделей в науках о Земле".

Номер государственной регистрации НИР 01201370229.

Руководитель чл.-корр. РАН Кабанихин С. И.

Разработан новый численный параллельный алгоритм моделирования акустических и упругих волновых полей в присутствии сложной геометрии свободной поверхности (рельефа). Алгоритм реализован в виде программы для многопроцессорных вычислительных систем. Проведенные численные расчеты показали свою эффективность, в том числе при использовании тысяч процессоров.

Для задач моделирования показаний зондов высокочастотного изопараметрического каротажного зондирования (ВИКИЗ) и бокового каротажного зондирования (БКЗ) построены полностью параллельные алгоритмы, учитывающие GPU архитектуру. Решение данных задач с помощью конечно-разностного метода приводит к решению больших разреженных плохо обусловленных систем линейных алгебраических уравнений. Симметризация, масштабирование исходной системы и способ организации хранения матрицы позволили минимизировать обращения к памяти и сократить число арифметических действий. Применение в итерационных методах предобусловливателя, аппроксимирующего обратную матрицу, построенного на основе алгоритма Хотеллинга – Шульца, и функций библиотеки CUBLAS NVIDIA позволили создать быстродействующие программы. Алгоритм построения предобусловливателя прост, устойчив, не требует больших временных затрат и полностью параллелен. Программа двумерного моделирования ВИКИЗ стала основой программы инверсии, созданной и протестированной в ИНГиГ. Там же реализована программа совместной 2D инверсии ВИКИЗ и БКЗ. Верификация алгоритма инверсии ВИКИЗ выполнена на практических



Применение двумерной инверсии на практических данных. Жумажановское месторождение, пласт группы БС: сплошная линия – практические данные, пунктирная – расчётные

данных. Результаты 2D инверсии позволили уточнить положения границ, насыщение части коллектора и выделить маломощные прослои глин и карбонатов. С помощью трехмерных программ оперативно решать задачи с сильно контрастными параметрами. Были промоделированы трещины, возникающие при гидроразрыве пласта.

Создан аналитический метод расчета волновых полей для произвольных блоково-неоднородных сред в случае цилиндрической геометрии, основанный на использовании преобразований Фурье – Бесселя. В итоге задача сведена к системам обыкновенных дифференциальных уравнений с несимметричными матрицами. Исходная задача для цилиндрической системы координат сведена к ранее рассмотренной задаче для декартовой геометрии с использованием нового метода сведения несимметричных матриц к симметричным. Таким образом, получено решение искомой задачи

Выполнен ряд численных экспериментов по решению системы уравнений Максвелла с отрицательными параметрами среды методом векторных конечных элементов 2.

Результаты работ по проектам Российского научного фонда

Проект РНФ "Высокопроизводительные технологии моделирования электрофизических процессов и устройств".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Ильин В. П.; исполнитель – д.ф.-м.н, Урев М. В.

Для системы уравнений Максвелла рассмотрена нетипичная ситуация, характеризуемая наличием отрицательных коэффициентов электрической и магнитной проницаемостей. Рассмотрение обусловлено реальной разработкой таких материалов на основе нанотехнологий. Выполнены численные эксперименты по решению системы уравнений Максвелла с отрицательными параметрами среды методом векторных и скалярных конечных элементов.

Результаты работ по проектам РФФИ

Проект РФФИ № 13-05-00076-а "Разработка иерархии вычислительных моделей и численных методов, ориентированных на суперЭВМ с гибридной архитектурой, для описания сейсмических волновых процессов в разномасштабных средах с флюидонасыщенной микроструктурой".

Руководитель д.ф.-м.н. Решетова Г. В.

На основе термодинамически согласованных систем закона сохранения энергии разработаны новые термодинамически корректные модели распространения сейсмических волн в разномасштабных средах с флюидонасыщенной микроструктурой применительно к коллекторам в карбонатном окружении, характерным для ряда месторождений Восточной Сибири. Полученные определяющие дифференциальные уравнения моделей образуют гиперболическую систему, все уравнения которой записываются в дивергентном виде, что является необходимым условием построения устойчивых конечно-разностных схем с использованием современных высокоточных численных методов.

Проект РФФИ № 14-05-867 "Численное моделирование взаимодействия сейсмических и акустических волн в неоднородной модели Земля – атмосфера с учетом стратификации ветра".

Руководитель – Мартынов В. В.

В результате проведения серии вычислительных экспериментов выявлены новые особенности распространения поверхностных сейсмических и акусто-гравитационных волн вблизи границы раздела Земля – атмосфера при наличии ветра в атмосфере. Установлено, что скорость и амплитуда поверхностной волны Стоунли – Шолтэ зависит от направления распространения этих волн относительно направленности вектора скорости ветра. Показано, что скорость этих волн увеличивается в направлении ветра и соответственно уменьшается при распространении против ветра на величину, равную скорости ветра. Такое же влияние ветер оказывает и на нелучевую сферическую акусто-гравитационную волну, распространяющуюся в атмосфере в случае расположения источника в твердой среде. Установлено, что распределение энергии в проходящей и рефрагированной акусто-гравитационных волнах в случае эффекта "загибания" волны зависит от величины градиента скорости ветра как функции высоты.

Проект РФФИ 14-01-31000 "Разработка спектрально-разностного параллельного алгоритма для моделирования динамики распространения сейсмических волн в верхней части разреза".

Руководитель к.ф.-м.н. Терехов А. В.

В проекте предложен спектрально-разностный параллельный алгоритм моделирования акустических и упругих волновых полей для 2.5D геометрии в присутствии переменного рельефа местности. Переход от начально-краевой задачи к серии краевых задач для эллиптических уравнений осуществляется посредством интегрального преобразования Лагерра по времени. Для решения разностных уравнений предложены экономичные численные параллельные процедуры на основе быстрого преобразования Фурье и алгоритма дихотомии, разработанного для решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с трехдиагональными и блочно-трехдиагональными матрицами.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1.Сухорукова К. В., Аржанцев В. С., Суродина И. В., Нечаев О. В. Результаты численного моделирования сигналов бокового каротажного зондирования автономной аппаратуры СКЛ // Каротажник. 2015. № 1 (247). С. 58–72. (*в базе РИНЦ*)

2.Мастрюков А. Ф., Михайленко Б. Г. Оптимальные разностные схемы // Геология и геофизика. 2015. Т. 5. № 9. С. 1713–1722. (*в базе Web of Science*)

3.Мастрюков А. Ф. Определение коэффициента диффузии // Математическое моделирование. 2015. Т 27. № 1. С. 16–32.

4.Глинский Б. М., Мартынов В. Н., Сапетина А. Ф. Технология суперкомпьютерного 3D моделирования сейсмических волновых полей в сложно построенных средах // Вестник ЮУрГУ. Сер.: Вычислительная математика и информатика. 2015. Т. 4, № 4. С. 101–116. DOI: 10.14529/cmse150406. (*в базе РИНЦ*)

5.Фатьянов А. Г. Волновой метод подавления кратных волн для морских данных для сред произвольного строения // Сибирские электронные математические известия. 2015. Т. 12. С. 63–73. (*в базе Scopus*)

Зарубежные издания

1.Protasov M. I., Reshetova G. V., Tcheverda V. A. Fracture detection by Gaussian beam imaging of seismic data and image spectrum analysis // Geophysical Prospecting. 2015. DOI: 10.1111/1365-2478.12259. (*в базах Scopus, Web of Science*)

2.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. Vol. 281. P. 669–689. DOI: 10.1016/j.jcp.2014.10.047. (*в базах Scopus, Web of Science*)

3.Mikhailenko B., Mikhailov A. A., Reshetova G. V. Modeling the wind influence on acoustic-gravity propagation waves in a heterogeneous earth-atmosphere model // Finite Difference Methods, Theory and Applications. Lecture Notes in Computer Science. 2015. Vol. 9045. P. 290–298. (*в базах Scopus, Web of Science*)

4.Terekhov A. V. A highly scalable parallel algorithm for solving Toeplitz tridiagonal systems of linear equations // Journal of Parallel and Distributed Computing. 2015. Vol. 87. P. 102–108. [Electron. resource]. http://dx.doi.org/10.1016/j.jpdc.2015.10.004. (*в базах Scopus, Web of Science*)

5.Terekhov A. V. Spectral-difference parallel algorithm for the seismic forward modeling in the presence of complex topography // Journal of Applied Geophysics. 2015. Vol. 115. P. 206–219. [Electron. resource]. http://dx.doi.org/10.1016/j.jappgeo.2015.02.016. (*в базах Scopus, Web of Science*)

6. Soboleva O. N., Kurochkina E. P. The subgrid modeling of propagation of acoustic waves in heterogeneous media with multiscale isotropic random elastic stiffness and density // Waves in Random and Complex Media. 2015. Vol. 26, N 1. P. 1–20. DOI:10.1080/17455030.2015.1099758. (*в базах Scopus, Web of Science*)

Материалы международных конференций и совещаний

1.Meirmanov A. M., Reshetova G. V., Tcheverda V. A. Models of oil-water displacement - from microscopic to macroscopic description // Ext. abst. of the 77th EAGE conference and exhibition, Madrid (Spain), June 1–4, 2015. P. 1–5. DOI: 10.3997/2214-4609.201412789. (*в базе Scopus*)

2.Nikitenko M. N., Surodiva I. V., Mikhaylov I. V., Glinskikh V. N., Suhorukova C. V. Formation evaluation via 2D processing of induction and galvanic logging data using high-performance computing // Ext. abst. of the 77th EAGE conference and exhibition, Madrid (Spain), June 1–4, 2015. P. Tu N107 15. DOI: 10.3997/2214-4609.201412646. (*в базе Scopus*)

3.Berdyshev A. S., Imomnazarov Kh. Kh., Mikhailov A. A., Sultanov M. A. Thermodynamically-consistent nonlinear model of poroelasticity // Proc. of the Intern. conf. "Computational Technologies" (CITech–2015), Almaty, Sept. 24–27, 2015. P. 111–118.

4.Суродина И. В, Нестерова Г. В. Моделирование показаний зондов ВИКИЗ и БКЗ на графических процессорах // Петрофизика сложных коллекторов: проблемы и перспективы 2015. Сборник статей EAGE. 2015. С. 79–88 (*в базе Scopus*)

5.Kostin V., Lisitsa V., Reshetova G., Tcheverda V., Vishnevsky D. Combination of numerical methods for simulation of seismic wave propagation in complex models // Workshop on numerical modeling of earthquake motions: Waves and raptures, Slovakia, 2015. P. 46–46. (*в базе РИНЦ*)

6.Tcheverda V., Lisitsa V., Protasov M., Reshetova G., and Merzlikina A. Interaction of seismic waves with the microstructure of cavernous-fractured reservoirs, in Waves 2015 // The 12th Intern. conf. on mathematical and numerical aspects of wave propagation, Germany, 2015. P. 196–197. (*в базе РИНЦ*)

Прочие издания

1.Сухорукова К. В., Глинских В. Н., Нечаев О. В., Никитенко М. Н., Павлова М. А., Суродина И. В., Эпов М. И. Численная интерпретация данных комплекса методов скважинной электрометрии в высокоомных отложениях баженовской свиты // Материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. "Глубокие горизонты науки и недр", Тюмень, 23–27 марта 2015 г. [Электрон. ресурс]. CD-ROM. UR03. 4 с. DOI: 10.3997/2214-4609.201412086. http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=79726.

2.Сухорукова К. В., Аржанцев В. С., Суродина И. В. Сигналы бокового каротажного зондирования в наклонных скважинах по данным численного моделирования // Интэрэкспо "Гео-Сибирь". 2015. Т. 2., № 2. С. 255–258.

3.Михайлов И. В., Глинских В. Н., Никитенко М. Н., Суродина И. В. Двумерная инверсия данных электромагнитного каротажа на основе метода конечных разностей и нелинейной минимизации // Там же. С. 156–160.

4.Soboleva O. Subgrid modeling of propagation of acoustic waves in multiscale random media. // Proc. of the 3rd Intern. workshop "Applied methods of statistical analysis, Nonparametric approach", Novosibirsk, Sept. 14–19 2015 г. P. 408–415. (*в базе РИНЦ*)

5.Соболева О. Н. Моделирование акустических волн в многомасштабной среде с логарифмически устойчивым распределением параметров // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", 2015. С. 688–694. [Электрон. ресурс]. http://www.sscc.ru/Conf/AMCAProceedings2015post.pdf. (*в базе РИНЦ*)

6.Имомназаров Х. Х., Михайлов А. А. Численное моделирование области дилатансии для совмещенной модели вязкоупругости и пороупругости // Интерэкспо "ГЕО-Сибирь". 2015; 11-й Междунар. науч. конгр.; Междунар. науч. конф. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г. Т. 4, № 1. С. 196–200. (*в базе РИНЦ*)

7.Михайлов А. А. Численное моделирование распространения акусто-гравитационных волн в неоднородной модели "Земля – атмосфера" при наличии стратификации ветра в атмосфере // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики". 2015. С. 494–500. [Электрон. ресурс]. http://www.sscc.ru/Conf/AMCAProceedings2015post.pdf. (*в базе РИНЦ*)

8.Имомназаров Х. Х., Михайлов А. А. Численные исследования областей дилатансии в пористых средах насыщенных жидкостью // Тез. докладов республиканской научной конференции с участием зарубежных ученых "Современные методы математической физики и их приложения". Ташкент, 2015 г. С. 168–170.

9.Фатьянов А. Г. Аналитическое моделирование сейсмических волновых полей и некоторые результаты обработки сейсмических данных, не использующие глубинно-скоростную модель среды // Материалы 2-й научно-практической конференции "Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири". Новосибирск, 2015. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2015. Т. 2. С. 142–145.

10.Kostin V., Lisitsa V., Reshetova G., Tcheverda V., Vishnevsky D. Massively parallel hybrid algorithm for simulation of seismic wave propagation in complex media // "Суперкомпьютерные дни в России". Ed. by V. Voevodin. P. 49–60. М.: МГУ, 2015. (*в базе РИНЦ*)

11.Лисица В. В., Мерзликина А. С., Поздняков В. А., Решетова Г. В., Хачкова Т. С., Чеверда В. А., and Шиликов В. В. (2015), Проявление флюидонасыщенности кавернозно-трещиноватых коллекторов Восточной Сибири в рассеянных волнах: полномасштабное численное моделирование и полевые наблюдения // 5-я научно-практическая конференция "Суперкомпьютерные технологии в нефтегазовой отрасли. Математические методы, программное и аппаратное обеспечение". С. 29–34. (*в базе РИНЦ*)

12.Лисица В. В., Лысь Е. В., Хачкова Т. С., Чеверда В. А., Решетова Г. В., Абденбаева А. Моделирование фильтрационных потоков в цифровых кернах // Материалы 7-й Междунар. науч.-практ. конф. "Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке". С. 356–358. (*в базе РИНЦ*)

13.Ковалевский В. В., Тубанов Ц. А., Фатьянов А. Г., Брагинская Л. П., Григорюк А. П., Базаров А. Д. Вибросейсмические исследования на 500-км профиле Бабушкин, Байкал – Улан-Батор (Монголия) // Интерэкспо "Гео-Сибирь". 2015. Т. 4, № 1. С. 186–190. (*в базе РИНЦ*)

Патенты

1. Пат. 2563323 РФ. Способ реконструкции тонкой структуры геологического объекта и прогноза его флюидонасыщения / Чеверда В. А., Решетова Г. В., Поздняков В. А., Шиликов В. В, Мерзликина А. С., Ледяев А. И. 2015.

Свидетельства о регистрации программ и баз данных в Роспатенте

1.Свидетельство № 2015617656 РФ. Программа для ЭВМ расчета вертикальных электрических зондирований EMF_Dc3Dmod : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Суродина И. В., Неведрова Н. Н., Санчаа А. М. Роспатент. 2015 г.

2. Свидетельство № 2015616216 РФ. Программа подавления кратных волн для суммарных сейсмических данных 2D : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Фатьянов А. Г., Ледяев А. И., Редько П. Ю. Роспатент. 2015 г.

3.Свидетельство № 2015617384 РФ. Программа подавления кратных волн для сейсмограмм 2D : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Фатьянов А. Г., Ледяев А. И., Редько П. Ю. Роспатент. 2015 г.

Сдано в печать

1.Суродина И. В., Нестерова Н. В. Моделирование показаний зондов ВИКИЗ и БКЗ на графических процессорах // Геомодель.

2. Урев М. В., Бродт К. В. О решении с помощью МКЭ эллиптической задачи с сильным вырождением // СибЖИМ.

Участие в конференциях и совещаниях

1. Arctic technology conference (ATC), Copenhagen (Denmark), March 23–25, 2015 – 1 доклад (Решетова Г. В.).

2. The 77th EAGE conference and exhibition 2015. Madrid (Spain), June 1–4, 2015 – 2 доклада (Решетова Г. В., Суродина И. В.).

3. 5th International conference on computational methods in structural dynamics and earthquake engineering (COMPDYN 2015), Crete Island (Greece), May 25–27, 2015 – 1 доклад (Решетова Г. В.).

4. 12th International conference on mathematical and numerical aspects of wave propagation, Karlsruhe (Germany), July 20–24, 2015 – 1 доклад (Решетова Г. В.).

5. 8th International congress on industrial and applied mathematics (ICIAM), Beijing (China), August 10–14, 2015 – 1 доклад (Решетова Г. В.).

6. 8th International workshop on simulation, Vienna, September 21–25, 2015 – 1 доклад (Соболева О. Н.).

7. Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании (CITECH–2015), Алматы, 2015 – 2 доклада (Михайлов А. А.).

8. Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики, Новосибирск, 19–23 октября 2015 г., – 8 докладов (Решетова Г. В., Суродина И. В., Мартынов В. А., Терехов А. В., Урев М. В., Михайлов А. А., Соболева О. Н., Фатьянов А. Г.).

9. Петрофизика сложных коллекторов: проблемы и перспективы (EAGE-2015), Новосибирск, 2015 – 1 доклад (Суродина И. В.).

10. Интерэкспо "ГЕО-Сибирь". 11-й Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г. – 5 докладов (Михайлов А. А., Суродина И. В., Фатьянов А. Г.).

11. "Дифференциальные уравнения и математическое моделирование", Улан-Удэ, 2015 – 3 доклада (Суродина И. В., Фатьянов А. Г., Мартынов В. Н.).

12. 4-я Международная научно-практическая конференция "Тюмень-2015: Глубокие горизонты науки и недр", Тюмень, 23–27 марта 2015 г. – 1 доклад (Суродина И. В.).

13. Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2015 – 1 доклад (Фатьянов А. Г.).

14. Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач, Новосибирск, 19–24 октября 2015 г. – 1 доклад (Фатьянов А. Г.)

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 7
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 9
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 8
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 5
Публикаций в зарубежных изданиях – 6
Публикаций в материалах международных конференций – 6
Свидетельств о регистрации программ и баз данных в Роспатенте – 3
Публикаций в прочих изданиях – 13
Докладов на конференциях – 29.

Кадровый состав

1.	Фатьянов А. Г.	и.о. зав. лаб.	д.ф.-м.н.
2.	Урев М. В..	в.н.с.	д.ф.-м.н.
3.	Решетова Г. В	в.н.с.	д.ф.-м.н.
4.	Мартынов В. Н.	с.н.с.	

5.	Мастрюков А. Ф.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
6.	Соболева О. Н.	с.н.с.	д.ф.-м.н.
7.	Суродина И. В.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
8.	Михайлов А. А.	н.с.	к.ф.-м.н.
9.	Терехов А. В.	н.с.	к.ф.-м.н.
10.	Куликов А. И..	ведущ. программист	
11.	Чимаева Е. В.	ведущ. программист	
12.	Трибис Д. Ю.	программист	
13.	Гулина М. А.	инженер 1-й кат.	
14.	Кабанихина Е. С.	инженер 1-й кат.	

Терехов А.В. – молодой научный сотрудник:

Педагогическая деятельность

Урев М. В. – доцент НГУ, профессор СибАГС,
Соболева О. Н. – профессор НГТУ.

Руководство аспирантами

Титов П. А. – аспирант ИВМиМГ, руководители: Глинский Б. М., Мартынов В. Н.
Сапетина А. Ф. – аспирант ИВМиМГ, руководители: Глинский Б. М., Мартынов В. Н.
Имомназаров Ш. Х. – аспирант ИВМиМГ, руководитель Михайлов А. А.

Лаборатория математического моделирования волн цунами

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. Гусяков В. К.

Важнейшие достижения

Верификация численного метода определения параметров очага цунами по характеристикам регистрируемых волн в удаленных пунктах наблюдения

Путем численного моделирования на созданном комплексе программ выполнена верификация метода восстановления очага цунами на примере цунамигенного события, произошедшего 6 февраля 2013 г. вблизи Соломоновых островов. Применение предложенного ранее оригинального алгоритма решения обратной некорректной задачи для восстановления начальной формы волны цунами в области источника по измерениям колебаний уровня свободной поверхности, обусловленных пришедшей волной в серии удаленных приемников, в условиях реальной батиметрии и натурных данных подтвердило эффективность метода преодоления численной неустойчивости, а также возможность оценки эффективности и достаточности системы наблюдения для восстановления формы источника цунами. Последнее может быть использовано при проектировании системы уровенных наблюдений в океане.

К.ф.-м.н. Воронина Т. А.

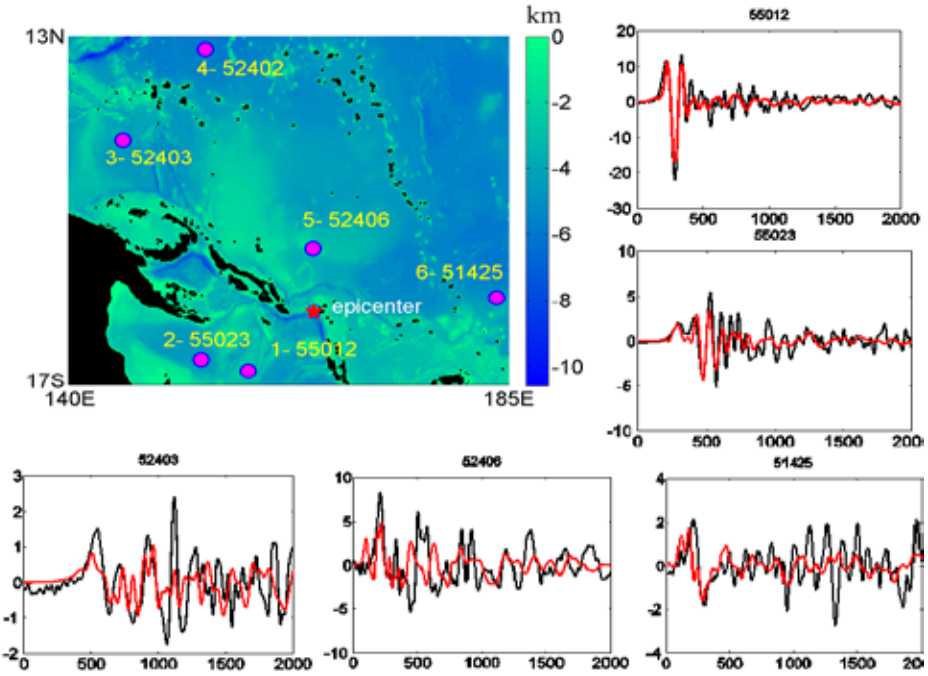


Рис. 1. Область моделирования (красная звездочка – эпицентр, лиловые окружности – глубоководные регистраторы). Сравнение мареограм, полученных в результате наблюдений(черная линия) и вычисленных от восстановленного источника в тех же приемниках (красная линия) для цунами 2013 г. вблизи Соломоновых островов

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект 1.3.1.1. "Методы создания, исследования и идентификации математических моделей в науках о Земле".

Раздел 3 "Моделирование и оценка цунамигенных геофизических явлений и других катастрофических природных процессов".

Руководитель – д.ф.-м.н. Гусяков В. К.

Создан электронный атлас очагов сильнейших трансокеанских цунами в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах. Показано, что такие цунами, являющиеся результатом подводных субдукционных землетрясений с магнитудой 9,0 и выше, составляют менее 1 % от всех цунамигенных событий Мирового океана, однако, они ответственны за 90 % жертв и бóльшую часть наносимого материального ущерба. Важнейшей особенностью трансокеанских цунами является их способность пересекать весь океанический бассейн и производить разрушения на его противоположных берегах. Другая важная особенность таких цунами – способность вызывать опасные колебания уровня на побережье окраинных морей (типа Охотского, Берингова), которые в значительной степени защищены островными дугами от воздействия даже сильных региональных цунами. Показано, что главная проблема оценки цунамиопасности конкретного участка океанического побережья, имеющего перед собой зону субдукции, состоит в получении реалистичных оценок места и времени возникновения в ближайших сегментах этой зоны мегаземлетрясения класса М9. Карты цунамиопасности любого масштаба, построенные без учета возможности и вероятности возникновения мегаземлетрясений, будут значительно недооценивать реальную опасность цунами и приводить к неверным инженерным решениям при застройке прибрежной полосы.

Разработана и протестирована на реальных данных методика определения размеров и профиля очага цунами по записям глубоководных регистраторов. Предлагаемый подход к решению обратной задачи об источнике цунами позволяет избежать неустойчивости численного решения рассматриваемой некорректной задачи и использовать полученные результаты для последующего моделирования распространения волны цунами в качестве начальных данных при прогнозировании высот цунами на побережье. Метод позволяет понять, как изменится результат инверсии при изменении используемой системы наблюдения, а также дает возможность оценить эффективность существующей системы наблюдения для восстановления формы источника цунами.

Найдены точные решения для волновых лучей и фронтов цунами от произвольного выпуклого источника над наклонным дном. В лучевом приближении найдено распределение максимумов высоты цунами от круглого источника при известной высоте волны на его границе. Сравнение полученного распределения с результатами численного решения этой задачи в рамках дифференциальной модели мелкой воды с использование алгоритма MOST показывает хорошее их соответствие вне зоны шельфа, где глубина превышает 300 м.

Разработана и протестирована на реальных данных методика определения размеров и профиля очага по записям глубоководных регистраторов цунами. С помощью полученных формул для волновых фронтов над наклонным рельефом дна решена обратная кинематическая задача для источника цунами по временам прихода волны в несколько регистраторов, расположенных вдоль береговой линии. Определены очертания источника при различном числе береговых станций.

Изучен режим поступления космических тел поперечником 10–1000 м на Землю в течение плейстоцена и голоцена по данным созданного каталога импактных структур. С использованием материалов дистанционного зондирования найдены выраженные аномалии в распределении растительного покрова в районе реки Нижняя Конкули (Хабаровский кр.), что может быть свидетельством произошедшего в августе 1993 г. в этом районе падения крупного космического тела, сопровождавшегося мощным взрывом в нижних слоях

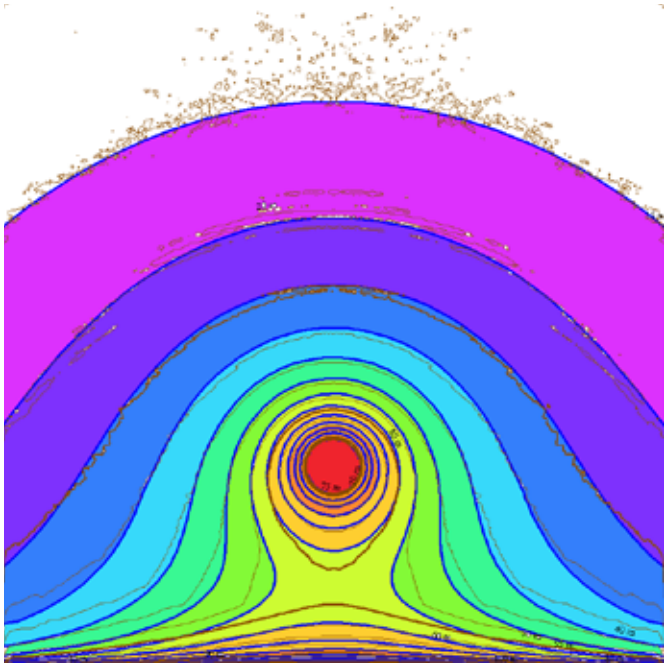


Рис. 2. Сравнительное расположение изолиний максимумов высот цунами, полученных лучевым методом (синий цвет) и путем численного решения уравнений мелкой воды (коричневый цвет)

атмосферы. Продолжена работа над пополнением и верификацией поддерживаемой в лаборатории Экспертной базы данных по импактным структурам Земли (EDEIS). За 2015 г. добавлено 13 новых событий, 206 фотографий (в том числе 89 карт-схем), 95 текстовых описаний, 53 библиографические ссылки. Уточнены координаты 13 кратеров, для 7 достоверных кратеров уточнен возраст, 6 структур переведены из категории "предполагаемые" в "достоверные".

В августе 2015 г. организована и проведена экспедиция для изучения вероятных импактных структур голоцен-плейстоценового возраста на территории Московской, Нижегородской и Кировской областей, в которой приняли участие специалисты из США. Проведены измерения магнитной восприимчивости 120 образцов подпочвенного слоя близ озер Смердячее, Власовское, Карповское (Московская обл.), Светлояр (Нижегородская обл.) и Лежнинское

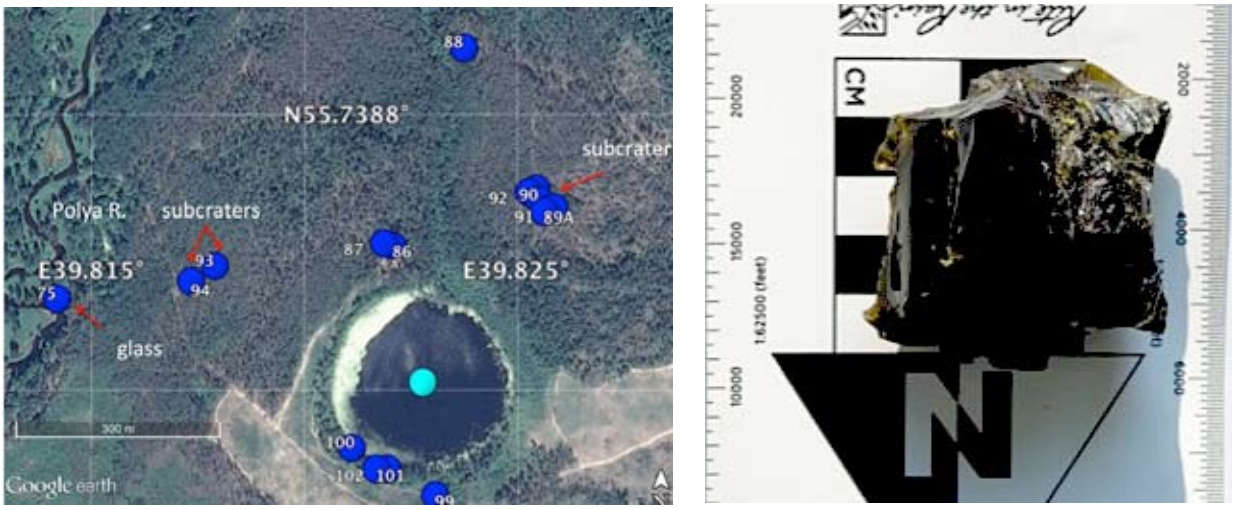


Рис. 3. Местоположение отбора образцов на измерение магнитной восприимчивости (синие окружности) в районе оз. Смердячее (слева). Обломок стекла (молдавит), найденный в точке 75 (справа)

(Кировская обл.). Обнаружено, что в подпочвенном слое (менее 1 м) на внутренней части краевого вала в южной и юго-западной частях котловин озер Карповское и Смердячее находится множество фрагментов твердых пород фундамента. Близ озер Смердячее и Карповское найдены несколько образцов (стекло, металлические фрагменты), которые с большой вероятностью содержат следы ударного воздействия. Изучено множество фрагментов твердых пород, извлеченных археологическими экспедициями с южной части вала оз. Светлояр (Нижегородская обл.). В настоящее время изучение образцов продолжается в лабораторных условиях.

Проект РНФ 14-17-00219 (совместно с ИВТ СОРАН). "Оценка цунамиопасности побережья Курило-Камчатского региона, Японского, Охотского и Черного морей".

Руководитель – д.ф.-м.н. Чубаров Л. Б. (ИВТ СО РАН).

Создан синтетический каталог высот волн для Курило-Камчатского побережья РФ на основе комбинации наблюденных и расчетных высот, полученных для моделей 12 сильнейших цунамигенных землетрясений этого региона. Созданный синтетический каталог был использован для получения вероятностных оценок расчетных высот цунами на заданные повторяемости (100, 500 и 1000 лет) для 12 береговых пунктов Курило-Камчатского побережья. С использованием системы модельных очагов цунамигенных землетрясений Японского моря, построенной в 2014 г., и программного комплекса MGC проведена серия расчетов распространения цунами в Японском море с целью определения очаговых зон,

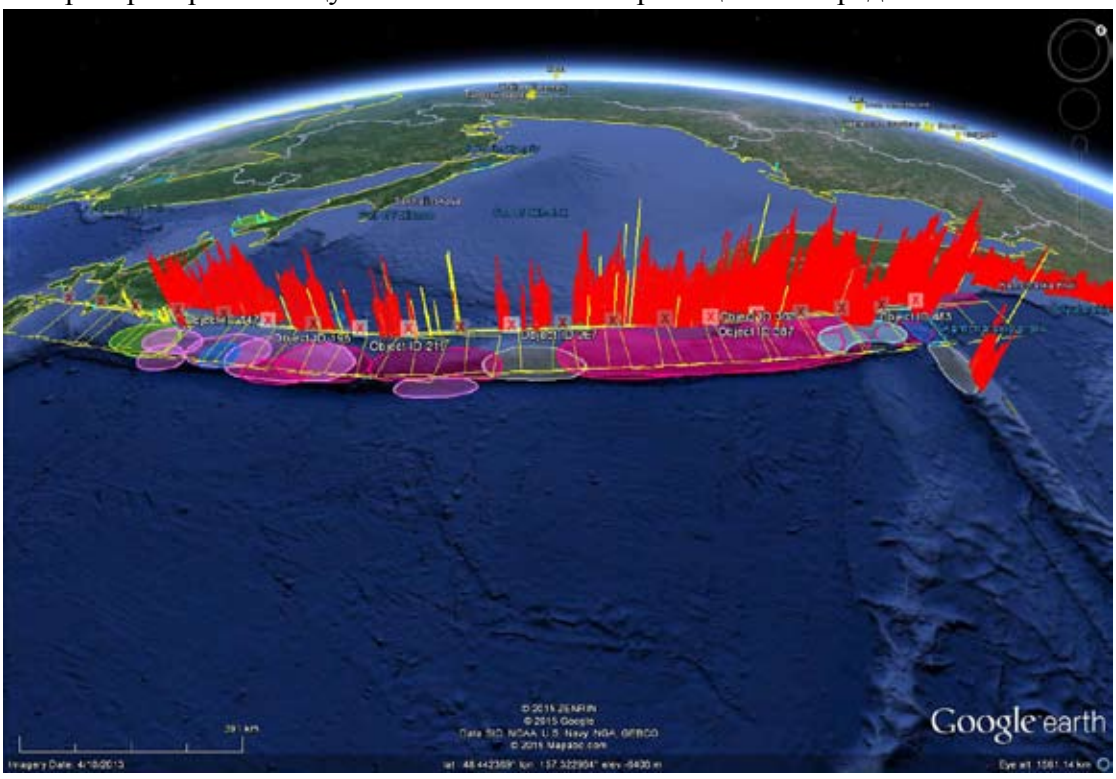


Рис. 4. Сопоставление высот цунами, полученных в результате наблюдений (желтые вертикальные линии) от исторических землетрясений Курило-Камчатского региона (1737–2015 гг.) с расчетными высотами (красные вертикальные линии), полученными для системы 20 модельных очагов магнитуды Mw = 9,0, равномерно распределенных вдоль всей Курило-Камчатской сейсмогенной зоны. Светлыми прямоугольниками показаны проекции площадок разрыва в модельных очагах на поверхность. Расчеты распространения цунами выполнены в ИВТ СОРАН с помощью программного комплекса MGC

дающих наибольший вклад в цунамиопасность побережья Приморья и западного побережья Сахалина. Для определения очаговых зон Черного моря, создающих наибольшую угрозу для российского побережья Крыма и Краснодарского края, построена система из 144 модельных очагов, аппроксимирующих сейсмические зоны, расположенные вдоль шельфа Черного моря. Анализ рассчитанной интегральной энергетической характеристики показал, что для каждого участка российского побережья, помимо очагов, расположенных в непосредственной близости от него, существуют зоны на противоположном южном побережье, создающие сопоставимую по уровню угрозу цунами.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Гусяков В. К., Бейзель С. А., Чубаров Л. Б. Оценка цунамиопасности Охотского моря от региональных и удаленных источников // Вулканология и сейсмология. 2015. № 4. С. 59–72. DOI: 10.1134/S0742046315040041. (*в базе РИНЦ*; *перевод в базе Web of Science*)

2. Гаврилов Н. В., Ляпидевский В. Ю., Ляпидевская З. А. Трансформация внутренних волн большой амплитуды над шельфом // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2015. Т. 8, № 3. С. 32–43. (*в базе РИНЦ*)

3. Марчук Ан. Г. Вычисление высоты цунами, распространяющейся над наклонным дном, в лучевом приближении // СибЖВМ. 2015. Т. 18, № 4. С. 377–388. DOI: 15372/SJNM20150404. (*в базе РИНЦ; перевод в базах Scopus, Web of Science*)

4. Loiko S. V., Geras'ko L. I., Kulizhskii S. P., Amelin I. I., Istegechev G. I. Soil cover patterns in the northern part of the area of aspen-fir taiga in the southeast of Western Siberia// Eurasian Soil Science. 2015. V. 48, N 4. P. 359–372. DOI: 10.1134/S1064229315040067.
(*в базах РИНЦ, Scopus, Web of Science*)

Зарубежные издания

1. Gusiakov V. K. Evaluation of intensity of recent seismogenic tsunamis in the World Ocean from 2000 to 2014 // Pure and Appl. Geoph. 2015. V. 172, N 12. DOI: 10.1007/s00024-015-1101-2.
(*в базах Scopus, Web of Science*)

2. Voronin V. V., Voronina T. A., Tcheverda V.A. Inversion method for initial tsunami wave form reconstruction // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2015. V. 15. P. 1251–1263. DOI:10.5194/nhess-15-1251-2015. (*в базах Scopus, Web of Science*)

3. Hayashi K., Vazhenin A., Marchuk A. Service-oriented tsunami modeling: VMVC-based functional engines // Revised selected papers of the 13th Intern. conf. "Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques" (SoMeT 2014), Langkawi (Malaysia), Sept. 22–24, 2014. Vol. 513. Ser.: Communications in Computer and Information Science. Springer International Publishing (Switzerland), 2015. P. 376–390. (*в базах Scopus, Web of Science*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Амелин И. И., Гусяков В. К., Зиновьев П. С., Ляпидевская З. А. Интернет-версия Экспертной базы данных по импактным структурам Земли // Сб. трудов Международного конгресса "Интерэкспо-Гео-Сибирь". Новосибирск. 2015. Т. 4, № 2. С. 8–12. (*в базе РИНЦ*)

2. Амелин И. И. Гусяков В. К. Падение крупного метеорита на севере Хабаровского края в 1993 г. // Сб. трудов 3-й Международной конференции "Метеориты, астероиды, кометы", Челябинск, Чебаркуль, 21–23 мая 2015 г. С. 211–214.

3. Киселев А. К., Лапин Н. И., Шалаева Е. О., Амелин И. И. Моделирование рельефа земного слабоэродированного метеоритного кратера // Материалы Международной научно-

практической конференции "Информационные технологии в организации единого образовательного пространства". Ниж. Новгород, 2015. С. 134–139. (*в базе РИНЦ*)

4. Galinskaya K., Abbott D., Breger D., Gibson J., Mesko J., Gusiakov V., Kiselev A., Amelin I. Proposed impact lakes in the Russian heartland // AGU 2015 Fall Meeting, San Francisco (USA). Dec. 14–18, 2015. [Electron. resource]. https://gsa.confex.com/gsa/2015AM/webprogram/Paper262030.html.

5. Abbott D., Gusiakov V., Bryant E., Breger D., Masse W., Galinskaya K., Raveloson A., Rambolamanana G. What is the origin of Carbonate rich dunes in Southern Madagascar? // Ibid. [Electron. resource]. https://agu.confex.com/agu/fm15/meetingapp.cgi/Paper/69696.

6. Воронина Т. А., Романенко А. А. Численное моделирование первоначальной волны цунами 06.03.2013 // Труды Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 2015. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 174–181. (*в базе РИНЦ*)

7. Takano Sh., Hayashi K., Vazhenin A., Marchuk An. Hybrid tsunami modeling infrastructure: tsunami source data and bathymetry editor // Proc. of the International workshop on applications in information technology (IWAIT-2015), Aizu – Wakamatsu (Japan), Oct. 8–10, 2015. Ed. by E. Pyshkin, V. Klyuev. Aizu: University of Aizu Press, 2015. P. 21–24. (*в базе Scopus*)

8. Сергеев В. А. Об опыте построения онтологий при формализации и математизации в геологии // Труды Междунар. науч.-практич. конф. "Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития", Тамбов, 31 июля 2015 г. Т. 5. Тамбов: Консалтинговая компания "Юком", 2015. С. 81–87. [Electron. resource]. http://ucom.ru/doc/conf/2015.07.05.pdf. (*в базе РИНЦ*)

9. Сергеев В. А. Сертификация коммуникативной информации // Труды Междунар. науч.-теор. конф. "Социокультурные среды и коммуникативные стратегии информационного общества", Санкт-Петербург, 28–31 октября 2015 г. С-Пб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. С. 126–132. (*в базе РИНЦ*)

10. Сергеев В. А. О нормативах функционирования информационно-коммуникативного пространства // Там же. С. 118–126. (*в базе РИНЦ*)

11. Сергеев В. А. Количественная интерпретация как обратная задача геофизики // Труды Междунар. заоч. науч.-практ. конф. "Перспективы развития науки и образования". Тамбов: Консалтинговая компания "Юком", 2015. С. 32–36.

12. Сергеев В. А. Шкалы свойств и отношений: новая систематика // Труды Междунар. научно-практической конференции "Актуальные вопросы образования и науки". Ч. 1. 30 нояб. 2015 г. Тамбов: Консалтинговая компания "Юком", 2015. С. 125–131.

Прочие издания

1. Гусяков В. К. Создание карты общего цунамирайонирования побережья России: возможные подходы и перспективы // Труды Всерос. науч. конф. с международным участием "Геофизические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска", Южно-Сахалинск, 26–30 мая 2015 г. Владивосток: Дальнаука, 2015. Т. 1. С. 261–266.

2. Marchuk An. G., Hayashi K., Vazhenin A. P. Trans-boundary realization of the nested-grid algorithm for trans-pacific and regional tsunami modeling // Bull. NCC. Ser.: Mathematical modeling in geophysics. 2015. Iss. 18. P. 35–47. (*в базе РИНЦ*)

3. Марчук Ан. Г. Волновые лучи и их использование при моделировании цунами // Труды 16-й Всерос. науч.-практ. конф. "Наука. Промышленность. Оборона", Новосибирск, 22–24 апр. 2015 г. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. С. 530–535.

4. Сергеев В. А. Аналитика информационного канала в геофизике // Вестник научных конференций "Современное общество, образование и наука". 2015. Ч. 5. Тамбов: Изд-во Консалтинговая компания "Юком", 2015. С. 136–138.

Научно-популярные издания

1. Гусяков В. К., Пустолякова Е. Космическая угроза: ученые ищут следы метеоритных ударов на дне российских озер // Наука в Сибири. 2015. № 20. С. 14–15.

2. Наш Марчук / Отв. ред.: В. П. Ильин, А. К. Лавров; сост. Ан. Г. Марчук, Н. А. Притвиц, Я. И. Фет. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2015. 428 с.

Сдано в печать

1. Voronina T. A., Romanenko A. A. Application of the r-solution method to 2013 Solomon Islands tsunami initial waveform inversion // Pure & Applied Geophysics.

(*в базах Scopus, Web of Science*)

2. Гусяков В. К. Цунами на Дальневосточном побережье России: историческая перспектива и современная проблематика // Геология и геофизика. (*в базах Scopus, Web of Science*)

Участие в конференциях и совещаниях

1. 11-й Международный научный конгресс и выставка "Интерэкспо-Гео-Сибирь-2015"; Международная научная конференция "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г. – 1 доклад (Амелин И. И.).

2. International tsunami symposium commemorating 50th Anniversary of the Pacific Tsunami Warning and Mitigation System "Making the Pacific Ready for the Tsunami Threat", NOAA Inouye Regional Center, Ford Island, Oahu (Hawaii), April 20–21, 2015 – 1 приглашенный доклад (Гусяков В. К.).

3. 16-я Всероссийская научно-практическая конференция "Наука. Промышленность. Оборона", Новосибирск, 22–24 апреля 2015 г. – 1 доклад (Марчук Ан. Г.).

4. Всероссийская научная конференция с международным участием "Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска", Южно-Сахалинск, 26–30 мая 2015 г. – 1 доклад (Гусяков В. К.).

5. 25th International ocean and polar engineering conference. Kona, Big Island (USA), June 21–26, 2015 – 1 доклад (Марчук Ан. Г.).

6. 26th IUGG General Assembly, Prague (Czech Republic), June 22 – July 2, 2015. Symposium JP5 – 3 доклада (Воронина Т. А., Гусяков В. К., Марчук Ан. Г.).

7. The International workshop on applications in information technology (IWAIT-2015), Aizu-Wakamatsu (Japan), October 8–10, 2015 – 1 доклад (Марчук Ан. Г.).

8. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2015" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 3 доклада, из них 1 пленарный (Гусяков В. К., Воронина Т. А., Марчук Ан. Г.).

9. 7-я Международная молодежная научная школа-конференция. "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г. – 1 доклад (Марчук Ан. Г.).

10. 4th Annual World congress of Ocean-2015, Venue (China), November 6–8, 2015 – 1 доклад (Марчук Ан. Г.).

11. The 8th South China Sea Tsunami Workshop SCSTW-8, Changsha (China), November 9–13, 2015 – 1 доклад (Марчук Ан. Г.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Гусяков В. К.:

– член программного комитета 5-й научно-технической конференции "Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России", Петропавловск-Камчатский, 27 сентября – 3 октября 2015 г.;

– член программного комитета Всероссийской научной конференции с международным участием "Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска", Южно-Сахалинск, 26–30 мая 2015 г.

2. Марчук Ан. Г. – член программного комитета 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 6
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 6
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 13
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 4
Публикаций в зарубежных изданиях – 3
Публикаций в материалах международных конференций – 12
Публикаций в прочих изданиях – 4
Докладов на конференциях – 15, в том числе 2 пленарных
Участников оргкомитетов конференций – 3.

Кадровый состав лаборатории

Гусяков Вячеслав Константинович	зав. лаб.	д.ф.-м.н.
Марчук Андрей Гурьевич	в.н.с.	д.ф.-м.н.
Воронина Татьяна Александровна	с.н.с.	к.ф.-м.н.
Амелин Иван Иванович	м.н.с.	к.ф.-м.н.
Сергеев Владимир Анатольевич	н.с.	
Москаленский Ефим Давыдович	м.н.с. 0,5 ст.	
Лысковская Екатерина Владимировна	ведущ. инженер.	
Калашникова Тамара Владимировна	ведущ. инженер	
Ляпидевская Зоя Андреевна	ведущ. программист	
Зиновьев Павел Сергеевич	инженер	

Амелин И. И. – молодой научный сотрудник.

Педагогическая деятельность

Воронина Т. А. – преподаватель СУНЦ НГУ.

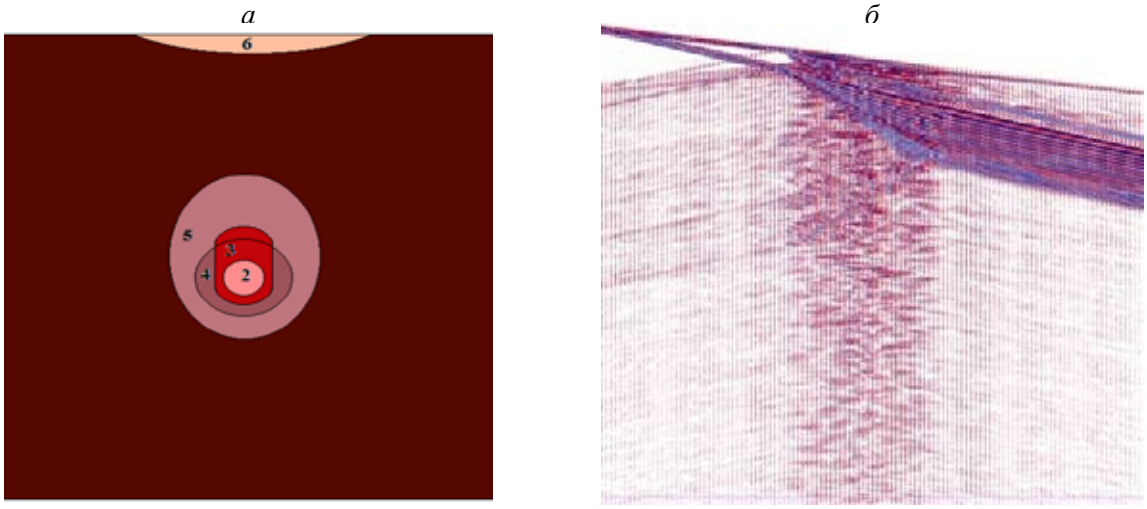
Лаборатория геофизической информатики

Зав. лабораторией д.т.н. Ковалевский В. В.

Важнейшие достижения

Выполнено численное моделирование волновых полей при сейсмическом зондировании кавернозных полостей подземных ядерных взрывов (ПЯВ) (см. рисунок). Разработаны численные алгоритмы и программное обеспечение, адаптированное для многоядерных гибридных архитектур, и выполнены расчеты на кластере ССКЦ. На синтетических сейсмограммах выделены информативные группы волн и времена вступлений для определения границ зон ПЯВ при решении экологически важной задачи прогнозирования путей миграции радионуклеотидов из области взрыва в окружающую геологическую среду.

Д.т.н. Хайретдинов М. С., к.т.н. Якименко А. А., к.ф.-м.н. Караваев Д. А., д.т.н. Ковалевский В. В.



Модель центральной зоны подземного ядерного взрыва (*а*); рассчитанные синтетические сейсмограммы при вибросейсмическом зондировании зоны взрыва (*б*): *1* – вмещающая среда в рамках упругого приближения; *2* – камуфлетная полость; *3* – зона смятия горных пород; *4* – зона дробления горных пород; *5* – зона интенсивной трещиноватости; *6* – зона откольного разрушения

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 0315-2014-0003 "Математическое моделирование, разработка новых численных методов, алгоритмов и программ для задач активной сейсмологии и дистанционного зондирования".

Номер государственной регистрации НИР 0120.0712227.

Научные руководители: д.т.н. Ковалевский В. В., д.т.н. Пяткин В. П.

Раздел 1. Математическое моделирование, разработка новых численных методов, алгоритмов и программ в задачах активной сейсмологии, экспериментальные исследования по вибросейсмическому зондированию и вибромониторингу среды. Моделирование и исследование взаимодействия сейсмических и акустических волновых полей вибрационных и взрывных источников с целью оценивания экологических рисков. Разработка новых

алгоритмов и программ обработки данных вибромониторинга на основе регистрации малыми сейсмическими группами. Исследования волновых вибросейсмических полей и их связи с геодинамическими процессами в Алтае-Саянском регионе, Байкальской рифтовой зоне, сопредельных районах Монголии и в зонах вулканических структур. Развитие научной информационно-аналитической системы на базе интернет-технологий для задач активной сейсмологии.

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

Адаптированы и реализованы в виде вычислительных программ новые алгоритмы численного моделирования распространения упругих волн в двумерных неоднородных средах в терминах скоростей перемещений и в терминах перемещений. Выполнены тестовые расчеты разработанных программ на моделях однородных сред. Проведена доработка программы создания двумерной модели по экспериментальным данным в скважинах для моделирования Байкальской рифтовой зоны. Разработана двумерная неоднородная геофизическая модель строения Байкальской рифтовой зоны на основе экспериментальных данных. Проведены расчеты по математическому моделированию волновых полей с большими базами наблюдений (до 500 км от источника) для модели Байкальской рифтовой зоны.

Продолжены исследования волновых вибросейсмических полей в связи с геодинамическими процессами в Байкальской рифтовой зоне и сопредельных районах Монголии. Подготовлена база данных проведения вибросейсмического мониторинга в южной и юго-восточной частях Прибайкалья на трассах виброзондирования Бабушкин – Тырган (105 км) и Бабушкин – Хурамша (67 км). База данных включает все вибрационные сейсмограммы за период 2003–2014 гг. Разработан алгоритм и программа коррекции сезонных вариаций сейсмограмм на основе преобразований их спектров с использованием базисного набора сейсмограмм по месяцам года.

Разработан новый высокоэффективный алгоритм обработки вибросейсмических сигналов на основе пространственно-временной фильтрации сигналов, зарегистрированных малыми сейсмическими группами. Алгоритм основан на веерной фильтрации, широко используемой в сейсморазведке для выделения волн в заданном интервале частот и кажущихся скоростей. При вибросейсмическом зондировании веерная фильтрация не нашла применения из-за низкого соотношения сигнал/шум и невозможности в связи с этим определить интервал кажущихся скоростей полезных волн $V_{k1} < V_k < V_{k2}$ на пространственно-временном спектре. Было предложено определять кажущиеся скорости методом регулируемого направленного приема (РНП), который обеспечивает хорошее соотношение сигнал/шум, но эффективен только для фиксированной скорости. При необходимости можно использовать дополнительное взвешивание сейсмотрасс методом, описанным в отчете лаборатории за 2014 г. Определив по суммоленте РНП необходимый интервал скоростей, применяем стандартный алгоритм веерной фильтрации.

На основе предложенного алгоритма разработано программное обеспечение и выделены основные сейсмические фазы на расстояниях до 500 км по данным вибросейсмических исследований литосферы Байкальской рифтовой зоны.

Выполнены исследования методами математического моделирования характеристик направленности подземной сейсмической группы (антенны) из 6 сейсморегистраторов с площадной апертурой 2,5 км на 0,5 км, развернутой в штольне БНО ИЯИ РАН в Приэльбрусье. Основное внимание уделялось исследованию погрешности определения гипоцентров локальных сейсмических событий в зависимости от расстояния и азимута относительно оси сейсмической группы и от погрешностей определения времен вступлений волн. При

выделении сейсмических волн локальных сейсмических событий методом корреляционного анализа определены коэффициенты взаимной корреляции участков *P*- и *S*-волн на различных компонентах сейсмоприемников сейсмической группы и времена вступлений. Анализ проводился в диапазоне частот 10–20 Гц после фильтрации сейсмотрасс. Для волны *P* коэффициенты взаимной корреляции лежат в пределах 0,87–0,97, для волны *S* эти значения составляют 0,91–0,99. Точность определения времен вступлений *P*- и *S*-волн составляет 0,01 сек. Это позволяет достаточно точно определить времена вступлений волн на различных сейсмоприемниках группы. С использованием разработанного программного обеспечения выполнен анализ взаимной корреляции микросейсмического шума на различных компонентах сейсмоприемников сейсмической группы. Значения коэффициентов корреляции шума между различными датчиками изменяются в пределах 0,12–0,27 с превышением максимального значения для нескольких компонент.

Выполнены исследования в рамках фундаментальной проблемы взаимосвязи разнородных геофизических полей – сейсмических, акустических, метеорологических – в приложении к прогнозированию геоэкологических рисков, обусловленных природно-техногенными взрывами. Выделены и проанализированы информативные факторы взаимосвязи полей, определяющие возрастание либо ослабление разрушительных эффектов от взрывов. Они положены в основу разрабатываемой многофакторной модели, интегрирующей процессы взаимодействия геофизических полей. В качестве основных инструментов решения проблемы используются численное моделирование и вибрационные геотехнологии. Выполнена большая серия натурных экспериментов, результаты которых будут способствовать уточнению модели и выявлению особенностей механизмов взаимосвязи полей.

Разработаны и проанализированы апостериорные вычислительные алгоритмы дискретной оптимизации, обеспечивающие в режиме постобработки (off-line) увеличение в задачах геофизического мониторинга точности измерения и выделения параметров волновых форм в шумах в сравнении с последовательными алгоритмами (on-line).

Выполнены исследования по разработке методов и средств прогнозирования чрезвычайных ситуаций и снижения рисков мощных техногенных и природных взрывов, являющихся одновременно мощными источниками инфранизкочастотных сейсмических колебаний в земле и акустических в атмосфере. Есть ряд природных факторов, которые наряду с фундаментальными факторами затухания акустических колебаний (геометрическим законом сферического расхождения волнового фронта, влиянием неоднородной атмосферы) приводят к дополнительному снижению уровней акустических колебаний и, тем самым, к уменьшению уровней экологических рисков разрушений. К числу таких факторов относятся снежный покров, лесные массивы, рельеф поверхности земли (горы, холмы) и др. Отличительная особенность решения задач состоит в том, что их поиск ведется в области инфранизких частот – области повышенных экологических рисков от малоизученных взрывов и природных катастроф. В рамках сформулированной проблемы предлагается решение фундаментальной задачи, направленной на поиск и анализ комплекса информативных снижающих факторов взаимодействия геофизических полей различной природы и определение их вклада в снижение экологических рисков для окружающей социальной инфраструктуры, обусловленных массовыми техногенными и природными взрывами.

Разработана база данных численного моделирования волновых полей на больших базах наблюдений в составе НИС "Активная сейсмология". База данных пополнена математическими моделями 2D скоростных разрезов и снимками волнового поля для Байкальской рифтовой зоны и Таманской грязевулканической провинции. База данных и файловый архив экспериментов поддерживались в актуальном состоянии.

Актуализирована база экспериментальных данных и электронная библиотека информационно-аналитической системы "Активная сейсмология". Выделены основные понятия предметной области (ПО) "Активная сейсмология", построенные на основе метапонятий онтологии научного знания, и установлены связи между ними для представления результатов, объектов и методов исследований. Введены новые классы понятий (Источник, Воздействие, Сенсор), характерные для данной области исследований и описывающие параметры сейсмического воздействия, источники сейсмических волн, сенсоры и их географическое местоположение. Разработанная классификация области является основой для обеспечения целостного представления знаний об активной сейсмологии и установления взаимосвязей между относящимися к этой науке событиями, объектами, результатами и методами исследования.

Проведена классификация разделов науки "Активная сейсмология" на основе анализа отечественных и зарубежных коллективных монографий по активной сейсмологии, рубрикаторов сайтов, тематических конференций, электронных библиотек научных организаций, работающих в ПО. Класс понятий "Раздел науки активной сейсмологии" отражает иерархию направлений научной деятельности. На основе разработанного классификатора выполнена реорганизация рубрикатора электронной библиотеки, входящей в состав информационно-аналитической системы "Активная сейсмология".

Результаты работ по проектам РФФИ

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.

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 разноскоростными 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".

Проект РФФИ №14-07-00518 "Создание и проведение исследований лазерно-информационной технологии дальней регистрации инфранизкочастотных акустических колебаний с применением прецизионных сейсмических вибраторов и лазерных измерительных линий".

Руководитель – д.т.н. Хайретдинов М. С.

Проект РФФИ № РФФИ №15-07-10120-к "Научный проект проведения экспериментального изучения процессов распространения и лучевого приема инфразвука с помощью лазерной измерительной линии и сейсмического вибратора".

Руководитель – д.т.н. Хайретдинов М. С.

В соответствии с предусмотренным на 2015 г. планом работ по обоим проектам решены следующие задачи. Совместно с Институтом лазерной физики СО РАН создан макет лазерно-информационной системы излучения, регистрации и обработки акустических колебаний сейсмических вибраторов с использованием лазерной измерительной линии. Проведены лабораторные эксперименты по моделированию процессов преобразования акустических колебаний от низкочастотных излучателей в параметры измерительных световых волн. Оценены характеристики волнового преобразования, уточнена его численная модель. Разработана методика проведения экспериментальных работ, проведены натурные эксперименты в республике Горный Алтай и на Быстровском полигоне по регистрации инфранизкочастотных колебаний от сейсмического вибратора ЦВ-40 с помощью акустических систем и приемной лазерной измерительной линии. Оценены параметры процессов взаимодействия внешних акустических и световых измерительных волн. Получены оценки эффективности алгоритмов и программ лучевого приема акустических колебаний от вибратора. Проанализировано влияние метеофакторов и состояния дневной поверхности Земли на распространение акустических волн.

Проект РФФИ № 14-07-00832-а "Научная информационная система для теоретических и экспериментальных исследований волновых полей в активной сейсмологии".

Руководитель – Григорюк А. П.

Разработан аналитический метод расчета сейсмических волновых полей в средах 2D геометрии, основанный на спектральных разложениях решения по пространственным и временным частотам. Проведены численные эксперименты по моделированию строения Монголо-Сибирского региона в зоне сочленения Байкальского рифта и Центрально-Азиатского подвижного пояса.

Разработан параллельный алгоритм и программное обеспечение для численного моделирования 3D сейсмических полей в неоднородных упругих средах. Создана математическая трехмерная модель строения верхней части грязевулканической структуры вулкана Карабетова гора и выполнено численное моделирование поля упругих волн.

Для синтетических сейсмограмм и снимков волнового поля, получаемых с помощью математического моделирования, разработаны дополнительные база данных и файловый архив информационно-вычислительной системы (ИВС), входящей в состав НИС "Активная сейсмология".

Разработана онтологическая модель представления знаний в предметной области "Активная сейсмология". Для систематизации научных знаний и информационных ресурсов ПО "Активная сейсмология" организован интернет-портал http://opg.sscc.ru/portal/, обеспечивающий содержательный доступ как к тем знаниям и информационным ресурсам, которые являются контентом НИС "Активная сейсмология", так и к тематическим ресурсам интернет-пространства. Проведена реорганизация электронной библиотеки (ЭБ) полнотекстовых статей НИС "Активная сейсмология". Рубрикатор ЭБ организован в соответствии с разработанной иерархией классов понятия онтологии "Разделы науки".

Российско-казахстанский проект НТП 04.03.02 "Создание методических основ геолого-геофизических исследований очаговых зон ПЯВ в магматических породах".

Руководители: чл.-корр. РАН Кабанихин С. И., д.т.н. Хайретдинов М. С., к.г.-м.н. Беляшев А. В.

Работы выполнялись в два этапа:

Этап 1. Создание параллельной вычислительной технологии для моделирования распространения упругих волн в неоднородных 2D средах и изучения структуры волнового поля.

Этап 2. Построение 2D геофизической модели, описывающей геометрию и строение упругой среды в месте проведения подземных ядерных испытаний.

Исполнители: Караваев Д. А., Воскобойникова Г. М., Якименко А. А., Криворотько О. И., к.ф.-м.н. Шишленин М. А.

Реализован программный инструментарий для гибридной вычислительной архитектуры в составе мультикластерной суперЭВМ НКС-30Т и высокопроизводительного GPU, включающий программы численного моделирования по конечно-разностной схеме. Основные функциональные особенности инструментария связаны с возможностями задания трехмерной модели упругой среды, содержащей неоднородности с различными параметрами упругости. Разработан построитель моделей, с помощью которого можно создавать сложные модели неоднородностей, близких к реальным включениям. Для создания физико-геологической модели подземного ядерного взрыва построена геометрия модели среды, содержащей основные зоны, образующиеся в результате испытания. Для исследования структуры волнового поля, образующегося в результате сейсмического просвечивания среды, выполнено численное моделирование для различных моделей кавернозной зоны. При этом изучалось влияние геометрии модели на структуру волнового поля неоднородной среды, содержащей каверну, с целью выделения отличительных свойств поля.

Экспедиционный грант СО РАН "Экспериментальные работы по изучению неоднородности строения земной коры, геодинамических процессов и проведение вибросейсмического мониторинга Байкальской сейсмоопасной зоны и Алтае-Саянского региона с использованием низкочастотных вибраторов, регистрация сейсмических и акустических полей от взрывов и вибраторов".

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

В полевой сезон 2015 г. проведены работы по регистрации волнового поля вибратора ЦВО-100, расположенного на Южно-Байкальском вибросейсмическом полигоне СО РАН (пос. Бабушкин), в направлении северо-восток от источника в районе южной оконечности Баргузинского хребта. Регистрация осуществлялась на профиле длиной 1,2 км на удалении 341 км от источника, азимут на источник составляет 234 град., а также регистратором, установленным на постаменте сейсмостанции Суво. В составе экспедиционного отряда работали специалисты ИВМиМГ СО РАН, Геологического института СО РАН, Бурятского филиала ГС СО РАН. Бурятский филиал ГС СО РАН обеспечил работу 100-тонного сейсмического вибратора, ИВМиМГ СО РАН и ГИН СО РАН – регистрацию вибросейсмических сигналов и обработку вибросейсмических данных, топографическую привязку точек излучения и регистрации по GPS. Накоплен файловый архив из 240 трасс волновых форм длиной 46800 с (18 МБ) каждая. Проведены экспедиционные работы и выполнены эксперименты по акустооптическому взаимодействию на инфранизких и низких частотах с применением сейсмического вибратора ЦВ-40, акустических излучателей, комплекса регистрации сейсмических и акустических колебаний, лазерной измерительной линии, научной метеостанции. Экспедиции состоялись на базе лазерного полигона "Кайтанак" Института лазерной физики СО РАН и Быстровского вибросейсмического полигона в период август – ноябрь 2015 г.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1.Воскобойникова Г. М., Хайретдинов М. С. Апостериорные алгоритмы для решения задач совместного обнаружения и оценивания сейсмических волн / СибЖИМ. 2015. Т. 18, № 4(64). С. 9–17. (*в базе РИНЦ*)

2.Брагинская Л. П., Григорюк А. П., Ковалевский В. В. Научная информационная система "Активная сейсмология" для комплексных геофизических исследований // Вестн. КРАУНЦ. Сер.: Науки о земле. 2015. № 1, вып. 25. С. 94–98. (*в базе РИНЦ*)

3.Karavaev D., Glinsky B., Kovalevsky V. A scalable parallel algorithm and software for 3D seismic simulation on clusters with Intel Xeon Phi coprocessors // Материалы Междунар. науч. конф. "Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании", Алматы, 24–27 сент. 2015 г. Вычислительные технологии. 2015. Т. 20; Вестн. КазНУ им. Аль-Фараби. 2015. № 3 (86). Ч. 1. С. 22–27.

4.Yakimenko A., Karavaev D., Belyashov A. Seismic fild simulation on high-performance computers in the problem of studying the consequences of underground nuclear tests // Там же. С. 61–68.

5.Yakimenko A., Grishchenko M. The experience of implementation of permutation tests using GPU // Там же. С. 69–76.

Зарубежные издания

1.Znak V. Towards a statistical adaptation of order filters for processing periodic and frequency-modulated signals using a graphical interface // Pattern Recognition and Image Analysis. 2015. Vol. 25, N 2. P. 281–290. (*в базе Scopus*)

2.Znak V. On statistical adapting the order filters for periodic signals processing under condition of preserving their waveform // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). 2014. Vol. 4, iss. 6, December. P. 173–177. (*в базе Scopus*)

3.Voskoboynikova G., Khairetdinov M. Numerical modeling of posteriori algorithms for geophysical monitoring // Proc. of the 8th Intern. conf. "Mathematical modeling of technological processes" (CITech 2015), Almaty (Kazakhstan), Sept. 24–27, 2015. Springer, 2015. Vol. 549. P. 190–200. (*в базе Scopus*)

Материалы международных конференций и совещаний

1.Khairetdinov M., Voskoboinikova G. M. The numerical modeling of a posteriori algorithms for the processing of a random wave impulse sequences // Proc. of the International Siberian conference on control and communications (SIBCON–2015), Omsk, May 21–23, 2015. [Electron. resource]. (*в базе Scopus*)

2. Kovalevsky V. V., Khairetdinov M. S., Yakimenko A. A., Grishchenko M. V. A computer information system for genetic data analysis on the basis of a permutation test / Proc. of the Intern. conf. on biomedical enginering and computational technologies "Sibircon/SibMedInfo", Novosibirck, Oct. 28–30, 2015. P. 4–5. (*в базах РИНЦ, Scopus*)

3.Znak V. I. On statistical adaptation of the order filters for periodic signals processing // Proc. of the 2015 Intern. conf. on testing and measurement: techniques and applications (TMTA2015), Phuket Island (Thailand), Jan. 16–17, 2015. CRC Press/Balkema, 2015. P. 373–376. ISBN: 978-1-138-02812-8 (Hardback); ISBN: 978-1-315-68493-2 (eBook PDF).

4.Якименко А. А., Караваев Д. А., Беляшов А. В. Моделирование сейсмических полей в задаче контроля и прогнозирования последствий подземных ядерных испытаний // Материалы 11-го Междунар. науч. конгр. "Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015"; Междунар.

науч. конф. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология". Новосибирск: СГУГиТ, 2015. Т. 1. С. 111–115. ISBN 978-5-87693-802-2. (*в базе РИНЦ*)

5. Woskoboynikova G. M., Venevsky S. V. Mud volcanoes and their impact to land and atmosphere (example of Taman Penninsula, Russia) // Proc. of the 1st Pan-Eurasian experiment (PEEX) conference and the 5 PEEX meeting, Helsinki, 2015. P. 485. Report series in aerosol science. № 163.

6.Белоносов А. С., Ковалевский В. В., Максимова А. Г., Галактионова А. А., Тагильцев И. И. Применение поляризационного анализа для локации сейсмических событий малой подземной сейсмической группой // Там же. С. 219–223. (*в базе РИНЦ*)

7.Воскобойникова Г. М., Хайретдинов М. С. Апостериорные алгоритмы в геофизическом мониторинге // Там же. С. 210–214. (*в базе РИНЦ*)

8.Ковалевский В. В., Тубанов Ц. А., Фатьянов А. Г., Брагинская Л. П., Григорюк А. П., Базаров А. Д. Вибросейсмические исследования на 500-км профиле Бабушкин, Байкал – Улан-Батор (Монголия) // Там же. С. 186–190. (*в базе РИНЦ*)

9.Ковалевский В. В., Брагинская Л. П., Григорюк А. П., Тубанов Ц. А., Базаров А. Д. Выделение медленных вариаций времен вступлений волн при коррекции сезонных изменений вибросейсмограмм // Там же. С. 180–185. (*в базе РИНЦ*)

10. Хайретдинов М. С., Воскобойникова Г. М., Седухина Г. Ф. Информативные факторы взаимодействия сопряженных полей в проблеме геофизического мониторинга // Там же. С. 120–124. (*в базе РИНЦ*)

11.Брагинская Л. П., Григорюк А. П., Загорулько Ю. А., Боровикова О. И. Онтологический подход к систематизации контента интернет-ресурса "Активная сейсмология" // Там же. С. 224–227. (*в базе РИНЦ*)

12.Karavaev D. A., Glinsky B. M., Kovalevsky V. V. A Technology of 3D elastic wave propagation simulation using hybrid supercomputers // Труды Междунар. конф. "Суперкомпьютерные дни в России", Москва, 28–29 сент. 2015 г. С. 26–33.

(*в базах Scopus*, *РИНЦ*)

13.Якименко А. А., Артеменко А. А., Вихман В. В., Нечистик М. Н., Терехина И. О., Грищенко М. В. Информационная система для удаленного доступа к программе перестановочного теста на суперэвм // Труды 11-й Междунар. Азиат. школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), 27 июля – 7 авг. 2015 г. С. 64–70.

14.Хайретдинов М. С., Матвеев И. Н. Организация сетевой архитектуры в задачах геофизического мониторинга // Там же. С. 645–651.

15.Якименко А. А., Грищенко М. В.. Развитие технологии перестановочного теста на гибридных суперЭВМ // Там же. С. 703–707.

16.Караваев Д. А., Куликов И. М., Якименко А. А. Масштабируемая параллельная реализация алгоритма 3D моделирования распространения сейсмических волн на гибридном кластере // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), 2015. С. 303–307. (*в базе РИНЦ*)

17.Брагинская Л. П., Григорюк А. П., Ковалевский В. В. Научный информационный интернет-ресурс "Активная сейсмология" // Там же. С. 135–139. (*в базе РИНЦ*)

18.Боровикова О. И., Брагинская Л. П., Загорулько Ю. А., Ковалевский В. В. Онтология предметной области "Активная сейсмология" // Материалы 5-й Всерос. конф. с международ-

ным участием "Знания – Онтологии – Теории" (ЗОНТ-2015), Новосибирск, 6–8 окт. 2015 г. С. 39–43. (*в базе РИНЦ*)

Прочие издания

1.Воскобойникова Г. М., Хайретдинов М. С. Апостериорные алгоритмы в решении задач геофизического мониторинга // Проблемы информатики. 2015. № 3 (28). С. 36–45. (*в базе РИНЦ*)

2.Воскобойникова Г. М., Хайретдинов М. С. Многопараметрическая задача оценивания геоэкологических рисков // В сб. "Экология. Экономика. Информатика". Т. 2: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Ростов н/Д: Б. и., 2015. С. 664–671.

3.Ефимов С. А. Новый метод обработки вибросейсмических данных // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 10(29). Ч. 3. С. 97–99.

4.Ефимов С. А. Исследование сейсмического шума как фактора деформации земной поверхности // Там же. С. 93–97.

5.Ефимов С. А. Способ повышения качества сейсмограмм при исследовании структуры земли вибросейсмическими методами // Там же. 2015. №10(41). Ч. 4. С. 93–96.

6.Брагинская Л. П., Григорюк А. П., Ковалевский В. В., Якименко А. А. Научная информационная система для теоретических и экспериментальных исследований волновых полей в активной сейсмологии // Материалы 3-й Байкальской молодежной научной конференции по геологии и геофизике, г. Улан-Уде, 25–29 авг. 2015 г. Улан-Удэ: Б. и., 2015. С. 308–311.

7.Тубанов Ц. А., Ковалевский В. В., Фатьянов А. Г., Брагинская Л. П., Григорюк А. П. Некоторые результаты глубинного сейсмического зондирования на 500-километровом профиле Бабушкин, Байкал – Улан-Батор (Монголия) // Там же. С. 372–375.

Участие в конференциях и совещаниях

1. Intern. conf. on testing and measurement: techniques and applications (TMTA2015), Phuket Island (Thailand), January 16–17, 2015 – 1 доклад (Знак В. И.).

2. The International Siberian conference on control and communications (SIBCON–2015), Omsk, May 21–23, 2015 – 1 доклад (Хайретдинов М. С., Воскобойникова Г. М.).

3. The Intern. conf. on biomedical enginering and computational technologies (Sibiricon/ SibMedInfo), Novosibirck, October 28–30, 2015 – 1 доклад (Ковалевский В. В., Хайретдинов М. С., Якименко А. А, Грищенко М. В.).

4. The 1st Pan-Eurasian experiment (PEEX) conference and the 5 PEEX meeting, Helsinki (Finland), February 6–16, 2015 – 1 доклад (Воскобойникова Г. М.).

5. Международная научная конференция "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология" в рамках 11-го Междунар. науч. конгр. "Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015", Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г. – 7 докладов (Якименко А. А., Караваев Д. А.; Ковалевский В. В.; Воскобойникова Г. М., Хайретдинов М. С., Брагинская Л. П., Григорюк А. П., Седухина Г. Ф.).

6. Международная конференция "Суперкомпьютерные дни в России", Москва, 28–29 сентября 2015 г. – 1 доклад (Караваев Д. А., Глинский Б. М., Ковалевский В. В.).

7. 11-я Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), 27 июля – 7 августа 2015 г. – 6 докладов, из них 1 приглашенный (Хайретдинов М. С., Матвеев И. Н.; Якименко А. А., Грищенко М. В., Воскобойникова Г. М., Седухина Г. Ф.; Ковалевский В. В.).

8. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 5 докладов (Караваев Д. А., Якименко А. А. Брагинская Л. П., Григорюк А. П., Ковалевский В. В., Хайретдинов М. С., Воскобойникова Г. М., Седухина Г. Ф., Куликов И. М.).

9. 5-я Всероссийская конференция с международным участием "Знания – Онтологии – Теории – 2015" (ЗОНТ–2015), Новосибирск, 6–8 октября 2015 г. – 1 доклад (Брагинская Л. П., Ковалевский В. В.).

10. The 8th International conference on mathematical modeling of technological processes "CITech 2015", Almaty (Kazakhstan), September 24–27, 2015 – 5 докладов (Караваев Д. А., Глинский Б. М., Ковалевский В. В., Якименко А. А., Грищенко М. В., Хайретдинов М. С., Воскобойникова Г. М., Седухина Г. Ф.).

11. 3-я Всероссийская конференция "Экология. Экономика. Информатика". Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем (САМЭС), пос. Дюрсо Краснодарского кр., 6–12 сентября 2015 г. – 1 доклад (Воскобойникова Г. М., Хайретдинов М. С.).

12. 7-я Международная молодежная научная школа-конференция "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г. – 1 приглашенный доклад (Хайретдинов М. С.).

13. 3-я Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике, 25–29 августа 2015 г. – 2 доклада, из них 1 пленарный (Брагинская Л. П., Григорюк А. П., Ковалевский В. В., Якименко А. А.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Ковалевский В. В.:

– зам. председателя оргкомитета международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

– член программного комитета 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), 27 июля – 7 августа 2015 г.,

– член программного комитета 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.;

2. Хайретдинов М. С.:

– член программного комитета 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), 27 июля – 7 августа 2015 г.,

– член программного комитета 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.;

3. Воскобойникова Г. М. – член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.

4. Иванова И. Н. – член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 4
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 14
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 5
Публикаций в зарубежных изданиях – 3
Публикаций в материалах международных конференций – 18
Публикаций в прочих изданиях – 7
Докладов на конференциях – 33
Участников оргкомитетов конференций – 7.

Кадровый состав

Ковалевский В. В.	зав.лаб.	д.т.н.
Хайретдинов М. С.	г.н.с.	д.т.н.
Знак В. И.	с.н.с., 0,5 ст.	к.т.н.
Григорюк А. П.	н.с.	
Ефимов С. А.	н.с., 0,5 ст.	
Седухина Г. Ф.	н.с.	
Воскобойникова Г. М.	н.с.	к.т.н.
Караваев Д. А.	н.с.	к.ф.-м.н.
Якименко А. А.	м.н.с.	к.т.н.
Борисов В. В.	ведущ. инженер	
Брагинская Л. П.	ведущ. программист	
Кайсина Н. В.	ведущ. инженер, 0,5 ст.	
Иванова И. Н.	ведущ. инженер	
Макаров В. А.	ведущ. инженер-электроник	

Караваев Д. А., Якименко А. А. – молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

Хайретдинов М. С. – зав. кафедрой, профессор НГТУ.
Воскобойникова Г. М. – ассистент НГТУ.
Якименко А. А. – доцент НГТУ.

Руководство аспирантами

1. Козин Д. С. – 1-й год, ИВМ и МГ, руководитель Хайретдинов М. С.
2. Мищенко П. В. – 3-й год, НГТУ, руководитель Хайретдинов М. С.

Руководство студентами

1. Матвеев И. Н. – 2-й курс магистратуры, НГТУ, руководитель Хайретдинов М. С.
2. Грищенко М. В. – 2-й курс магистратуры, НГТУ, руководитель Хайретдинов М. С.
3. Кокинос А. В. – 2-й курс магистратуры, НГТУ, руководитель Хайретдинов М. С.
4. Хасанайн али Аль-Маяали – 1-й курс магистратуры, НГТУ, руководитель Хайретдинов М. С.
5. Корнеев Е. М. – 1-й курс магистратуры, НГТУ, руководитель Хайретдинов М. С.
6. Солдаткин А. Р. – 1-й курс магистратуры, НГТУ, руководитель Хайретдинов М. С.
7. Чулунов А. И. – 1-й курс магистратуры, НГТУ, руководитель Хайретдинов М. С.
8. Герасимов В. К. – 1-й курс магистратуры, НГТУ, руководитель Хайретдинов М. С.

Лаборатория обработки изображений

Зав. лабораторией д.т.н. Пяткин В. П.

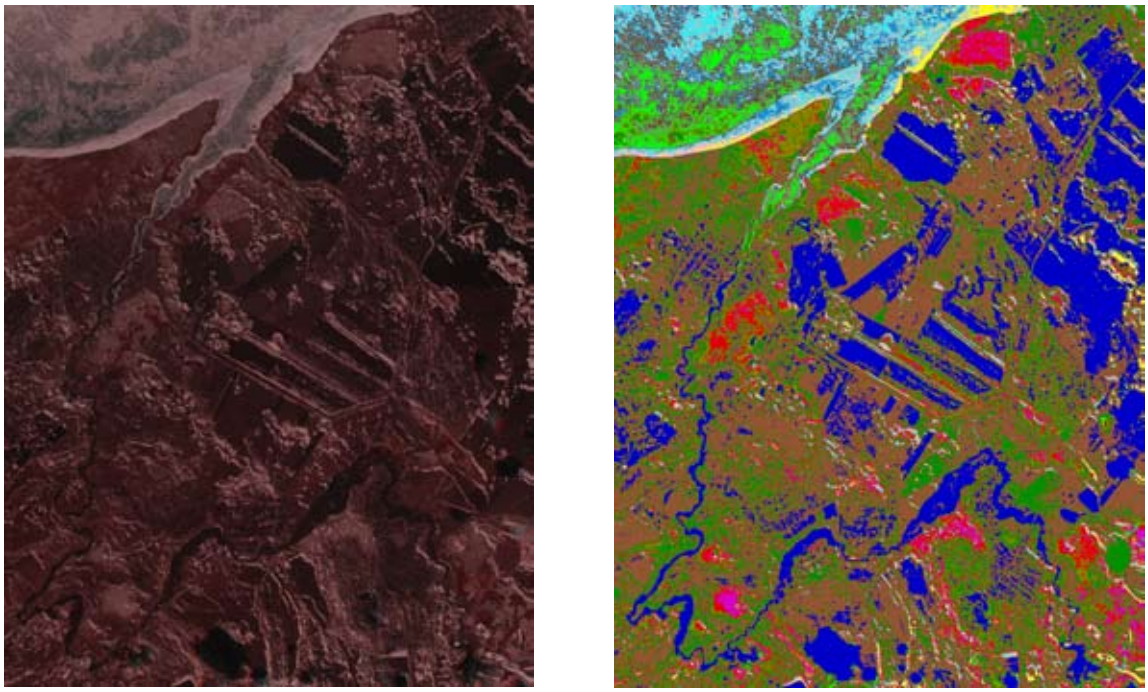
Важнейшие достижения

Новый алгоритм нечеткой контролируемой классификации по методу Вонга в обработке данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Предложен новый алгоритм нечеткой контролируемой классификации по методу Вонга в обработке данных ДЗЗ. Вонг изменил традиционный метод максимального правдоподобия путем предварительного вычисления нечетких сигнатур классов – нечетких векторов средних и нечетких ковариационных матриц. Затем степени нечеткого членства векторов в классах вычисляются путем применения к векторам процедуры максимального правдоподобия, использующей построенные нечеткие сигнатуры классов. В общем случае метод Вонга требует априорных знаний о членствах в классах векторов из обучающих выборок. В предложенном алгоритме для этого используются выходные данные нечеткой кластеризации методом С-средних.

К.т.н. Бучнев А. А.

а *б*



Водно-ледовая обстановка на реке Мильтюш (впадает в Обское водохранилище в районе с. Бурмистрово); апрель 2015 г., изображение ИСЗ "Канопус" (разрешение 10 м) (*а*); результат нечеткой классификации, выделялось 12 классов (*б*)

Результаты исследований опубликованы в работе

Бучнев А. А., Пяткин В. П. Нечеткая контролируемая классификация данных дистанционного зондирования Земли // Труды 11-го Междунар. научного конгресса и выставки "ИНТЕРЭКСПО ГЕО-Сибирь-2015". Т. 2. "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г. С. 67–70.

Результаты исследований докладывались на 11-м Международном научном конгрессе и выставке "ИНТЕРЭКСПО ГЕО-Сибирь-2015", Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.3.1.1 "Математическое моделирование, разработка новых численных методов, алгоритмов и программ для задач активной сейсмологии и дистанционного зондирования"

Номер государственной регистрации НИР 01201370226.

Руководители: д.т.н. Ковалевский В. В., д.т.н. Пяткин В. П.

Блок 2. Математическое моделирование, исследование и разработка новых численных методов, алгоритмов и программ обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на основе современных аппаратно-программных платформ с использованием распределенных и параллельных вычислений. Разработка распределенных высокопроизводительных технологий решения задач моделирования, обработки и интерпретации данных ДЗЗ с использованием удаленных многопроцессорных ЭВМ с различными архитектурами. Исследование, обоснование и реализация параллельных версий алгоритмов обработки данных ДЗЗ. Алгоритмы решения конкретных прикладных задач дистанционного зондирования. Разработка многоагентной базы данных мониторинга природных явлений. Представление результатов проекта для экспертной проверки на лабораторном Web-сервере**.**

Руководитель – д.т.н. Пяткин В. П.

Этап 2015 г. Разработка и реализация алгоритмов решения задач моделирования и обработки данных ДЗЗ на гибридных высокопроизводительных кластерах, оснащенных GPU. Исследование и разработка алгоритмов нечеткой контролируемой классификация данных ДЗЗ. Использование метода Гершберга – Папулиса для уменьшения неопределенности реконструкции, имеющейся вследствие неполноты данных по углу просвечивания. Разработка нового, более мощного последовательного непараметрического статистического критерия и соответствующей программы для скорейшего обнаружения в последовательности наблюдаемых зашумленных изображений движущихся малоразмерных объектов. Разработка алгоритма кластеризации, основанного на контексте, для текстурных данных. Разработка параллельных алгоритмов геометрической кластеризации для анализа трехмерной гистограммы на основе ее представления в виде четырехмерного рельефа.

Продолжены работы по разработке и реализации алгоритмов решения задач моделирования и обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на гибридных высокопроизводительных кластерах, оснащенных GPU. Актуальность выполненных исследований определяется отсутствием алгоритмов и программ автоматизированной обработки данных ДЗЗ в программном обеспечении ССКЦ и других суперкомпьютерных центров. На гибридном кластере НКС-30Т+GPU ССКЦ выполнено распараллеливание разработанных ранее в коллективе алгоритмов анализа и геометрических трансформаций космических снимков. Проведенные исследования являются частью решения задачи построения высокопроизводительных технологий обработки и анализа данных ДЗЗ на гетерогенных кластерах с GPU. Достигнуты высокие показатели ускорения вычислений при распараллеливании разработанных ранее в коллективе алгоритмов обработки и анализа данных ДЗЗ на гибридном кластере НКС-30Т+GPU ССКЦ.

Выполнены работы, связанные с использованием нечеткой контролируемой классификации методом Вонга в обработке данных ДЗЗ. (см. п. "Важнейшие достижения"). Включение реализации алгоритма Вонга в состав программного комплекса PlanetaMonitoring позволяет расширить возможности системы контролируемой классификации комплекса для построения карты тематических классов, учитывающей естественное смешение этих классов.

В настоящее время актуальной становится многоспектральная томография в условиях неполноты данных. Дополнительная информация появляется благодаря использованию новых спектральных диапазонов. В настоящее время ведется работа над привлечением методов оптимизации при обработке многоспектральной томографической информации в условиях неполноты данных в сочетании с традиционными итерационными алгоритмами. Для малого числа проекций получены хорошие результаты с использованием итерационного алгоритма Гершберга – Папулиса, разработанного и тестированного на Матлабе. Результатом исследований являются возникающие новые постановки задач по комплексированию данных различных спектральных диапазонов с целью улучшения пространственного разрешения. К новым задачам можно отнести оценку химического состава просвечиваемых объектов, что становится возможным при хорошем спектральном разрешении регистрации данных. Практическая ценность оценки химического состава состоит, например, в определении процентного содержания кальция в костной ткани, идентификации скопления вредных веществ в организме и наличия опасных веществ в просвечиваемом объекте.

В научной литературе большое внимание уделяется задачам обнаружения объектов, скрытых в шумах. При отсутствии полной априорной информации о наблюдаемых сигналах в точках области объекта и области фона, что часто случается на практике, последовательный критерий должен быть непараметрическим, т. е. основанным на статистиках. Поэтому (и не только) разработка эффективного последовательного непараметрического статистического критерия для задач обнаружения объектов является весьма важной проблемой. Разработаны два варианта последовательного непараметрического статистического критерия, основанные на недавно введенных новых непараметрических статистиках. Первый из них является, по сути, последовательной реализацией нового непараметрического статистического критерия, эквивалентного известному двухвыборочному непараметрическому критерию Вилкоксона. Второй представляет собой последовательную реализацию нового непараметрического статистического критерия, возиожно, более мощного, чем критерий Вилкоксона. Исследования будут продолжены.

Возможны различные подходы к математическому описанию текстуры данных ДЗЗ. На данном этапе выполнения проекта реализован подход к описанию текстуры, известный как контекст, по сравнению с ранее выполненными (по системе разностей в паре соседних точек Харалика, с использованием модельных признаков SAR) позволяющий быстрее вычислять эти признаки. Таким образом, можно не хранить их в виде заранее вычисленного файла на диске, а вычислять непосредственно в алгоритме кластеризации. Новый делимый иерархический алгоритм с заданием отделимости кластера применен для кластеризации текстурного изображения леса с текстурой, описанной как контекст. Отметим, что результаты кластеризации текстурных черно-белых аэроснимков лесных ландшафтов по контексту не уступают результатам аналогичной кластеризации по другим системам признаков и близки к результатам наземной таксации леса по типам и возрасту.

Продолжены работы над масштабируемой моделью рельефа. Разработаны компоненты параллельных алгоритмов геометрической кластеризации для анализа трехмерной гистограммы на основе ее представления в виде четырехмерного рельефа. Основной результат:

построена шкала высот единичного сегмента полидуги, обеспечивающей направленность алгоритма решения вариационной задачи для двухзвенной полидуги. Поддерживался сервер лаборатории, адрес в сети Интернет: http://loi.sscc.ru

Результаты работ по грантам РФФИ

Проект РФФИ № 13-07-00068 "Исследование и разработка алгоритмического и программного обеспечения обработки данных дистанционного зондирования Земли на основе современных аппаратно-программных платформ с использованием распределенных, параллельных и облачных вычислений".

Руководитель – д.т.н. Пяткин В. П.

Разработана облачная технология многоагентной базы данных мониторинга природных явлений. Исследована применимость графических ускорителей и современных вычислительных библиотек для них к решению задач обработки и моделирования данных ДЗЗ. Реализован макет облачного Web-сервиса по выделению линейных и кольцевых структур на космических изображениях. Разработаны и реализованы высокопроизводительные методы повышения качества дешифрирования данных ДЗЗ на основе нечеткой классификации. Разработаны и реализованы трехмерный алгоритм реконструкции для специализированных эмиссионных томографов в виде пары параллельных панелей с детекторами, алгоритм четырехмерной динамической медицинской томографии в условиях неполноты данных и неравномерности динамики отдельных органов с оптимизацией порядка обработки проекций, прямое и обратное конусное преобразование Радона с послойной сверткой для задачи моделирования комптоновского рассеяния в эмиссионной томографии. Разработаны новые, более мощные непараметрические статистические критерии и алгоритмы для задач обнаружения объектов на единичном зашумленном изображении и в последовательности зашумленных изображений. На базе нового делимого иерархического гистограммного кластерного алгоритма с заданием минимальной отделимости каждого кластера разработаны и реализованы алгоритмы автоматизированного распознавания данных ДЗЗ, автоматизации определения размера окна сбора текстурных статистик, оптимизации набора признаков. Поддерживался Web-сайт проекта по адресу http://loi.sscc.ru/lab/RFFI2013/RU/main13.htm. Представлен и принят итоговый отчет по проекту.

Результаты работ по научно-исследовательским программам, проектам Президиума РАН, ОМН РАН и Сибирского отведения РАН

Программа Президиума РАН № 43, проект № 32 "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.

Выполнение работ по проекту началось в 2014 г. при финансовой поддержке Программы РАН № 43 и было продолжено в 2015 г. в порядке личной инициативы, поскольку финансирование по программе не поступило. Результаты 2015 г по разделу 2 "Вычислительные технологии решения задач спутникового мониторинга Арктики" (руководитель д.т.н. Пяткин В. П.) частично отражены в статьях, опубликованных в 2015 г. со ссылкой на Программу (отмечены звездочкой в разделе Публикации).

ФЦП "Федеральная космическая программа России на 2006–2015 гг."

Проект в рамках хоздоговорных работ с Научно-исследовательский центром "Планета" (Москва) "Разработка новых и модификация существующих БРМ для целевой аппаратуры КА "Метеор-М" № 2-1".

Руководитель – д.т.н. Пяткин В. П.

Выполнялись работы по развитию созданного ранее ПО быстрого моделирования спутниковых измерений: выполнено обновление библиотеки RTTOV подсистемы быстрого моделирования до версии 11.2 (июнь 2014 г); построена быстрая модель измерений микроволнового сканера МТВЗА-ГЯ; добавлено моделирование излучательной способности океанской поверхности в микроволновом диапазоне FASTEM-5; добавлен учет сплошной непрозрачной серой облачности.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. *Салов Г. И. Новый непараметрический статистический критерий для задач с тремя выборками, более эффективный, чем критерий Уитни // Автометрия. 2015. Т. 51, № 2. С. 11–22. (*в базе РИНЦ*)
2. *Асмус В. В., Кровотынцев В. А., Пяткин В. П. Программные технологии в космическом мониторинге ледяного покрова Арктики // Журнал СФУ. Техника и Технология. 2015. Т. 8, № 6. С. 680–689. (*в базе РИНЦ*)
3. *Бучнев А. А., Пяткин В. П. Построение полей перемещений природных объектов по данным космических спутников // Там же. С. 701–705. (*в базе РИНЦ*)

Зарубежные издания

1. Pyatkin V. P., Rublev A. N., Rusin E. V., Uspenskii A. B. A fast radiative transfer model for hyperspectral IR satellite sounders // Pattern Recognition and Image Analysis. 2015. Vol. 25, N 3. P. 1–3. (*в базах РИНЦ, Scopus*)
2. *Kim P. A., Kalantaev P. A., Pyatkin V. P. Cloud multiagent system for the database of natural resources // Pattern Recognition and Image Analysis. 2015. Vol. 25, N 2. P. 220–222. (*в базах РИНЦ, Scopus*)
3. Kim P. A., Kalantaev P. A. Four-dimensional visualization // Pattern Recognition and Image Analysis. 2015. Vol. 25, N 4. P. 89–91. (*в базах РИНЦ, Scopus*)
4. *Sidorova V. S. Global segmentation of textural images on the basis of hierarchical clusterization by predetermined cluster separability // Ibid. N 3. P. 541–546. (*в базах РИНЦ, Scopus*)
5. Salov G. I. On the power of a new statistical test and two-sample Wilcoxon test // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2014. V. 50, iss. 1, January. P. 36–48. (не вошла в отчет 2014 г.). (*в базе Scopus*)
6. Salov G. I. A new three-sample nonparametric statistical test with its special case equivalent to the Whitney test // Numerical Analysis and Applications. 2014. V. 7, iss. 4. October. P. 328–335. (не вошла в отчет 2014 г.). (*в базе Scopus*)
7. Getling A. V., Ishikawa R., Buchnev A. A. Doubts about the crucial role of the rising-tube mechanismin the formation of sunspot groups // Adv. Space Res. 2015. Vol. 55, iss. 3. February. P. 862–870. DOI:10.1016/j.asr.2014.07.024 (*в базе Web of Science*)

8. Rusin E., Pyatkin V., Kozlov A., Rublev A., Uspensky A., Polyakov A., Virolainen Ya., Timofeyev Yu. Fast radiative transfer model for hyperspectral Meteor-M data simulation // GSICS Quarterly: Fall Issue 2015. Vol. 9, N 3. P. 5–7. [Electron. resource]. http://docs.lib.noaa.gov/noaa_documents/NESDIS/GSICS_quarterly/v9_no3_2015.pdf. DOI: 10.7289/V54J0C3R.

Материалы международных конференций и совещаний

1. *Асмус В. В., Бучнев А. А., Пяткин В. П. Кластерный анализ в обработке данных дистанционного зондирования Земли // Труды 11-го Междунар. научного конгресса и выставки "ИНТЕРЭКСПО ГЕО-Сибирь-2015", Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г. С. 71–78. (*в базе РИНЦ*)

2. *Бучнев А. А., Пяткин В. П. Нечеткая контролируемая классификация данных дистанционного зондирования Земли // Там же. С. 67–70. (*в базе РИНЦ*)

3. Пяткин В. П., Салов Г. И. Обнаружение полыней // Там же. С. 77–82. (*в базе РИНЦ*)

4. *Сидорова В. С. Детальность кластеризации и сокращение размерности пространства спектральных признаков данных ДЗЗ // Там же. С. 83–87. (*в базе РИНЦ*)

5. *Асмус В. В., Бучнев А. А., Пяткин В. П. Жесткая и нечеткая кластеризация данных дистанционного зондирования Земли // Материалы 2-й Междунар. науч. конф. "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли", Красноярск, 22–25 сент. 2015 г. С. 3–7.

6. *Сидорова В. С. Гистограммная кластеризация данных дистанционного зондирования // Там же. С. 213-217.

7. Ким П. А. 4D камера-обскура (часть 2) // Труды конференции по науке и технологиям СНГ – Корея 2015, посвященной 25-й годовщине дипломатических отношений между Россией и Республикой Корея, Москва, 19–21 июля 2015 г. С. 196–198.

Патентные документы

2. Пат. 2541274 РФ. Устройство моделирования замкнутой полидуги / Ким П. А.; патентообладатель Новосибирский государственный педагогический университет; опубл.: 10.02.2015, Бюл. № 4.

3. Пат. 2543604 РФ. Щелевая камера обскура / Ким П. А.; патентообладатель Новосибирский государственный педагогический университет; опубл. 10.03.2015, Бюл. № 7.

Сдано в печать

1. Сидорова В. С. Выбор размерности и детальности данных дистанционного зондирования Земли при кластеризации гистограммным иерархическим алгоритмом // Труды Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики – 2015", Новосибирск, 2015. ISBN 978-5-9905347-2-8. С. 664–670.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

1. *Свидетельство № 2015612098 РФ. Программа контролируемой классификации данных дистанционного зондирования Земли IMAX : свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / Асмус В. В., Бучнев А. А., Пяткин В. П., Кровотынцев В. А.; правообладатели: ИВМиМГ СО РАН и ФГБУ "НИЦ "Планета"; зарег. 12.02.2015.

2. Свидетельство № 2015662222 РФ. Программа корреляционного анализа данных дистанционного зондирования Земли DECORRF : свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / Асмус В. В., Бучнев А. А., Пяткин В. П., Кровотынцев В. А.; правообладатели: ИВМиМГ СО РАН и ФГБУ "НИЦ "Планета"; зарег. 19.11.2015.

3. Свидетельство № 2015662037 РФ. Программа кластеризации данных дистанционного зондирования Земли методом К-средних KMEAN : свидетельство об официальной реги-

страции программы для ЭВМ / Асмус В. В., Бучнев А. А., Пяткин В. П., Кровотынцев В. А.; правообладатели: ИВМиМГ СО РАН и ФГБУ "НИЦ "Планета"; зарег. 16.11. 2015 г.

4. Программа кластеризации данных дистанционного зондирования Земли методом анализа мод многомерной гистограммы ТАВН / Асмус В. В., Бучнев А. А., Пяткин В. П. , Кровотынцев В. А. // № 2015662093 от 17 ноября 2015 г.

5. Программа построения векторных полей пространственных перемещений природных объектов по серии спутниковых снимков на основе корреляционно-экстремального анализа MOTION / Асмус В. В., Бучнев А. А., Пяткин В. П., Кровотынцев В. А. // № 2015662891 от 7 декабря 2015 г.

6. Программа выделения линеаментов и кольцевых структур на аэрокосмических изображениях LINECOIL / Асмус В. В., Бучнев А. А., Пяткин В. П., Кровотынцев В. А., Салов Г. И. // № 2015663473 от 18 декабря 2015 г.

Участие в конференциях и совещаниях

1. 11-й Международный научный конгресс и выставка "ИНТЕРЭКСПО ГЕО-Сибирь-2015". Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г. – 4 доклада, из них 1 пленарный (Пяткин В. П., Бучнев А. А., Салов Г. И., Сидорова В. С.).

2. Конференция по науке и технологиям СНГ – Корея 2015, посвященная 25-й годовщине дипломатических отношений между Россией и Республикой Корея, Москва, 19–21 июля 2015 г. – 1 доклад (Ким П. А.).

3. Международная конференция "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли". Красноярск, 22–25 сентября 2015 г. – 2 доклада, из них 1 пленарный (Бучнев А. А., Сидорова В. С.).

4. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АМСА-2015), Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 4 доклада (Бучнев А. А., Казанцев И. Г., Салов Г. И., Сидорова В. С).

5. Международный научный семинар по обратным и некорректно поставленным задачам, Москва, 19–21 ноября 2015 г. – 1 доклад (Казанцев И. Г.).

6. International conference "Applied Inverse Problems", Helsinki (Finland), May 25–29, 2015 – 1 доклад (Казанцев И. Г.).

Участие в оргкомитетах российских и международных конференций

1. Пяткин В. П.

– руководитель секции Международного конгресса "ГЕО-Сибирь-2015";

– член программного комитета Международной конференции "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли РПДЗЗ-2015".

2. Русин Е. В. – секретарь секции Международного конгресса "ГЕО-Сибирь-2015".

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 1
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 6
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 11
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 3
Публикаций в зарубежных изданиях – 8
Публикаций в материалах международных конференций – 7

Свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ – 6
Патентных документов – 2
Докладов на конференциях – 13 , в том числе 2 пленарных.
Участников оргкомитетов конференций – 3.

Международные научные связи

С.н.с. д.ф.-м.н., Казанцев И. Г. – научная работа в Датском техническом университете, факультет прикладной математики и информатики, группа томографии и обработки изображений, Копенгаген (Дания), январь – июнь 2015 г.

Кадровый состав лаборатории

1.	Пяткин В. П.	зав. лаб.	д.т.н.
2.	Бучнев А. А.	с.н.с.	к.т.н.
3.	Казанцев И. Г.	с.н.с.	д.ф.-м.н.
4.	Ким П. А.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
5.	Русин Е. В.	с.н.с.	к.т.н.
6.	Салов Г. И.	с.н.с.	к.т.н.
7.	Сидорова В. С.	н.с.	
8.	Калашникова Е. Г.	ведущ. инженер	
9.	Карогодина Т. И.	ведущ. инженер	
10.	Сидоренко М. А.	ведущ. инженер	
11.	Соколов А. М.	инженер-программист	

Соколов А. М. – молодой научный сотрудник.

Педагогическая деятельность

Пяткин В. П. – профессор СГУГиТ.
Ким П. А. – доцент НГПУ.

Руководство аспирантами и студентами

Соколов А. М. – аспирант ИВМиМГ СО РАН, 3-й год, руководитель Ким П. А.

Защита диссертаций

Казанцев И. Г. Численные и геометрические метолы математического моделирования в многомерных задачах томографии и обработки изображений. Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 . Диплом ДНД № 000533. Решение ВАК об утверждении от 18 февраля 2015 г. № 147 /нк-9.

Лаборатория системного моделирования

Зав. лабораторией к.т.н. Забиняко Г. И.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.3.1.4. "Развитие теории и разработка математических моделей и методов мониторинга, анализа и оптимизации инфокоммуникационных систем".

Руководители проекта: к.т.н. Бредихин С. В., к.т.н. Забиняко Г. И., д.т.н. Родионов А. С.

В 2015 г. продолжены работы по развитию параллельных эволюционных методов дискретной оптимизации, построению моделей календарного планирования и разработке алгоритмов и программ решения задач математического программирования.

Рассмотрена задача построения больших циркулянтных сетей, т. е. циркулянтных сетей (графов, структур), имеющих наибольшее число вершин при заданных степени вершин и диаметре. Данная задача является вариантом известной классической задачи "Degree/Diameter problem". Представлены результаты синтеза оптимальных больших циркулянтных сетей как класса графотеоретических моделей инфокоммуникационных сетей, полученные с помощью аналитических методов синтеза. Предложен параллельный алгоритм эволюционного синтеза для задачи построения больших циркулянтных сетей. Проведены вычислительные эксперименты на суперкомпьютерных центрах ССКЦ и НГУ, получено линейное ускорение для предложенного алгоритма с коэффициентом эффективности 0,93. Найдены новые циркулянтные сети, улучшающие порядки самых больших циркулянтов из таблицы рекордных значений в 28 случаях из 63 для различных степеней и диаметров, которые известны в настоящее время по зарубежным источникам.

К.т.н. Монахов О. Г., к.т.н. Монахова Э. А.

Рассмотрена задача построения оптимальной структуры инженерных сетей и поиска трасс прокладки физических линий, обеспечивающих минимальную суммарную стоимость строительства и эксплуатации инженерных сетей. Приведена математическая постановка задачи оптимизации структуры инженерных сетей и выведена целевая функция для минимизации затрат. Показана связь данной задачи с классической задачей Штейнера. Для решения поставленной задачи предложен метод дифференциальной эволюции. Проведены вычислительные эксперименты на цифровых картах реальной местности и получены оценки эффективности, показывающие преимущества предложенного подхода.

К.т.н. Монахов О. Г., к.т.н. Монахова Э. А., к.т.н. Токтошов Г. Ы.

Предложена модель решения задач построения объемных и календарных планов дискретно-непрерывного производства. В сравнении с известными многоуровневыми задачами планирования эта модель точнее описывает исходные ресурсно-временные условия, позволяет решать практические задачи управления предприятиями большой размерности.

К.э.н. Ляхов О. А.

Продолжены разработки алгоритмов и программного обеспечения для решения задач математического программирования. Предложен и реализован алгоритм решения задачи минимизации невыпуклой квадратичной функции на шаре. Алгоритм позволяет свести данную задачу к последовательности задач минимизации выпуклых мажорант целевой функции на шаре. Для построения мажорант используются представление целевой функции в

виде разности двух выпуклых квадратичных функций и результат решения на предыдущем шаге. Представление целевой функции в виде разности двух выпуклых функций базируется на модифицированной процедуре факторизации Холесского симметричной знакопеременной матрицы. Численные эксперименты, с помощью которых тестировалось программное обеспечение алгоритма, проводились на большом наборе задач различных размерностей. Тестирование показало высокую надежность алгоритма. Разрабатывается алгоритм решения задачи минимизации d.c.-функций, т. е. функций, представленных в виде разности двух выпуклых функций, на выпуклом компактном множестве.

Проведен анализ различных алгоритмов обновления LU-разложения базисных матриц в модифицированном симплекс-методе. Надежность и эффективность модифицированного симплекс-метода существенно зависят от способа обновления. Алгоритмы обновления различаются по численной устойчивости, заполненности мультипликативного представления LU-разложения, сложности реализации, возможности векторизации вычислений на современных вычислительных системах. Проведен сравнительный анализ алгоритмов обновления LU-разложения на основе решения тестовых задач из набора NETLIB.

К.т.н. Забиняко Г. И., Котельников Е. А.

Проект РФФИ № 14-01-00031. "Разработка и исследование методов эволюционного синтеза нелинейных математических моделей на основе темплейтов с реализацией на супер-ЭВМ"

Руководитель – к.т.н. Монахов О. Г.

Проведена разработка методов эволюционного синтеза нелинейных математических моделей, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных, включая 1) разработку и исследование темплейтов для представления нелинейных математических моделей, 2) разработку оригинальных методов спецификации и представления данных для этих темплейтов, 3) разработку критериев отбора лучших решений для эволюционных алгоритмов синтеза. Разрабатываемый подход применен для синтеза уравнения Кортевéга – де Фри́за – нелинейного уравнения в частных производных третьего порядка, играющего важную роль в теории нелинейных волн; уравнения Клеро – уравнения в частных производных первого порядка; волнового уравнения – уравнения в частных производных второго порядка с одной пространственной переменной. Получены оценки влияния характеристик темплейтов, таких как степень специализации темплейта и количество неопределенных операторов в нем, на показатели эффективности эволюционного алгоритма синтеза для рассматриваемого типа моделей. Предложенный подход с использованием темплейтов позволил сократить время поиска аналитических описаний нелинейных математических моделей на основе уравнений в частных производных.

Проект РФФИ № 14-01-92694-инд. "Гибридные биоинспирированные алгоритмы для оптимизационных задач в финансовой математике".

Руководитель проекта – к.т.н. Монахов О. Г.

Разработан подход для оптимизации управления портфелями инвестиций и стратегий биржевой торговли, основанный на индикаторах финансовых и товарных рынков и эволюционных вычислениях. Реализован алгоритм дифференциальной эволюции с использованием темплейтов, который был применен для автоматизации поиска оптимальных параметров торговых стратегий и управления портфелями инвестиций с точки зрения максимизации показателей доходности на основе реальных данных, полученных для индийского и российского финансовых рынков.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Забиняко Г. И. Алгоритм симплекс-метода с использованием двойного базиса // СибЖВМ. 2015. Т. 18, № 4. С. 349–359. DOI: 10.15372/SJNM20150401. (*в базе Scopus*)

2. Котельников Е. А. Невыпуклая минимизация квадратичной функции на шаре // СибЖВМ. 2015. Т. 18, № 2. С. 163–176. DOI: 10.15372/SJNM20150205. (*в базе Scopus*)

3. Монахова Э. А., Монахов О. Г. Поиск рекордных циркулянтных графов с использованием параллельного генетического алгоритма // Дискретный анализ и исследование операций. Т. 22, № 6. 2015. С. 29–39. (*в базе Scopus*)

4. Монахов О. Г., Монахова Э. А., Токтошов Г. Ы. Алгоритм дифференциальной эволюции в задачах оптимизации маршрутов прокладки инженерных сетей // Наука и образование. 2015. № 9. С. 135–144. DOI: 10.7463/0915.0800020. (*в базе РИНЦ*)

Зарубежные издания

1. Zaheer H., Pant M., Kumar S., Monakhov O., Monakhova E., Deep K. A new guiding force strategy for differential evolution // International Journal of System Assurance Engineering and Management. 2015. Vol. 6. P. 1–14. DOI: 10.1007/s13198-014-0322-6. *(в базе Scopus*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Забиняко Г. И. Вычислительные эксперименты по сопоставлению эффективности LU-обновлений в алгоритмах симплекс-метода // Труды Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 266–271. (*в базе РИНЦ*)

2. Ляхов О. А. Труды 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), 27 июля – 7 авг., 2015 г. Ч. 2. С. 432–439.

3. Монахов О. Г., Монахова Э. А. Параллельные алгоритмы эволюционного синтеза больших циркулянтных сетей с реализацией на суперЭВМ // Труды Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 501–505. (*в базе РИНЦ*)

4. Монахов О. Г., Монахова Э. А., Токтошов Г. Ы. Применение алгоритма дифференциальной эволюции для синтеза оптимальной структуры инженерных сетей // Труды 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), 27 июля – 7 августа 2015 г. Ч. 2. С. 458–463.

5. Монахов О. Г., Монахова Э. А., Токтошов Г. Ы. Эволюционный подход к решению задач оптимизации маршрутов прокладки инженерных сетей // Труды Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 506–510. (*в базе РИНЦ*)

6. Zaheer H, Pant M, Monakhov O, Monakhova E. Solving a real life portfolio optimization problem: A differential evaluation approach // The 11th Intern. conf. on innovation and business management (ICIBM-15), Haridwar (India), June 20–21, 2015. P. 435–444.

7. Токтошов Г. Ы. Об оптимизации инженерных сетей крупных городов // 12-я Международная научно-практическая конференция "Современные концепции научных исследований", Москва, 27–28 марта 2015 г. Ч. 5. С. 16–19.

8. Токтошов Г. Ы. Методы эволюционного синтеза для решения задач оптимизации сетей инженерных коммуникаций // Труды 2-й Международной конференции "Проблемы управления и информационных технологий", Бишкек, 25–26 сент. 2015 г. С. 183–192.

Свидетельства о регистрации в ФАП СО РАН

1. Забиняко Г. И. Программа решения задач о покрытии множеств / Свидетельство о регистрации в ФАП СО РАН PR15013 от 14.03.2015.

2. Ляхов О. А. Программный комплекс построения целочисленных моделей календарного планирования проектов / Свидетельство о регистрации в ФАП СО РАН PR15007 от 16.06.2015.

Прочие издания

1. Токтошов Г. Ы**.** Вопросы об организации инфраструктуры мегаполиса // Проблемы информатики. 2015, № 1(26). С. 65–72.

2. Токтошов Г. Ы. Системный подход к оптимизации сетевой инфраструктуры мегаполиса // Материалы Всероссийской научно-технической конференции "Обработка информации и математическое моделирование", Новосибирск, 22–24 апр. 2015 г. С. 308–313.

3. Жусупбаев А. Ж., Токтошов Г. Ы. Об одной задаче размещения элементов инженерных коммуникаций // Там же. С. 314–320.

Участие в конференциях

1. 11-я Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), 27 июля – 7 августа 2015 г. –2 доклада (Ляхов О. А, Монахов О. Г., Монахова Э. А., Токтошов Г. Ы.).

2. 6-я Международная конференция "Проблемы оптимизации и экономические приложения", Омск, 28 июня – 4 июля 2015 г. – 3 доклада (Ляхов О. А., Токтошов Г. Ы.).

3. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 4 доклада (Ляхов О. А, Забиняко Г. И. ,Монахов О. Г., Монахова Э. А. , Токтошов Г. Ы.).

4. 12-я Международная научно-практическая конференция "Современные концепции научных исследований", Москва, 27–28 марта 2015 г. – 1 доклад (Токтошов Г. Ы.) .

5. 2-я Международная конференция "Проблемы управления и информационных технологий", Бишкек, 25–26 сентября 2015 г. С. 183–192 – 1 доклад (Токтошов Г. Ы.) .

Участие в оргкомитетах российских и международных конференций

Токтошов Г. Ы. – сопредседатель оргкомитета 11-й Международной азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Кыргызская Республика, Иссык-Куль, 27 июля – 7 августа 2015 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 3
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 4
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 4

Публикаций в зарубежных изданиях – 1
Публикаций в материалы международных конференций – 8
Свидетельств о регистрации программ и баз данных в ФАП СО РАН – 2
Публикаций в прочих изданиях – 3
Докладов на конференциях – 11
Участников оргкомитетов конференций – 1.

Кадровый состав

1. Забиняко Г. И.	зав.лаб.	к.т.н.
2. Монахов О. Г.	в.н.с.	к.т.н.
3. Монахова Э. А.	с.н.с.	к.т.н.
4. Ляхов О. А.	н.с.	к.э.н.
5. Котельников Е. А.	с.н.с.	
6. Токтошов Г. Ы.	м.н.с.	к.т.н.
7. Марусина О. А.	техник.	

Лаборатория прикладных систем

Зав. лабораторией к.т.н. С. В. Бредихин

Важнейшие достижения

Генерация псевдо-случайных UDG-графов (Unit Disk Graphs) для повышения эффективности имитационного моделирования современных беспроводных сетей

Разработан эффективный метод генерации псевдослучайных UDG-графов с наперед заданными свойствами. Генератор предназначен для моделирования беспроводных технологий (беспроводных сенсорных сетей, ad hoc-сетей, когнитивного радио и др.), где в качестве математической модели топологии сети передачи данных используются UDG-графы. В основе подхода лежит разбиение области покрытия сети на подобласти, площадь которых зависит от радиуса передачи узла, и процедуры распределения сенсоров по подобластям, гарантирующей выполнение заданных свойств топологии. Предложенный генератор превосходит существующие аналоги как по производительности, так и по качеству генерируемых топологий, что позволяет более эффективно моделировать сети и проводить их анализ (например, исследовать действия атак на беспроводную сеть).

К.ф.-м.н. Юргенсон А. Н., к.т.н. Соколова О. Д., к.ф.-м.н. Шахов В. В.

Результаты исследований опубликованы в работе

Shakhov V., Sokolova O., Yurgenson A. A fast method for network topology generating // Springer Lecture Notes in Computer Science. 2014. Vol. 8715. P. 96–101.

Результаты исследований докладывались на конференциях:

1. 11-я Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Киргизия, июль 2015 г.
2. 7th International workshop "MACOM 2014", Halmstad (Sweden), August 27–28, 2014.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.3.1.4. "Развитие теории и разработка математических моделей и методов мониторинга, анализа и оптимизации систем сетевой структуры".

Номер государственной регистрации НИР 01201370228.

Раздел 1. "Исследование и разработка математического аппарата и программной среды для решения задач анализа и синтеза систем информатики".

Руководитель – к.т.н. Бредихин С. В.

В лаборатории ведутся работы по исследованию параметров информационных систем, имеющих распределенную сетевую структуру. Одна из таких задач – определение "центральных" элементов системы. В рамках этой проблемы решены задачи ранжирования элементов коллекции периодических изданий распределенной библиографической базы данных. Решение сводится к обоснованию и определению соответствующих метрик, извлечению представительного массива "сырых" данных. Строится модель измерений и осуществляются необходимые преобразования. Для этого используются аппарат теории графов и механизмы матричных вычислений.

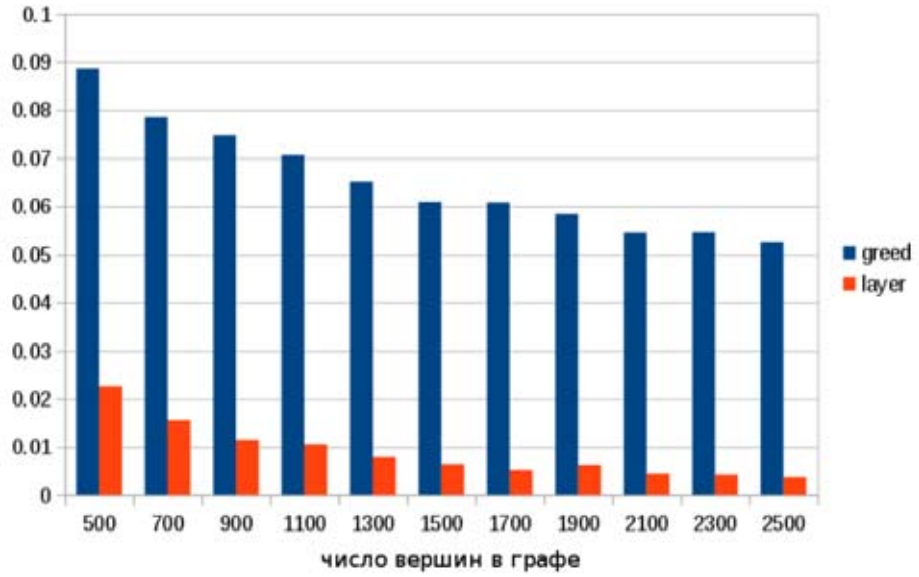
Проведен анализ системы аксиом, определяющих базовые свойства меры центральности комплексных сетей. Результаты анализа позволяют судить о способе выявления "важных"

узлов сети. Анализ базируется на предположении, что при изоморфизме сетевой структуры соответствующие вершины должны иметь одно и то же значение меры центральности. Основной интерес представляют аксиомы монотонности о поведении меры в случае изменения одного из параметров графа, а также флуктуации значения меры центральности вершины при добавлении ребра, инцидентного вершине, в случае, если это произвольная вершина или вершина, принадлежащая центру графа. Результаты анализа позволяют судить о том, что одним набором аксиом не удается описать не только все известные меры центральности, но даже и определенный тип таких мер, например меры центральности геометрического типа, основанные на понятии дистанции.

Меры центральности рассмотрены с точки зрения концептуальной и графо-теоретической основы, поскольку наличие большого чтсла определений меры центральности связано с неоднозначностью самого понятия центральности. Используемый подход позволяет изучать меру центральности с точки зрения вовлеченности узла в структуру маршрутов сети. Представлены два способа классификации мер центральности акторов сети. Первый – с точки зрения конкурирующих гипотез об отношении между структурными свойствами сети и поведением акторов. Второй – с точки зрения особенностей вычисления меры, отражающих вовлеченность узла в структуру сетевых маршрутов. Меры различаются по четырем ключевым измерениям: позиция на маршруте, тип маршрута, свойства маршрута и выбор способа суммирования в матрице смежности. В одних случаях нужно оценить риск своевременной доставки, тогда предпочтительнее использовать меры, учитывающие длину маршрута, а если рассматривается целостность объема, то меры объема (свойства маршрута). Разница между радиальными и медиальными мерами (позиция на маршруте) более существенна. Они вместе оценивают вовлеченность узла в коммуникации, дополняя друг друга. Вне рассмотрения остались алгоритмы вычисления мер центральности, которые зачастую имеют большую вычислительную сложность. Так, меры, основанные на кратчайших путях, в общем случае имеют сложность $O(n^3)$, что препятствует их использованию в больших реальных сетях.

Предложено решение задачи ранжирования научных публикаций на основании данных о цитировании. Изучены параметры сети коцитирования, отражающей взаимные связи публикаций из коллекции распределенной библиографической базы данных RePEc. Построена графовая модель сети цитирования, акторами (узлами) которой являются научные статьи, а связи между узлами основаны на цитировании. На множестве вершин взвешенного графа коцитирования для ненормированного и нормированного случаев вычислено значение меры "центральность по посредничеству". Для вычисления значения меры применен эффективный подход Брандеса. Выполнено ранжирование коллекции публикаций на основе этой меры. Показано влияние способов фильтрации данных на результаты ранжирования.

Рассмотрена модель клеточного автомата (СА) для моделирования организации движения на перекрестке и основной дороге, согласно заданному набору условий проезда перекрестка (знаки приоритета, разрешенные направления движения). Определена структура $CA = <A;R;X;T>$, где $A = \{0; 1\}$ – множество состояний клетки; R – множество правил изменения или сохранения прежнего состояния для каждой клетки автомата в зависимости от ее расположения; $X = \{1; 2,\ldots, a\}$ – множество транспортных средств; T – множество тактов времени. Таким образом, каждый CA имеет свой набор правил, и эти правила тем сложнее, чем больше конфликтных направлений, определенных входным набором правил проезда перекрестка, могут использовать данную клетку. Каждая клетка либо пуста, либо содержит объект (например, автомобиль). На перекрестке необходимо определить принадлежность



Воздействие атаки "Black Hole"

двух смежных непустых клеток одному объекту. Правила всех клеток имеют общий вид: если клетка не пуста, проверяются важные клетки, и в случае выполнения условий объект убирается из текущей клетки и помещается в следующие.

Разработана и построена формализованная схема работы клеточных автоматов для перекрестка. Полученная модель удовлетворяет правилам дорожного движения в идеальных условиях, когда все объекты движутся с фиксированной скоростью и все водители соблюдают правила. Для визуализации модели на разных шагах итерации используется графический интерфейс, созданный с использованием библиотеки.

Разработан метод генерации псевдослучайных UDG-графов (Unit Disk Graphs) с наперед заданными свойствами. Генератор может применяться в имитационном моделировании беспроводных технологий, где в качестве математической модели топологии сети передачи данных используются UDG-графы. Смоделированные графы могут использоваться для анализа функционирования современных сетей передачи данных. Например, рассматривались задачи оценки защищенности сенсорных сетей, вопросы моделирования атак в беспроводных сенсорных сетях. Исследовано воздействие атаки "Black Hole" на дерево передачи данных.

На рисунке для деревьев с числом вершин от 500 до 2500 показана доля вершин, подвергшихся атаке (по оси $0X$ – общее число вершин в дереве, по оси $0Y$ – среднее число вершин, подвергшихся атаке, деленное на общее число вершин в графе). Дерево передачи данных построено двумя способами: Greed (жадный алгоритм) и Layer (вершины присоединяются к предыдущему "слою"). Сравнительные результаты показывают, что дерево Layer более устойчиво к атаке "Black Hole".

В рамках разработанной ранее информационной системы для формализации и представления знаний в области активной сейсмологии велись работы по модернизации этой системы. Основные функции ИС, реализованные на первом этапе: единая категоризация всех видов содержимого, разграничение доступа пользователей к отдельным функциям системы на основе ролей, поддержка XML-форматов (вывод документов в RDF, агрегация материалов из внешних источников), авторизация через OAuth/OpenID, механизм ограничения нагрузки на систему (кэширование, автоматическое отключение информационных блоков

и модулей в зависимости от нагрузки на систему). Особое внимание уделено повышению интерактивности системы, ее удобству для пользователей.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Кратов С. В., Соколова О. Д. Система информационной поддержки разработчиков ПО // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки, №12, 2015 г. *(в базе РИНЦ)*
2. Попков Г. В. Концепция модернизации транспортных сетей связи на больших территориях // Телекоммуникации. № 12, 2015. С. 23–26. *(в базе РИНЦ)*

Материалы международных конференций и совещаний

1. Попков Г. В. "Исследование и разработка моделей и методов оптимизации на сетях абонентского доступа" // 11-я Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", с. Чолпон-Ата (Кыргызстан), 2015 г. С. 533–559.

Прочие публикации

1. Бредихин С. В., Ляпунов В. М., Щербакова Н. Г. Мера "центральности" для ранжирования научных статей // Проблемы информатики. 2015. № 1. С. 55–64. *(в базе РИНЦ)*
2. Омарова Г. А., Казанцев Г. Ю. Применение клеточных автоматов для моделирования транспортных потоков // Там же. № 3. С. 15–21 *(в базе РИНЦ)*
3. Попков Г. В. К вопросу о модификации построения сетей абонентского доступа // Инфосфера. 2015. № 67. С. 19–20.
4. Соколова О. Д., Кратов С. В. Информационная система поддержки наукоемких программных разработок // Проблемы информатики. 2015. № 4. *(в базе РИНЦ)*
5. Соколова О. Д., Кратов С. В. Об информационной поддержке результатов инновационных разработок // Сб. статей Международной научно-практической конференции "Проблемы внедрения результатов инновационных разработок". 2015 г. Том 1. С. 55–58. *(в базе РИНЦ)*
6. Щербакова Н. Г. Аксиоматика центральности в комплексных сетях // Проблемы информатики. 2015. № 3. С. 3–14. *(в базе РИНЦ)*
7. Щербакова Н. Г. Меры центральности в сетях // Там же. № 2. С. 18–30. *(в базе РИНЦ)*

Участие в конференциях и совещаниях

1. 11-я Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Кыргызстан), 27 июля – 7 августа 2015 г. – 3 доклада (Попков Г. В., Соколова О. Д., Юргенсон А. Н.).
2. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 1 доклад (Соколова О. Д.).
3. Международная научно-практическая конференция "Проблемы внедрения результатов инновационных разработок", Пермь, 25 ноября 2015 г. – 1 доклад (Соколова О. Д., Кратов С. В.).

Участие в программных и организационных комитетах конференций

1. Зыбарев Ю. М.:

– зам. председателя Оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

– член Программного комитета Международной конференции "Сибирская индустрия информационных систем 2015", Новосибирск, 23–24 апреля 2015 г.

2. Соколова О. Д.:

– член Оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

– ученый секретарь Программного комитета 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Кыргызстан) 27 июля – 7 августа 2015 г.;

3. Попков Г. В. – член Оргкомитета 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Кыргызстан) 27 июля – 7 августа 2015 г.;

4. Трофимова Л. В. – член Оргкомитета 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Кыргызстан) 27 июля – 7 августа 2015 г.;

5. Юргенсон А. Н. – член Оргкомитета 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", Чолпон-Ата (Кыргызстан) 27 июля – 7 августа 2015 г.

Проведение международных конференций

1. 11-я Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", посвященная памяти проф. В. К. Попкова, Чолпон-Ата (Кыргызстан), 27 июля – 7 августа 2015 г. Всего участников 150 из России, Казахстана, Киргизии, Узбекистана.
2. Сибирский форум "Индустрия информационных систем", Новосибирск, 23–24 апреля 2015 г. Всего участников 450 из России.

Международные научные связи

Проводятся плановые работы в рамках международного научного сотрудничества лаборатории прикладных систем с научными организациями:

1. Институт проблем информатики и управления КН МОН РК, г. Алматы;
2. НИИ "Алгоритм-Инжиниринг" АН РУз, г. Ташкент;
3. Институт Математики НАН Киргизии, г. Бишкек.

Итоговые данные по лаборатории:

Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 8
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 2
Публикаций в материалах международных конференций – 1.
Публикаций в прочих изданиях – 7
Докладов на конференциях – 5
Участников оргкомитетов конференций – 8.

Кадровый состав

1.	Бредихин С. В.	зав. лаб.	к.т.н.
2.	Зыбарев Ю. М.	зам. директора	к.т.н.
3.	Соколова О. Д.	с.н.с.	к.т.н.
4.	Попков Г. В.	с.н.с.	к.т.н.

5. Щербакова Н. Г. с.н.с.
6. Омарова Г. А. н.с. к.ф.-м.н.
7. Юргенсон А. Н. н.с. к.ф.-м.н.
8. Кратов С. В. м.н.с.
9. Бухтияров И. В. м.н.с.
10. Ляпунов В. М. вед. инженер
11. Трофимова Л. В. вед. инженер
12. Решетинская М. С. инженер 0,5 ст.
13. Куликовская Н. К. инженер 0,5 ст.
14. Лазуткин Д. В. инженер 0,5 ст.

Бухтияров И. В., Кратов С.В., Юргенсон А. Н. – молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

Попков Г. В. – доцент СибГУТИ, НГУЭиУ
Омарова Г. А. – доцент НГУ

Руководство студентами

Казанцев Г. Ю. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Омарова Г. А.
Костромин В. – 3-й курс ММФ НГУ, руководитель Омарова Г. А.

Лаборатория моделирования динамических процессов в информационных сетях

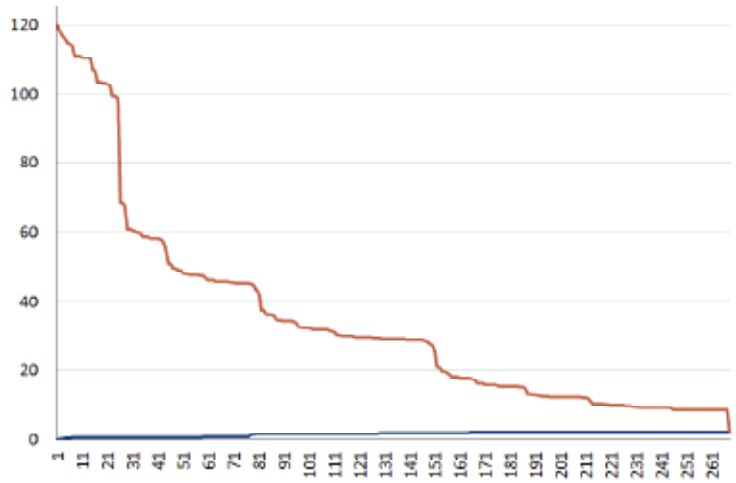
Зав. лабораторией − д.т.н. Родионов А. С.

Важнейшие достижения

Разработаны методы кумулятивного уточнения границ различных показателей надежности сети для скорейшего принятия решения о ее достаточной надежности (ненадежности) по отношению к наперед заданному порогу. Данный подход был предложен в 2010 г. (J.-M. Won, F. Karray) и в настоящее время является одним из наиболее значимых результатов в области анализа сетевой надежности. Суть метода состоит в обновлении значений границ надежности исходной сети в процессе факторизации при получении значений надежности для очередных оконечных графов. Оценивание может продолжаться вплоть до получения точного значения, когда границы сходятся.

Получены подобные методы для следующих показателей надежности сетей: вероятность связности, вероятность связности с ограничением на диаметр, средняя вероятность связности пары вершин. На рисунке представлены границы ожидаемого числа разорванных пар случайного графа (эквивалентно нахождению средней вероятности связности пары вершин) для решетки 4×4 и вероятности присутствия ребра 0,9. По оси абцисс – номер итерации.

Д.т.н. Родионов А. С., к.ф.-м.н. Мигов Д. А., Нечунаева К. А.



Сходимость оценок числа несвязных пар вершин случайного графа

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.3.1.4 "Развитие теории и разработка математических моделей и методов мониторинга, анализа и оптимизации систем сетевой структуры".

Номер государственной регистрации НИР 01201370228.

Руководители: к.т.н. Бредихин С. В., к.т.н. Забиняко Г. И., д.т.н. Родионов А. С.

Разработан метод оптимизации надежности распределенных информационных систем, позволяющий учитывать параметры протоколов функционирования сетевых узлов, интенсивность трафика, специфику среды, в которой функционирует сеть, возможности программно-аппаратных средств, которыми оснащена сеть. Метод основан на аппарате

случайных графов, при этом для оценки надежности отдельных узлов предложены новые модели, основанные на марковских процессах с непрерывным временем. Предложенные модели сетевых узлов содержат множество состояний, в которых потенциально может находиться узел, и интенсивности перехода, определяемые подмоделями, зависящими от конкретных приложений. Указанные модели также позволяют оптимизировать протоколы функционирования сетевых узлов с целью минимизации потерь трафика, оценивать надежность и живучесть сетевых узлов.

В рассмотренной постановке задачи предполагается, что сетевой узел обладает собственными ресурсами и возможностью управлять их расходом. При этом имеется возможность потратить ресурсы как на повышение надежности и живучести всей сети, так и на повышение надежности и живучести данного узла, что может привести к синтезу более надежной сетевой структуры, содержащей менее надежные элементы, либо к генерации менее надежной сетевой структуры, состоящей из более надежных элементов. Кроме того, возможно использование смешанной стратегии. Даже в случае систем малой размерности выбор лучшей стратегии существенно зависит от предметной области. Предложенный подход позволяет выбрать оптимальную стратегию.

Разработаны методы и алгоритмы точного расчета математического ожидания размера связной компоненты случайного графа, содержащей выделенную вершину. Это значение служит для определения уверенно мониторируемой части сети, функционирующей в условиях разрушающих воздействий. Метод основан на известном методе факторизации по состоянию произвольно выбранного ребра с применением различных приемов редукции размерности и декомпозиции. В связи с исследованием методов редукции размерности впервые предложен алгоритм редукции при расчете вероятности s-t связности в случае, когда одна либо обе целевые вершины имеют степень 2.

Построен и реализован эффективный метод комбинаторного кодирования, основанного на кодировании длин серий. Алгоритм строится с учетом повторов символов на основе таблицы повторов и ее разности с таблицей частот. Проведено сравнение (по коэффициенту сжатия и времени кодирования и декодирования) экспериментальных результатов работы серийного комбинаторного кода и простого комбинаторного кода, доказывающее эффективность предложенного метода. Начата разработка метода блочного кодирования для сжатия данных при передаче изображений.

Получены параллельные реализации двух методов расчета такого показателя сетевой надежности, как вероятность связности подмножества узлов сети путями ограниченной длины. Для расчета данного показателя были выбраны известный метод факторизации и его модификация, основанная на предварительном формировании списка всех подходящих путей. На основе этого списка формируется набор данных (два массива и матрица) для представления всех возникающих в процессе факторизации графов. Алгоритмы реализованы на языке C^{++} с использованием MPI, численные эксперименты были проведены на кластере ССКЦ. Эксперименты показали, что имеет место сверхлинейное ускорение при количестве ядер до 128, линейное – до 256 ядер, и отсутствие ускорения для более чем 400 ядер.

Разработаны модифицированные операторы мутации и скрещивания для структурной оптимизации сети с использованием бионических алгоритмов, позволяющие прекратить подсчет параметра надежности сети за счет применения кумулятивных оценок вероятности связности сети, отбраковывающих непригодные индивидуумы (возможные решения) на более раннем этапе работы алгоритма. Численные эксперименты с модифицированными операторами показали значительное улучшение такого показателя как время работы генетического алгоритма для задач структурной оптимизации.

Предложены математическая модель каскадных (групповых) отказов в сетях и связанные с ней алгоритмы расчета показателей надежности сетей.

Рассмотрены различные методы применения бионических алгоритмов к задачам на орграфах. Разработаны и исследованы операторы скрещивания и различные виды мутаций, применение которых зависит от поставленной задачи. Подсчитано общее число мутаций для настройки алгоритмов. Разобраны направленные графы в общем случае, орграфы с весами и простые орграфы.

В части развития теории и методов имитационного моделирования сложных систем с дискретными событиями предложена архитектура системы имитационной оптимизации, создаваемой на основе системы моделирования AGNES и подход к динамическому снижению размерности модели на основе обучения мультиагентной системы исполнения модели.

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

Номер государственной регистрации НИР 01201370232.

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

В рамках развития специализированных средств моделирования вычислительных процессов проведены работы по проектированию модификаций агентно-ориентированной системы моделирования AGNES, направленных на решение следующих задач:

1. Расширение системы средствами имитационной оптимизации, реализующими идеи имитации, управляемой целями (goal-driven simulation). В результате подобного моделирования получается вывод имитируемого процесса на оптимальную траекторию. В терминах решаемых задач это означает подбор параметров программ и их вложения в вычислительную систему, обеспечивающие максимальную производительность исполнения в рамках заданных ресурсов, за один прогон имитационной модели.
2. Реализация средств динамического реконфигурирования модели с целью адаптации к ограниченным вычислительным ресурсам за счет выявления кластеров агентов, объединяемых в коллективы по решению общей подзадачи либо сходных по поведению, и их замены агентами, имитирующими поведение этих кластеров. Данный подход позволяет, при определенной потере точности, увеличивать размерность моделируемых систем, в нашем случае – моделей исполнения больших параллельных программ на суперЭВМ большой производительности.

На примере модели параллельной программы, реализующей метод факторизации при вычислении показателей надежности сети с ненадежными каналами, исследована возможность применения альтернативной к AGNES системы имитационного моделирования MTSS. Данная система отличается развитыми возможностями в части графического интерфейса, что позволяет относительно просто строить модели параллельных программ. Вместе с тем в текущем состоянии она не способна моделировать более нескольких сотен тысяч параллельных процессов. Средства расширения возможностей системы находятся на стадии проектирования.

Предложены математические модели распространения отказов в системах сетевой структуры, к которым можно применить анализ отказоустойчивости распределенных вычислительных систем, в частности, функционирующих в условиях информационных разрушающих воздействий.

Разработаны математические алгоритмы расчета доли уверенно управляемой подобласти сети с заданными дублирующими центрами управления. Алгоритмы предназначены для реализации в виде параллельных программ и могут применяться для оптимизации вложения больших параллельных программ в различные архитектуры вычислительных систем.

Результаты работ по проектам РФФИ

Проект РФФИ № 14-07-00769-а "Математические методы и программные средства анализа отказоустойчивости беспроводных сенсорных сетей".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Шахов В. В.

Разработан комплекс программ, предназначенных для решения задачи анализа отказоустойчивости беспроводных сенсорных сетей (БСС) с помощью имитационного моделирования, обладающий возможностью визуализации результатов, интерфейсом для включения в анализ новых атак. С помощью данного комплекса проведено исследование атак Jamming и Black Hole и методов защиты от них. Разработаны новые математические модели функционирования узлов БСС в условиях атакующих воздействий, основанные на марковских процессах с непрерывным временем. В основном рассматривались БСС, оснащенные механизмом получения энергии из окружающей среды. С использованием аппарата случайных графов предложены подходы к решению следующих задач: оптимизация отказоустойчивости отдельных сенсоров и всей сети в условиях реализации конкретных сценариев атак, поиск компромисса между производительностью и информационной безопасностью, обеспечиваемой возможностями MAC протоколов, повышение отказоустойчивости БСС при сохранении заданного уровня качества обслуживания. Аналитически обоснован предел разрушающего эффекта атак типа Depletion of Battery в БСС, оснащенных механизмом получения энергии из окружающей среды, т. е. при бесконечном росте интенсивности атаки производительность системы не падает до нуля, существует нижний предел производительности БСС в условиях указанной атаки, который зависит от характеристик источника энергии. В рамках задачи повышения живучести системы за счет делегирования части функций базовых станций другим узлам или размещения дополнительных базовых станций получены методы оптимального размещения в БСС центральных функциональных узлов (стоков, базовых станций, управляющих узлов кластера), принимающих и обрабатывающих все поступающие с сенсоров данные.

Проект РФФИ № 14-07-31069-мол-а "Разработка эффективных алгоритмов анализа надежности сетей различного назначения".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Мигов Д. А.

В рамках проекта получен ряд важных результатов в области разработки методов анализа сетей различного назначения с точки зрения надежности. Разработаны методы кумулятивного уточнения верхней и нижней границ для двух показателей надежности сети: вероятности связности выделенного множества узлов сети (терминалов) и вероятности связности сети с ограничением на диаметр. Данные методы позволяют принимать решение о достаточной надежности (ненадежности) сети по отношению к наперед заданному порогу без исчерпывающего расчета. Предложено использовать редукцию ребер и упорядочивать ребра при расчете надежности сети с ограничением на диаметр, а также при кумулятивном уточнении ее границ. Итоговый метод расчета данного показателя реализует последовательное преобразование сети (т. е. удаление узлов степени 2) на каждом шаге факторизации, что

делает его наиболее быстродействующим среди существующих на данный момент аналогов. Для задач структурной оптимизации сети при помощи генетических алгоритмов разработаны модифицированные операторы мутации и скрещивания, позволяющие прекратить расчет значения надежности сети за счет кумулятивных оценок и отбросить непригодные индивидуумы на более раннем этапе работы алгоритма, что ускоряет процесс оптимизации. В итоге получен метод построения оптимальной структуры сети с заданным числом элементов с точки зрения ее надежности при определенных ограничениях. В качестве показателя сетевой надежности рассматривалась вероятность связности сети с ограничением на диаметр.

Результаты работ по научно-исследовательским программам, проектам Президиума РАН, ОМН РАН и Сибирского отделения РАН

Программа Президиума РАН 1.31, проект "Фундаментальные основы функционирования беспроводных сенсорных сетей, оснащенных средствами получения энергии из окружающей среды".

Руководитель − д.т.н. Родионов А. С.

Разработан метод оптимизации надежности распределенных информационных систем, позволяющий учитывать параметры протоколов функционирования сетевых узлов, интенсивность трафика, специфику среды, в которой функционирует сеть, возможности программно-аппаратных средств, которыми оснащена сеть. Метод основан на аппарате случайных графов, предложены новые модели для оценки надежности отдельных узлов, основанные на марковских процессах с непрерывным временем. Предложенные модели сетевых узлов содержат множество состояний, в которых потенциально может находиться узел, и интенсивности перехода, определяемые подмоделями, зависящими от конкретных приложений. Указанные модели также позволяют оптимизировать протоколы функционирования сетевых узлов с целью минимизации потерь трафика, оценивать надежность и живучесть сетевых узлов.

В рассмотренной постановке задачи предполагается, что сетевой узел обладает собственными ресурсами и возможностью управлять их расходом. При этом имеется возможность потратить ресурсы как на повышение надежности и живучести всей сети, так и на повышение надежности и живучести данного узла, что может привести к синтезу более надежной сетевой структуры, содержащей менее надежные элементы, либо к генерации менее надежной сетевой структуры, состоящей из более надежных элементов. Кроме того, возможно использование смешанной стратегии. Даже в случае систем малой размерности выбор лучшей стратегии существенно зависит от предметной области. Предложенный подход позволяет выбрать оптимальную стратегию.

Публикации

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1.Бакулина М. П. Эффективный метод серийного комбинаторного кодирования // В мире научных открытий. 2015. № 8.2(68). С. 706–712. (*в базе РИНЦ*)

2. Мигов Д. А., Нечунаева К. А., Родионов А. С. Генетический алгоритм структурной оптимизации сетей с применением подхода кумулятивного уточнения границ надежности // Вестник СибГУТИ. 2015. № 4. С 55–61. (*в базе РИНЦ*)

3. Мигов Д. А. Об оптимальном размещении стоков в беспроводных сенсорных сетях // Известия высших учебных заведений. Сер.: Физика. 2015 № 11/1 (приложение). С. 40–46. (*в базе РИНЦ*)

Зарубежные издания

1. Migov D., Nesterov S. Methods of speeding up of diameter constrained network reliability calculation // Springer Lecture Notes in Computer Science (in ICCSA 2015, Pt. 2). 2015. Vol. 9156. P. 121–133. (*в базе Web of Science*)

2. Rodionov A., Rodionova O. Random hypernets in reliability analysis of multilayer networks // Lecture Notes in Electrical Engineering. Berlin: Springer. 2015. Vol. 343. P. 307–315. (*в базе Scopus*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Shakhov V. V., Migov D. A., Rodionov A. S. Operation strategy for energy harvesting wireless sensor networks // Proc. of the 9th Intern. conf. on ubiquitous information management and communication (IMCOM), Bali (Indonesia), Jan. 8–10, 2015. NY: ACM, 2015. P. 12.1–12.5. DOI: 10.1145/2701126.2701216. ISBN: 978-1-4503-3377-1. (*в базе Scopus*)

2. Shakhov V. V. EH-WSNs optimizing technique // Proc. of the Intern. conf. on new developments in pure and applied mathematics (PM-AM 2015), Vienna (Austria), March 15–17, 2015. P. 139–141. ISBN: 978-1-61804-287-3. (*в базе Scopus*)

3. Garbuzov K., Rodionov A. S. Some Problems of fuzzy modeling of telecommunications networks // Ibid. C. 418–422. (*в базе Scopus*)

4. Nechunaeva K., Migov D. Speeding up of genetic algorithm for network topology optimization with use of cumulative updating of network reliability // Ibid. ISBN 978-1-4503-3377-1. Article N 42. (*в базе Scopus*)

5. Rodionov A. S. Khapugin S. Modeling grouped failures in network reliability analysis // Ibid. Article N a44. (*в базе Scopus*)

6. Rodionov A., Rodionova O. Reliability polynomials: Obtaining and usage // Proc. of the Intern. conf. "Applied Mathematics, Computational Science & Engineering", Crete (Greece), Oct. 17–19, 2015. Mathematical models and computational methods, 2nd Edition. P. 226–229. ISSN: 2227-4588, ISBN: 978-1-61804-350-4. (*в базе Scopus*)

7. Мигов Д. А. Размещение P-медиан и P-центров в беспроводных сенсорных сетях // Труды 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Киргизия), 27 июля – 7 августа 2015 г. Под ред. М. Н. Калимолдаева. Ч. 2. Казахстан, НЦ НТИ, 2015. С. 754–757.

8. Гарбузов К. Е. Задачи нечеткого моделирования телекоммуникационных сетей // Там же. С. 209–217.

9. Родионов А. С. О математическом ожидании размера подграфа случайного графа, содержащего выделенную вершину // Там же. С. 772–777.

10. Ткачёв К. В. Метод повышения эффективности исполнения распределенных имитационных моделей с массированным потоком событий // Там же. С. 627–632.

11. Конин М. В. Применение гиперсетевого подхода в хранении и анализе данных инженерных коммуникаций крупных городов // Там же. С. 752–754.

Прочие издания

1. Nesterov S., Migov D. Parallel method for reliability calculation of diameter constrained networks // Bull. NCC. Ser.: Numerical Analysis. 2015. Iss. 17. P. 35–42. (*в базе РИНЦ*)

2. Нестеров С. Н., Мигов Д. А. Параллельный метод для расчета надежности сетей с ограничением на диаметр // Проблемы информатики. 2015. № 4. С. 45–53. (*в базе РИНЦ*)

3. Родионов А. С., Хапугин С. А. Моделирование групповых отказов в анализе надежности сетей // Там же. № 2. С. 31–43. (*в базе РИНЦ*)

4. Родионов А. С., Забрудских А. Е. Средства имитационной оптимизации в агентно-ориентированной системе моделирования AGNES // Тез. Всерос. конф. с международным участием "Индустриальные информационные системы" (ИИС-2015), Новосибирск, 20–24 сент. 2015 г. С. 51.

5. Мигов. Д. А. Размещение стоков в беспроводных сенсорных сетях // Труды Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. С. 489–493. ISBN 978-5-9905347-2-8. (*в базе РИНЦ*)

6. Нечунаева К. А. Модификации бионических алгоритмов в применении к задачам на ориентированных графах // Там же. С. 518–521. (*в базе РИНЦ*)

7. Родионов А. С. Полиномы надежности случайных графов: получение и использование // Там же. С. 636–642. (*в базе РИНЦ*)

Участие в конференциях и совещаниях

1. 5th International conference on computational science and applications (ICCSA 2015), Banff (Canada), June 22–25, 2015 – 1 доклад (Мигов Д. А., Нестеров С. Н.).

2. The 8th International conference on ubiquitous information management and communication (ACM ICUIMC 2015), Bali (Indonesia), January 8–10, 2015 – 2 доклада (Шахов В. В., Мигов Д. А., Родионов А. С., Нечунаева К. А.).

3. Intern. conf. on new developments in pure and applied mathematics (PM-AM 2015), Vienna (Austria), 15–17 March, 2015 – 2 доклада (Родионов А. С., Гарбузов К. Е., Шахов В. В.).

4. Intern. conf. "Applied Mathematics, Computational Science & Engineering", Crete (Greece), October 17–19, 2015 – 1 доклад (Родионов А. С.).

5. 11-я Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Киргизия), 27 июля – 7 августа 2015 г. – 6 докладов (Мигов Д. А., Нестеров С. Н., Ткачёв К. В., Конин М. В., Родионов А. С., Гарбузов К. Е.).

6. Всероссийская конференция с международным участием "Индустриальные информационные системы" (ИИС-2015). Новосибирск, 20–24 сентября 2015 г. – 1 доклад (Родионов А. С., Забрудских А. Е.).

7. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г. – 5 докладов (Мигов Д. А., Нечунаева К. А., Родионов А. С., Шахов В. В.).

8. The 2nd International summer school on information technologies for complex system analysis and synthesis (IT CoSAS), г. Анапа, 8–12 июня 2015 г. – 1 доклад (Мигов Д. А.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Родионов А. С.:

− член программного комитета 9th International conference on advanced engineering computing and applications in sciences (ADVCOMP 2015), Nice (France), July 19–24, 2015,

− член программного комитета International Conference on ubiquitous information management and communication (IMCOM), Bali (Indonesia), January 8–10, 2015,

− член программного комитета 15th International conference on computational science and its applications (ICCSA 2015), Banff (Canada), June 22–25, 2015,

− член программного комитета International conference on biomedical engineering and computational technologies (SIBIRCON), Novosibirsk, October 28–30, 2015,

− член программного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

− член программного комитета 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), 27 июля – 7 августа 2015 г.,

− председатель оргкомитета ежегодной конференции молодых ученых ИВМиМГ СО РАН;

2. Мигов Д. А.:

− член оргкомитета 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), 27 июля – 7 августа 2015 г.,

− член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

3. Шахов В. В.:

− член программного комитета International conference on ubiquitous information management and communication (IMCOM), Bali (Indonesia), January 8–10, 2015,

− член оргкомитета 11-й Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", г. Чолпон-Ата (Кыргызская Республика), 27 июля – 7 августа 2015 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 1
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 7
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ − 9
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 3
Публикаций в зарубежных изданиях − 2
Публикаций в материалах международных конференций – 11
Публикаций в прочих изданиях – 7
Докладов на конференциях – 19, в том числе 2 приглашенных
Участников оргкомитетов конференций – 11.

Кадровый состав

1. Родионов А. С.	зав. лаб.	д.т.н.
2. Шахов В. В.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
3. Мигов Д. А.	н.с.	к.ф.-м.н.
4. Бакулина М. П.	н.с.	к.ф.-м.н.
5. Моисеенко В. В.	н.с.	
6. Капустина Г. А.	ведущ. инженер 0,5 ст.	
7. Нечунаева К. А.	м.н.с. 0,2 ст.	
8. Рудометов С. В.	н.с. 0,5 ст.	к.т.н.

Мигов Д. А., Нечунаева К. А. – молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

Родионов А. С. − профессор НГУ, СибГУТИ, НГТУ
Бакулина М. П. − доцент НГУ
Нечунаева К. А. − ст. преподаватель ВКИ НГУ
Шахов В. В. − доцент НГТУ и СибУПК

Руководство аспирантами

Забрудских А. Е. – 2-й год, ИВМиМГ, руководитель Родионов А. С.
Каневский В. И. – 2-й год, ИВМиМГ, руководитель Родионов А. С.
Скиба А. И. – 2-й год, ИВМиМГ, руководитель Родионов А. С.
Сакерин А. В. – 4-й год, СибГУТИ, руководитель Родионов А. С.
Ткачёв К. В. – 1-й год, НГУ, руководитель Родионов А. С.
Лепнер Э. Ю. – 3-й год, ИВМиМГ, руководитель Родионов А. С.
Конин М. В. – 3-й год, ИВМиМГ, руководитель Родионов А. С.
Митченко Д. А. – 3-й год, НГУ, руководитель Родионов А. С.
Нестеров С. А. – 1-й год, ИВМиМГ, руководитель Мигов Д. А.

Руководство студентами

Немов С. Н., – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Родионов А. С.
Артюха О. А. – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Родионов А. С.
Гарбузов К. Е., – 1-й курс магистратуры НГУ, руководитель Родионов А. С.
Алхимова Л. О. − 4-й курс ФИТ НГУ, руководитель Нечунаева К.А.
Саменко И. А. − 4-й курс ФИТ НГУ, руководитель Нечунаева К.А.
Коротков А. Н. − 4-й курс ФИТ НГУ, руководитель Мигов Д. А.
Машников Д. Я. – 1-й курс магистратуры НГТУ, руководитель Шахов В. В.
Глазычев А. С. – 1-й курс магистратуры СибГУТИ, руководитель Шахов В. В.
Коцеруба В. А. − 4-й курс СибГУТИ, руководитель Шахов В. В.
Захарова М. В. − 4-й курс СибГУТИ, руководитель Шахов В. В.
Дружбин В. А. − 4-й курс СибГУТИ, руководитель Шахов В. В.
Зыбарева О. Ю. − 3-й курс НГУ, руководитель Шахов В. В.

Премии и награды

Мигов Д. А. – лауреат именной премии Правительства Новосибирской области за выдающиеся научные достижения в номинации "Лучший молодой исследователь", 2015.

Мигов Д. А. – награда за лучший доклад "Best Paper Award" на 2-й Международной летней школе молодых ученых "The 2nd International summer school on information technologies for complex system analysis and synthesis (IT CoSAS)", г. Анапа, 2015.

Ткачёв К. В. – лауреат Конференции молодых ученых Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск, 6–8 апр. 2015 г.

Лаборатория синтеза параллельных программ

Зав. лабораторией д.т.н. Малышкин В. Э.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Программа НИР 1.4.1. "Математическое моделирование с использованием параллельных и распределенных вычислений".

1.4.1.1. "Технологии, языки высокого уровня и средства параллельной реализации задач численного моделирования на пета- и экзафлопсных суперЭВМ".

Номер государственной регистрации НИР 01201370230.

Руководитель – д.т.н. Малышкин В. Э.

Раздел 1. "Разработка методов, алгоритмов и средств конструирования параллельных программ численного моделирования для пета- и экзафлопсных суперкомпьютеров".

Руководитель – д.т.н. Малышкин В. Э.

Этап 2015 г. "Разработать библиотеку прикладных фрагментированных параллельных подпрограмм численного моделирования".

Разработаны и реализованы следующие алгоритмы поддержки исполнения фрагментированных программ на мультипроцессорах, мультикомпьютерах и неоднородных мультикомпьютерах в рамках системы фрагментированного программирования LuNA:

– алгоритм "Rope of beads" распределения данных и вычислений по вычислительным узлам мультикомпьютера, позволяющий учитывать структуру данных прикладной программы и осуществлять динамическую балансировку нагрузки на вычислительные узлы при выполнении фрагментированных программ;

– системные алгоритмы для реализации событийной модели управления исполнением фрагментированной программы, позволяющие осуществлять жесткий контроль и управление исполнением фрагментированной программы и обеспечивать высокую эффективность ее исполнения ценой разработки отдельной управляющей программы; алгоритмы предназначены для работы на неоднородных мультипроцессорах и мультикомпьютерах.

Выполнен ряд технических доработок в системе NumGRID, необходимых для обеспечения функционирования системы LuNA на базе системы NumGRID.

Разработаны и реализованы в виде программных модулей алгоритмы поддержки библиотеки параллельных модулей, предназначенные для обеспечения возможности запуска библиотечных LuNA-подпрограмм из традиционных прикладных программ, созданных с использованием MPI. Разработанные алгоритмы позволяют передать в пользование системе фрагментированного программирования распределенные данные прикладной задачи, осуществить запуск библиотечной подпрограммы над этими данными под управлением системы LuNA и после выполнения библиотечной подпрограммы получить ее выходные результаты в прикладную программу. Реализован синхронный коллективный режим запуска LuNA-подпрограмм. Доступ к библиотечным LuNA-подпрограммам организован таким же образом, как доступ к подпрограммам традиционных библиотек. Это означает, что использование системы LuNA инкапсулировано в подсистему управления библиотечными вызовами и не видно прикладному программисту.

Раздел 2. "Разработка и исследование клеточно-автоматных моделей нелинейной пространственной динамики с использованием технологии параллельного программирования".

Руководитель – д.т.н. Бандман О. Л.

Этап 2015 г. "Разработка и исследование новых клеточно-автоматных моделей пространственной динамики".

Разработан метод расчета вероятностей применения правил переходов в клеточном автомате, моделирующем распространение акустической волны, основанный на анализе уравнений полудетального баланса и законов сохранения массы и импульса. Проведены серии тестовых вычислительных экспериментов, позволившие получить зависимости скорости распространения волны и амплитуды от значений вероятностей в правилах переходов, характеризующих акустические свойства среды.

На основе двумерной клеточно-автоматной модели газового потока разработана целочисленная клеточно-автоматная модель струи из смеси газа и нескольких порошков. Для частиц порошков различных типов обеспечена возможность химических взаимодействий частиц друг с другом. Выполнена параллельная реализация разработанной модели, в которой использованы механизмы начальной и динамической диффузионной балансировки нагрузки.

Проведены компьютерные эксперименты по моделированию высокоскоростной струи, состоящей из газа и смеси порошков, с химическими взаимодействиями между частицами порошков. Исследовано влияние направления движения моделируемой струи в гексагональной структуре клеточного массива на результаты эксперимента. Разработан метод интерпретации результатов, сохраняющий изотропию пространства моделирования.

Продолжена работа по исследованию методов моделирования процессов типа "реакция-диффузия" с помощью стохастических клеточных автоматов. В частности, разработаны модели самоорганизации белков в клетках живых организмов, приводящих к росту и делению клеток.

Результаты работ по проектам РФФИ

Проект № 14-07-00381-а. "Локальные системные алгоритмы для параллельной реализации больших численных моделей на пета- и экзафлопсных мультикомпьютерах".

Руководитель проекта – д.т.н. Малышкин В. Э.

Разрабатывались алгоритмы для создания библиотек прикладных фрагментированных параллельных подпрограмм численного моделирования. Практически все алгоритмы распределения ресурсов в последовательных программах невозможно использовать для динамического планирования ресурсов в распределенных параллельных программах, так как ресурсы, как правило, назначаются динамически, а не статически. Далее, в распределенных параллельных программах (как и во фрагментированных программах) все решения должны приниматься распределенно. Это означает, что для принятия решения о назначении ресурса в некотором узле мультикомпьютера может использоваться лишь информация самого узла и его соседей из 1-окрестности, при этом принятое решение должно приводить к оптимальному (субоптимальному) решению задачи распределения ресурсов в целом.

Для решения задачи разработан базовый алгоритм ("веревочка") для решения многих подобных задач (см. Victor Malyshkin, Vladislav Perepelkin, and Georgy Schukin. Distributed

Algorithm of Data Allocation in the Fragmented Programming System LuNA // Springer, LNCS, Vol. 9251. P. 80-85. DOI: 10.1007/978-3-319-21909-7_8).

В задаче требуется распределить (отобразить) n-мерные данные в k-мерный массив процессорных элементов с сохранением n-мерного отношения соседства. Для этого многомерный массив данных отображается на отрезок [0,1] с использованием кривой Гильберта, проходящей через все процессорные элементы. Данные отображаются на кривую, а с кривой – на множество процессорных элементов. На базе этого алгоритма организовано распределенное исполнение фрагментированных подпрограмм, вызываемых из последовательной или параллельной программы.

Проект № 14-01-31328 мол_а "Разработка алгоритмов отображения фрагментированных программ на ресурсы неоднородных распределенных вычислительных систем".

Руководитель проекта – Перепелкин В. А.

Разработаны алгоритмы автоматизированного динамического управления распределением ресурсов неоднородного вычислителя. В частности, проведена модификация алгоритма rope-of-beads, разработанного ранее в проекте, а также ряда алгоритмов управления исполнением фрагментированных алгоритмов на основе событийно-ориентированной модели. Разработанные алгоритмы позволяют обеспечивать высокую эффективность исполнения фрагментированной программы по времени выполнения, расходу памяти и нагрузке на коммуникационную подсистему мультикомпьютера, что подтверждается теоретическим анализом и практическими испытаниями. Разработанные алгоритмы реализованы в составе системы фрагментированного программирования LuNA. Основные результаты работы доложены на российских и международных конференциях и опубликованы в рейтинговых изданиях.

Результаты работ по грантам Президента РФ для молодых кандидатов наук

Проект № МК-3644.2014.9 "Моделирование производительности параллельных программ".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Калгин К. В.

Построена модель производительности трафаретных вычислений на кластере с распределенной памятью и сетью Infiniband. Разработанный ранее программный инструментарий расширен с целью использования при распараллеливании для кластера.

Расширен список алгоритмов для анализа и моделирования. В частности, получены реализации алгоритмов определения компонент связности и построения минимального остовного дерева в графе. В рамках научно-технического семинара "GraphHPC-2015. Технологии параллельной обработки больших графов" проводился конкурс на получение наиболее быстрой реализации алгоритма построения минимального остовного дерева для ccNUMA вычислителя. Реализация, полученная в рамках Гранта, на больших графах (rmat-23 и больше) оказалась лучшей в рамках проводимого конкурса. На основе анализа производительности классического алгоритма определения компонент связности получена оригинальная модификация, обладающая большей производительностью.

Расширен программный инструментарий анализа обращений в память многопоточной программы. Инструментарий позволяет автоматизированно находить места в программе (способы локализации мест в программе: инструкция, строка в исходном коде, имя

массива, функция, номер потока) с низкими показателями локализации обращения к данным. Расширенный инструментарий дополнительно выдает по каждому потоку и блоку в программе (функция, цикл) информацию о том, какие массивы и их части текущий поток читал (изменял) в рамках текущего блока программы. Информация выдается в виде автоматически сгенерированного отчета с графиками.

Предоставляемые данные позволяют программисту достаточно быстро разобраться в структуре программы, оценить сроки распараллеливания программы теми или иными средствами (MPI, OpenSHMEM), принять решение о типе распределения массива в распределенной памяти вычислительных узлов кластера, выделить области исходной программы (циклы, функции) с нерегулярным обращением к памяти.

Результаты работ по научно-исследовательским программам, проектам Президиума РАН, ОМН РАН и Сибирского отделения РАН

Программа Президиума РАН № 8, проект № 8.9, подпроект "Методы и технологии распараллеливания алгоритмов и параллельная реализация численного моделирования на многопроцессорных системах".

Координаторы: акад. Емельянов С. В., акад. Журавлев Ю. И.

Руководитель – д.т.н. Малышкин В. Э.

Цель и задачи подпроекта – разработка методов, алгоритмов и средств конструирования параллельных программ численного моделирования для пета- и экзафлопсных суперкомпьютеров. Исследования и программные разработки направлены на исключение параллельного программирования из процесса создания крупномасштабных численных моделей. Для реализации систем параллельного программирования, удовлетворяющих таким требованиям, недостаточно системных распределенных алгоритмов с зачатками интеллекта. На создании таких алгоритмов сконцентрированы усилия.

Разработаны средства и алгоритмы автоматического конструирования прямого управления (подсистема Rush) для уменьшения накладных расходов при исполнении фрагментированных программ. Алгоритмы дорабатываются с целью включения в них интеллектуальных функций, в частности автоматического определения тех фрагментов прикладного алгоритма, которые должны исполняться под прямым управлением. Результаты существенно влияют на качество исполнения распределенных программ, построенных в системе программирования.

Подпроект "Клеточно-автоматные модели нелинейных естественных процессов и их реализация на суперкомпьютерах".

Руководитель – д.т.н. Бандман О. Л.

Цель и задачи подпроекта – создание основ методологии построения и исследования систем клеточных автоматов (КА), моделирующих взаимодействующие естественные процессы и ориентированных на параллельную суперкомпьютерную реализацию.

Проведено сравнительное исследование способов композиции элементарных операторов для клеточно-автоматных моделей "реакция – диффузия". Установлена зависимость эффективности параллельной реализации асинхронных КА-моделей от значения стохастичности (отношения вероятностных операторов к их общему числу) процесса вычислений. Результаты подтверждены вычислительными экспериментами по моделированию химических реакций, распространения фронта волны, роста фрактальной структуры.

Предложен новый тип КА-моделей – КА с динамической структурой пространства (ДКА-модель), который позволяет моделировать изменение структуры взаимодействий элементарных операторов в процессе эволюции КА. На его основе разработаны три модели самоорганизации веществ в биосистемах при росте и делении. Разработан программный комплекс для моделирования процессов в бактериальных системах.

КА-моделирование может применяться в тех случаях, когда решение дифференциальных уравнений затруднено нелинейностью и разрывностью исследуемых процессов, например, для получения оцифрованного представления пористой среды, изучения процессов самоорганизации в биосистемах и т. п.

Публикации

Монографии

1. Наш Марчук / Редакторы-составители В. П. Ильин, А. К. Лаврова, А. Г. Марчук, Н. А. Притвиц, Я. И. Фет // Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. 428 с.

Центральные российские издания

1. Бандман О. Л. Режимы функционирования асинхронных клеточных автоматов, моделирующих нелинейную пространственную динамику // Прикладная дискретная математика. 2015. № 1 (27). С. 105–120. (*в базах Web of Science, РИНЦ*)

2. Витвицкий А. А. Построение неоднородного массива ячеек для задач клеточно-автоматного моделирования роста и деления клеток бактерий // Там же. № 3 (29). С. 110–120. (*в базах Web of Science, РИНЦ*)

3. Бандман О. Л., Киреева А. Е. Стохастическое клеточно-автоматное моделирование колебаний и автоволн в реакционно-диффузионных системах // СибЖВМ. 2015. Т. 18, № 3. С. 255–274. (*в базах Scopus, РИНЦ*)

4. Сумбатянц И. И., Перепелкин В. А. Стенд для отладки и тестирования качества работы локальных системных распределенных алгоритмов динамической балансировки нагрузки // Вестн. Южно-Уральского гос. ун-та. Сер.: Вычислительная математика и информатика. 2015. Т. 4, № 3. С. 56–66. DOI: 10.14529/cmse150305. (*в базе РИНЦ*)

5. Киреев С. Е. Оптимизация для кластера с ускорителями Xeon Phi задачи фильтрации водно-нефтяной смеси через эластичную пористую среду // Вычислительные методы и программирование. 2015. Т. 16, вып. 2. С. 187–195. (*в базе РИНЦ*)

6. Малышкин В. Э. Проблемы параллельной реализации крупномасштабных численных моделей на вычислительных системах экзафлопсной производительности // Проблемы информатики. 2015. № 3 (28). С. 71–82. (*в базе РИНЦ*)

Зарубежные издания

1. Malyshkin V. Active knowledge, LuNA and literacy for oncoming centuries // Lect. Notes in Comput. Sci. 2015. Vol. 9465. P. 292–303. (*в базах Web of Science, Scopus*)

2. Malyshkin V. Preface // Ibid. Vol. 9251. P. V. (*в базах Web of Science, Scopus*)

3. Malyshkin V., Perepelkin V., Schukin G. Distributed algorithm of data allocation in the fragmented programming system LuNA // Ibid. P. 80–85. DOI: 10.1007/978-3-319-21909-7_8. (*в базах Web of Science, Scopus*)

4. Malyshkin V. E., Perepelkin V. A., Tkacheva A. A. Control Flow Usage to Improve Performance of Fragmented Programs Execution // Ibid. P. 86–90. DOI: 10.1007/978-3-319-21909-7_9. (*в базах Web of Science, Scopus*)

5. Vitvitsky A. CA-Model of autowaves formation in the bacterial MinCDE system // Lect. Notes in Comput. Sci. 2015. Vol. 9251. P. 246–250. (*в базах Web of Science, Scopus*)

6. Bandman O. Contradiction between parallelization efficiency and stochasticity in cellular automata models of reaction-diffusion phenomena // Lect. Notes in Comput. Sci. 2015. Vol. 9251. P. 135–148. (*в базах Web of Science, Scopus*)

7. Nepomniaschaya A .S. Constructions used in associative parallel algorithms for directed graphs // Ibid. P. 201–209. (*в базах Web of Science, Scopus*)

8. Gorodnichev M., Duchkov A., Kupchishin A. Efficient parallel implementation of coherent stacking algorithms in seismic data processing // Ibid. P. 516–521. DOI: 10.1007/978-3-319-21909-7_50. (*в базах Web of Science, Scopus*)

9. Akhmed-Zaki D., Lebedev D., Perepelkin V. A. Implementation of a three-phase fluid flow ("Oil-Water-Gas") numerical model in the LuNA Fragmented Programming System // Ibid. P. 489–497. DOI: 10.1007/978-3-319-21909-7_47. (*в базах Web of Science, Scopus*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Киреев С. Е. Оптимизация для кластера с ускорителями Xeon Phi задачи фильтрации водно-нефтяной смеси через эластичную пористую среду // Труды Междунар. конф. "Параллельные вычислительные технологии" (ПаВТ'2015). Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2015. С. 178–187.

2. Aillet A., Gougeon A., Lorenz R., Ostapkevich M. Реализация спецвычислителя для клеточно-автоматных моделей с использованием ПЛИС // Труды Междунар. конф. "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики – 2015" (АПВПМ-2015), Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. 1 CD ROM. С. 900–905.

(*в базе РИНЦ*)

Прочие публикации

1. Медведев Ю. Г. Динамическая балансировка нагрузки кластера в программном комплексе моделирования газопорошковых потоков // Материалы 8-й Сиб. конф. по параллельным и высокопроизводительным вычислениям. Томск: Изд-во ТГУ, 2015. С. 17–18.

2. Медведев Ю. Г. Сохранение изотропии программным комплексом моделирования газопорошковых потоков на этапе постобработки // Там же. С. 32–33.

3. Маркова В. П. Процедура построения матрицы столкновений частиц в недетерминированный клеточных автоматах, моделирующих волновой процесс // Там же. С. 28–29.

4. Киреев С. Е., Перепелкин В. А., Ткачёва А. А. Реализация метода IADE_RB_CG в системе фрагментированного программирования LuNA // Там же. С. 25.

5. Витвицкий А. А. Разработка модели и компьютерная симуляция процесса самоорганизации белков MinCDE в растущей и делящейся бактериальной клетке // Материалы 53-й научн. студ. конф. (МНСК-2015). Сер.: Математика. Новосибирск, 2015. С. 180.

Участие в конференциях и совещаниях

1. The 13th Intern. conf. on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk – 8 докладов (Малышкин В. Э., Бандман О. Л., Витвицкий А. А., Городничев М. А., Ткачева А. А., Щукин Г. А., Непомнящая А. Ш.).

2. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики" (АМСА-2015), Новосибирск – 9 докладов (Бандман О. Л., Витвицкий А. А., Городничев М. А., Ткачева А. А., Щукин Г. А., Перепелкин А. А., Киреев С. Е., Калгин К. В., Остапкевич М. Б.).

3. 7-я Международная молодежная школа-конф. "Теория и численные методы обратных и некорректных задач" (ОНЗ-2015), Новосибирск – 1 доклад (Бандман О. Л.).

4. Международная конференция "Параллельные вычислительные технологии" (ПаВТ'2015), Челябинск – 1 доклад (Киреев С. Е.).

5. 8-я Сибирская конференция по параллельным и высокопроизводительным вычислениям, Томск – 4 доклада (Маркова В. П., Медведев Ю. Г., Ткачева А. А., Перепелкин А. А., Киреев С. Е.).

6. 53-я научная студенческая конференция (МНСК-2015), Новосибирск – 1 доклад (Витвицкий А. А.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Малышкин В. Э.

– Program Committee member of the 1st International conference on big data, small data, linked data and open data (ALLDATA 2015), Barcelona (Spain), April 19–23, 2015,

– Program Committee member of the 10th International conference on green, pervasive and cloud computing (GPC 2015), Plantation Island (Fiji, USA), May 4–6, 2015,

– Program Committee member of the annual IEEE International conference on high performance computing (HiPC), Bengaluru (India), December 16–19, 2015,

– член программного комитета The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015;

2. Бандман О.Л.

– член оргкомитета 8-й Сибирской конференции по параллельным и высокопроизводительным вычислениям, Томск, 28–30 октября 2015 г.,

– член программного комитета The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015;

3. Gorodnichev M. – член оргкомитета The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015;

4. Markova V. – член оргкомитета The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015;

5. Medvedev Y. M. – член оргкомитета The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015;

6. Ostapkevich V. – член оргкомитета The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015;

7. Perepelkin V. – член оргкомитета The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015;

8. Schukin G. – член оргкомитета The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015;

9. Achasova S. – член оргкомитета The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015;

10. Kireev S. – член оргкомитета The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015;

11. Tkacheva A. – член оргкомитета The 13th International conference on parallel computing technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 – September 4, 2015.

Международные научные связи

Малышкин В. Э. – член редколлегии "The International Journal of Computational Science and Engineering"; приглашенный редактор журнала "The Journal of Supercomputing".

Фет Я. И. – член редколлегий журналов "Parallel and Distributed Computing Practice" и "Scalable Computing: Practice and Experience".

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 11
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 11
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 6
Монографий – 1
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 6
Публикаций в зарубежных изданиях – 9
Публикаций в материалах международных конференций – 2
Публикаций в прочих изданиях – 6
Докладов на конференциях – 24
Участников оргкомитетов конференций – 15.

Кадровый состав

1.	Малышкин В. Э.	зав. лаб.	д.т.н.
2.	Бандман О. Л.	г.н.с.	д.т.н.
3.	Фет Я. И.	г.н.с.	д.т.н.
4.	Ачасова С. М.	с.н.с.	к.т.н.
5.	Маркова В. П.	с.н.с.	к.т.н.
6.	Медведев Ю. Г.	с.н.с.	к.т.н.
7.	Непомнящая А. Ш.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
8.	Арыков С. Б.	м.н.с.	к.ф.-м.н.
9.	Калгин К. В.	м.н.с.	к.ф.-м.н.
10.	Киреев С. Е.	н.с.	
11.	Городничев М. А	м.н.с.	
12.	Остапкевич М. Б.	м.н.с.	
13.	Ткачева А. А.	м.н.с.	
14.	Перепелкин В. А.	м.н.с.	
15.	Щукин Г. А.	м.н.с.	
16.	Савукова В. А.	техник 1-й кат.	

Арыков С. Б., Городничев М. А., Калгин К. В., Киреев С. Е., Перепелкин В. А., Ткачева А. А., Щукин Г. А. – молодые научные сотрудники.

Проведение лабораторией международной конференции

The 13th International Conference on Parallel Computing Technologies (PaCT-2015), Petrozavodsk, August 31 –September 4, 2015.

Педагогическая деятельность

Малышкин В. Э.	– профессор, зав. каф. НГУ и НГТУ
Фет Я. И.	– профессор НГУ
Маркова В. П.	– доцент НГУ и НГТУ
Арыков С. Б.	– ст. преподаватель НГУ
Киреев С. Е.	– ст. преподаватель НГУ

Медведев Ю. Г. – ст. преподаватель ВКИ НГУ
Городничев М. А. – ассистент НГУ и НГТУ
Калгин К. В. – ассистент НГУ
Остапкевич М. Б. – ассистент НГУ и НГТУ
Перепелкин В. А. – ассистент НГУ
Щукин Г. А. – ассистент НГУ
Ткачева А. А. – ассистент НГУ

Руководство аспирантами

Ткачева А. А. – 2-й год, ИВМиМГ, руководитель Малышкин В. Э.

Защита дипломов

Зайцев В. Е. – 6-й курс, НГУ, руководитель Калгин К. В.
Мачульскис С. В. – 6-й курс, НГУ, руководитель Малышкин В. Э.
Сафин А. Р. – 6-й курс, НГУ, руководитель Маркова В. П.
Сумбатянц И. И. – 6-й курс, НГУ, руководитель Малышкин В. Э.

Руководство студентами

Вайцель С. А. – 6-й курс, НГТУ, руководитель Малышкин В. Э.
Сарычев В. Г. – 6-й курс, НГТУ, руководитель Маркова В. П.
Беляев Н. А. – 5-й курс, НГТУ, руководитель Малышкин В. Э.
Купчишин А. Б. – 5-й курс, НГТУ, руководитель Малышкин В. Э.
Иптышев Д. А. – 4-й курс, НГТУ, руководитель Малышкин В. Э.
Можина А. В. – 4-й курс, НГУ, руководитель Городничев М. А.
Прочкин П. В. – 4-й курс, НГУ, руководитель Городничев М. А.
Софронов И. В. – 5-й курс, НГУ, руководитель Малышкин В. Э.

Награды

Витвицкий А. А., Купчишин А. Б. – лауреаты молодежного конкурса научных работ ИВМиМГ СО РАН

Лаборатория параллельных алгоритмов решения больших задач

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. В.А. Вшивков

Важнейшие достижения

В рамках сотрудничества с Институтом астрономии РАН в лице д.ф.-м.н. профессора Тутукова А. В. проводятся исследования в области математического моделирования столкновения галактик. В 2015 г. сформулирована и реализована термодинамически согласованная двухфазная многокомпонентная гидродинамическая модель взаимодействующих галактик с учетом процессов звездообразования, эффекта от взрыва сверхновых, образования молекулярного водорода, процессов охлаждения и нагревания. Модель реализована в виде программного комплекса AstroPhi 2.0 для гибридных суперЭВМ, оснащенных ускорителями Intel Xeon Phi. С помощью вычислительного эксперимента по моделированию сценария столкновения дисковой и спиральной галактик удалось получить область активного звездообразования спиралевидной формы. В рамках одного ускорителя Intel Xeon Phi было получено 134-кратное ускорение в native режиме с эффективностью 92 % при использовании 64 ускорителей Intel Xeon Phi. Оригинальный численный метод высокого порядка точности представлен на конференции AMCA'15, результаты вычислительного эксперимента доложены на конференции AstroNum'15, а также подробно описаны в работе, опубликованной в журнале "Проблемы информатики".

К.ф.-м.н. Куликов И. М.

Результаты исследований опубликованы в работе

Kulikov I., Chernykh I. Glinskiy B., Weins D., Shmelev A. Astrophysics simulation on RSC massively parallel architecture // Proc. Of the 15th Intern. symp. on cluster, cloud, and grid computing "CCGrid 2015". IEEE/ACM 2015. P. 1131–1134. DOI: 10.1109/CCGrid.2015.102.

В рамках сотрудничества с Институтом ядерной физики СО РАН разработана математическая модель для описания динамики многокомпонентной низкотемпературной плазмы в магнитной ловушке-мишени для нейтрализации мощных пучков отрицательных ионов. Применение ловушек такого типа позволяет существенно повысить выход нейтральных атомов, необходимых в современных установках УТС (до 85 % вместо 55 % для газовых мишеней).

Математическая модель построена на основе метода частиц-в-ячейках для описания кинетических свойств плазмы и метода Монте-Карло для описания коллективных процессов, таких как начальная ионизация газа и рекомбинация.

С помощью численных расчетов удалось воспроизвести процесс зажигания плазмы в ловушке – ионизацию газа катодными электронами, определить динамику плотности катодных электронов (рис. 1; плотность катодных электронов n_2 соответствует $1{,}625 \cdot 10^{10}$ см$^{-3}$). На основе полученных данных рассчитана динамика всех компонент плазмы. Получены оценки плотности ионов в области пролета пучка (рис. 2; плотность ионов $n_i = 572 \cdot 10^{10}$ см$^{-3}$), а также распределение плотности ионов в области магнитных пробок ловушки (рис. 3). Наблюдается двухступенчатое падение плотности всех ионных компонент перед магнитной пробкой, что соответствует экспериментальным данным.

Вычисления проводились на суперкомпьютере "Ломоносов" (МГУ) и НКС-30Т (ССКЦ СО РАН). В расчетах задействованы до 2000 процессорных ядер и до 10^9 модельных частиц.

Берендеев Е. А.

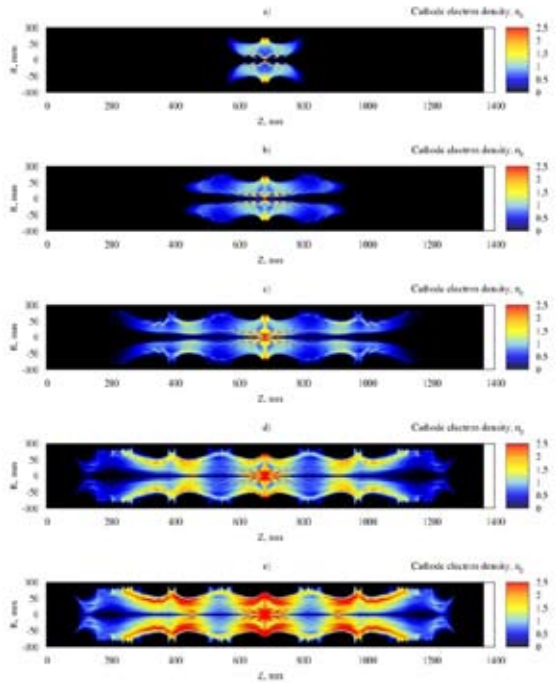


Рис. 1. Плотность катодных электронов в ловушке в различные моменты времени

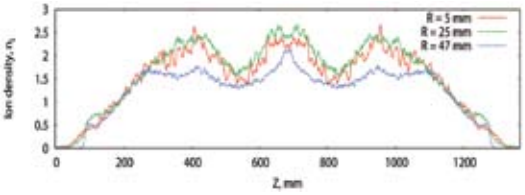


Рис. 2. Плотность ионов H^+ вдоль пролета пучка

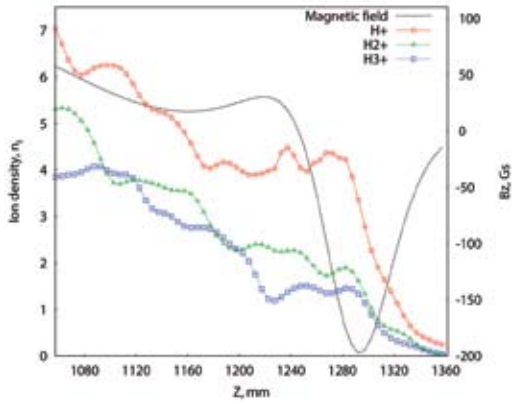


Рис. 3. Плотность всех ионных компонент плазмы на оси ловушки в области магнитной пробки (Z = 1284 мм)

Результаты исследований опубликованы в работах:

1. Берендеев Е. А., Димов Г. И., Иванов А. В., Лазарева Г. Г., Федорук М. П. Моделирование низкотемпературной многокомпонентной плазмы в ловушке-мишени // Докл. АН. 2015. Т. 460, № 5. С. 1–3.

2. Berendeev E. A., Dimov G. I., Dudnikova G. I., Ivanov A. V., Lazareva G. G., Vshivkov V. A. Mathematical and experimental simulation of a cylindrical plasma target trap with inverse magnetic mirrors // Journal of Plasma Physics. 2015. Vol. 81, iss. 5. P. 1–8.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.4.1.2. "Математическое моделирование сложных природных процессов с использованием параллельных и распределенных вычислений".

Номер государственной регистрации НИР 0315-2014-0008.

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Вшивков В. А.

Деятельность лаборатории параллельных алгоритмов решения больших задач направлена на создание численных моделей, эффективных алгоритмов и передовых технологий математического моделирования, в том числе с использованием суперЭВМ, для решения многомерных задач физики плазмы, астрофизики, гидродинамики и др. Проведенные теоретические исследования и вычислительные эксперименты позволили объяснить возникающие в подобных задачах физические и математические эффекты, а также оценить их влияние на получаемые решения.

В частности, рассмотрена задача изучения прохождения различного типа ионов через инверсную магнитную пробку в цилиндрической геометрии. Рассчитано радиальное

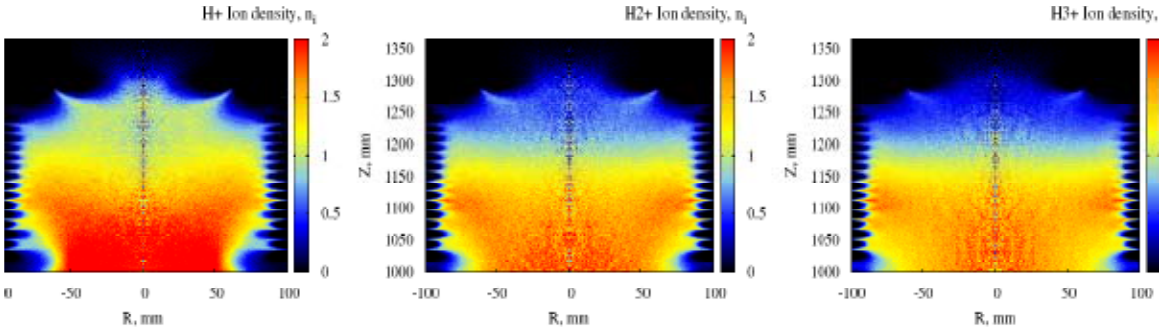


Рис. 4. Плотность ионов в области магнитной пробки

распределение плотности ионов в области инверсии магнитного поля вдоль оси в цилиндре с мультипольными стенками. Показано, что плотность ионов быстро падает по радиусу, при этом ионы H_2^+ и H_3^+ более "размазаны" по радиусу. Расчеты показали, что наружу проникают только частицы с повышенной поперечной энергией, и рассматриваемая конфигурация магнитного поля является достаточно эффективной для удержания частиц. На рис. 4 показана плотность ионов H^+, $H2^+$, $H3^+$ в области магнитной пробки, видно, что ионы с большей массой имеют больший разброс по радиусу у торцевого отверстия, однако величина потерь всех типов частиц невелика.

Рассмотрена задача динамики пучков заряженных частиц в самосогласованных электромагнитных полях в трехмерном ультрарелятивистском случае, когда пучки представляют собой длинные тонкие иглы. Использование параллельных алгоритмов с балансировкой загрузки процессоров для решения трехмерной динамики частиц позволило проводить расчеты с соотношением размеров пучков 1:100:1000. Вследствие условия устойчивости используемой схемы временной шаг для всей задачи выбирается из условия для наименьшего пространственного шага. С целью увеличения временно́го шага за счет ослабления условия устойчивости создана и исследована новая схема для расчета уравнений Максвелла в трехмерном случае на основе схемы с перешагиванием. Исследованы порядок аппроксимации схемы в одномерном и трехмерном случаях, изменение схемой амплитуд волн. Показано, что скорость распространения волн зависит от волнового числа, и при определенном соотношении пространственного и временно́го шагов высокочастотные колебания могут распространяться в обратную сторону. Этим свойством обладает и исходная схема с перешагиванием, при этом различие в решениях незначительны, но предложенная схема позволяет проводить расчеты с более крупным временным шагом. Новая схема дает возможность сократить количество действий программы при моделировании динамики пучков.

Реализован алгоритм расчета ускорительных координат частиц с целью отслеживания изменения их распределения под воздействием поля встречного пучка, что позволяет более точно отслеживать области изменений пучка частиц при действии на них полей. Реализован алгоритм трекинга пробных частиц в лабораторной и ускорительной системах координат для случая взаимодействия веера частиц с пучком, что дает возможность проводить сравнения результатов трехмерного моделирования и моделирования с помощью имеющихся стандартных кодов.

Для задачи взаимодействия электронного пучка с плазмой исследована зависимость точности решения, получаемого с помощью созданного комплекса программ, от количества модельных частиц. Даны общие оценки минимально допустимого числа модельных частиц в ячейке для корректного моделирования процесса взаимодействия электронного пучка с плазмой в трехмерной постановке. Чтобы понизить уровень численных шумов, предложено

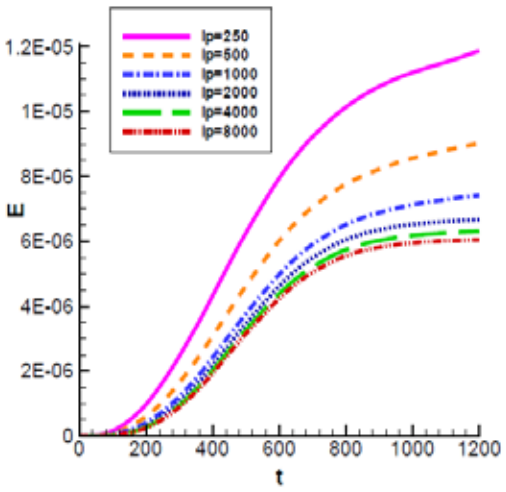


Рис. 5. Изменение во времени напряженности электрического поля E_x для различных значений числа частиц в ячейке *lp*

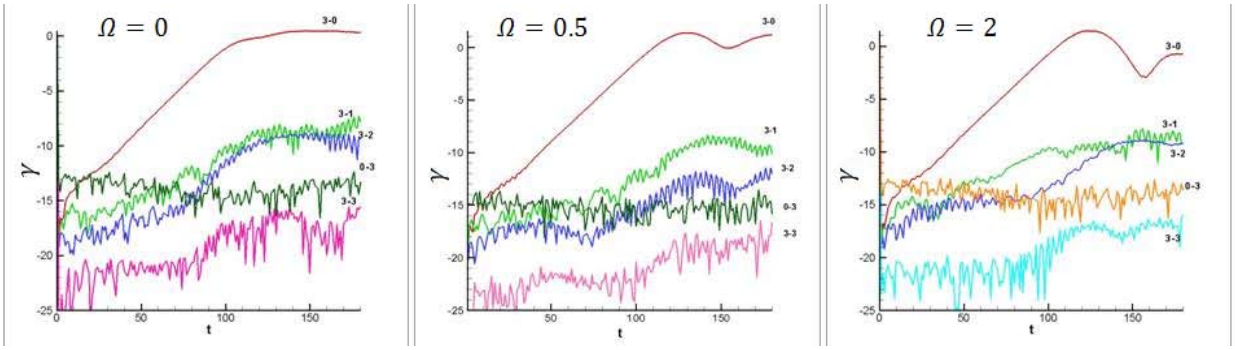


Рис. 6. Изменение инкремента роста амплитуды поля во времени для различных значений начального магнитного поля

использовать ядра модельных частиц повышенной гладкости. Для этого созданы встраиваемые в комплекс программ модули вычисления плотностей с различной формой ядра частицы и модуль вычисления тока по методу Т. Ж. Есиркепова для более корректного вычисления токов, позволяющий вычислять токи от частиц произвольной формы.

Изучены различные сценарии нелинейной эволюции в системе пучок – плазма в случае пучка малой плотности. Основные параметры расчетов выбирались близкими к условиям экспериментов, проводимых на установке ГОЛ-3. Проведено сравнение результатов моделирование с аналитическим решением. Получено хорошее соответствие расчетных и аналитических результатов для инкремента нарастания амплитуды поля. Исследована зависимость решения от числа частиц в ячейке. На рис. 5 приведены графики нарастания амплитуды электрического поля в зависимости от времени для различного числа частиц в ячейке (lp). Получено, что для сходимости решения необходимо выбирать значение числа частиц в ячейке не менее 500.

Фурье-анализ показал, что в начальный момент времени ($t < 200$) вклад в решение вносят коротковолновые гармоники, соответствующие счетным шумам. С течением времени происходит нарастание амплитуды поля и формируются возмущения плотности, и соответственно, основной вклад в решение вносит гармоника 3-0 для различных значений начального магнитного поля (на рис. 6 начальное магнитное поле соответствует Ω=0, Ω=0,5 и

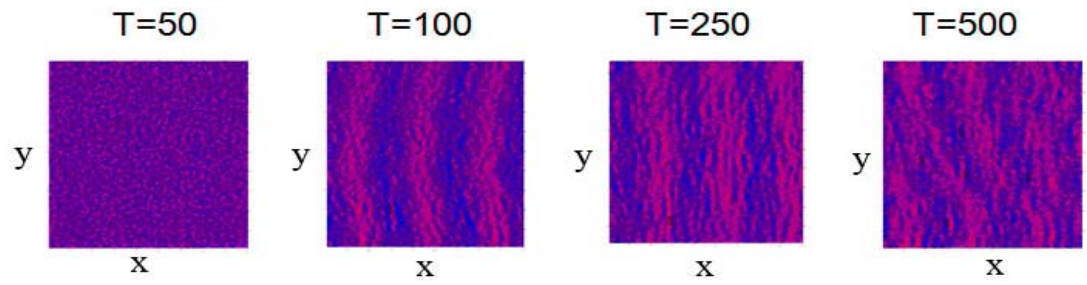


Рис. 7. Плотность заряда пучка в различные моменты времени *t*

Ω=2). Удалось воспроизвести эффект перекачки энергии из основной неустойчивой моды в другие. На рис. 7 приведены значения плотности заряда пучка в последовательные моменты времени. В начальный момент времени решение однородное, с нарастанием амплитуды поля образуются три волны.

Для разработки программ математического моделирования в релятивистской электродинамике создан инструмент, обеспечивающий возможность быстрой и надежной замены частей программы, связанных с конкретной задачей. Такая замена производится с помощью шаблонов языка C^{++} и механизма наследования. С помощью наследования программа моделирования динамики плазмы была преобразована в программу моделирования встречных пучков. Более того, GPU-версия программы моделирования динамики плазмы была построена с помощью шаблонов C^{++}. Для повышения точности моделирования использованы виртуальные методы. Таким образом, инструменты объектно-ориентированного программирования в языке C^{++} дают возможность быстрой и несложной замены вычислительных методов и перехода от одной суперкомпьютерной архитектуры к другой. Таким образом, осуществлен переход от гибридной архитектуры GPU к Intel Xeon Phi. Следует отметить, что компиляция программы для разных архитектур происходит с одного исходного текста, а средства программирования высокого уровня дают возможность провести оптимизацию под конкретную архитектуру.

Предложен новый параллельный алгоритм решения двумерного и трехмерного уравнений Пуассона в контексте нестационарных задач астрофизики, основанный на декомпозиции трехмерной области по двум направлениям, применении прямого метода решения задачи Дирихле в каждой подобласти и комбинации метода сопряжения подобластей для двумерного экранированного уравнения Пуассона с методом разделения переменных.

Разработан параллельный алгоритм суперкомпьютерного трехмерного моделирования бесстолкновительных гравитирующих систем, комбинирующий метод частиц-в-ячейках (PIC) для решения уравнения Власова и метод параллельного вычисления гравитационного потенциала изолированных систем на основе свертки. Алгоритм использует специальный способ декомпозиции области, динамически назначающий процессоры подобластям и обеспечивающий равномерную балансировку загрузки, а также учитывает физические особенности задач моделирования нестационарных вращающихся дисков (дву- и трехмерных). В этом случае PIC-частицы, описывающие динамику бесстолкновительного вещества, могут перемещаться по всей вычислительной области, таким образом многократно переходить между подобластями и соответствующими им процессорами. Параллельный алгоритм может быть использован на суперкомпьютерах с различными типами архитектур: традиционными (CPU) и гибридными (CPU с видеокартами NVIDIA GPU и Intel Xeon Phi).

Для моделирования газопылевых гравитирующих тонких дисков предложен параллельный алгоритм, комбинирующий метод частиц-в-ячейках, метод сглаженных частиц

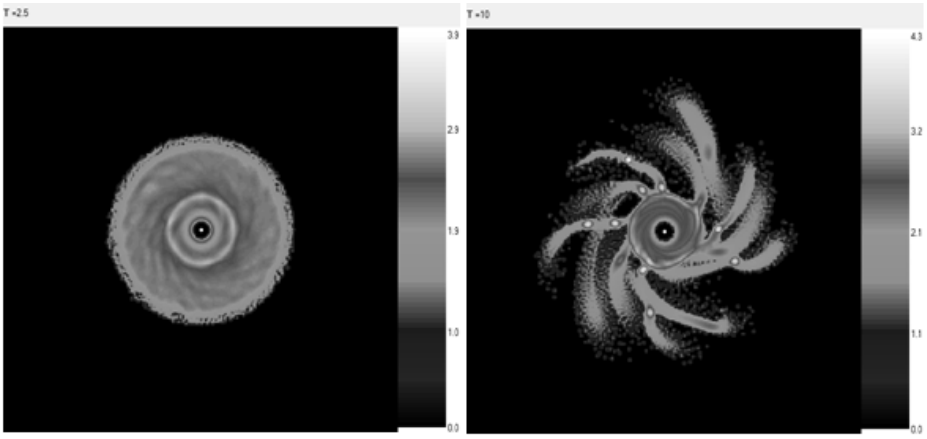


Рис. 8. Суперкомпьютерное моделирование тонких газопылевых дисков

а *б*

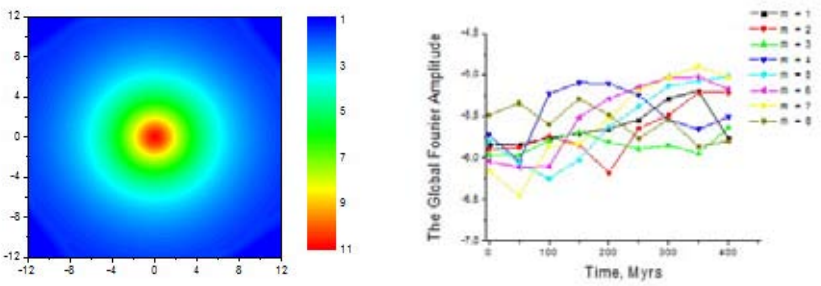


Рис. 9. Столбцевая плотность галактического диска в устойчивой конфигурации (*а*); поведение глобальных амплитуд Фурье (*б*)

для решения уравнений газодинамики и метод свертки для вычисления гравитационного потенциала.

В рамках моделирования эволюции галактик в 2015 г. сформулирована математическая модель изотермического галактического диска на основе равновесной конфигурации вращающегося облака. Для исследования были рассмотрены одна устойчивая и три неустойчивых конфигурации с использованием тяжелого, среднего и легкого галактических дисков. В случае устойчивой конфигурации (рис. 9) форма галактического диска не меняется со временем (рис. 9,*а*), а амплитуды Фурье находятся примерно на одном уровне (рис. 9,*б*).

Для случая неустойчивой конфигурации смоделированы сценарии развития двух (рис. 10), четырех (рис. 11) и семи (рис. 12) рукавов плотности для тяжелого, среднего и легкого галактического диска, соответственно. В случае развития двух рукавов (рис. 10,*а*) имеет место выделение трех гармоник, две из которых (четвертая и восьмая), вероятно, связаны с сеточными эффектами, однако после установления решения основное влияние на решение оказывает вторая гармоника (рис. 10,*б*), что приводит к образованию двурукавной галактики.

В случае развития четырех рукавов (рис. 11,*а*) имеет место выделение двух гармоник, которые являются следствием сеточных эффектов, однако после установления решения основное влияние на него оказывает четвертая гармоника (рис. 11,*б*), что приводит к образованию четырехрукавной галактики. В этом вычислительном эксперименте первоначальное поведение четвертой и восьмой гармоник связано исключительно с сеточными эффектами, однако в случае развития какой-либо моды соответствующая гармоника вела себя

а *б*

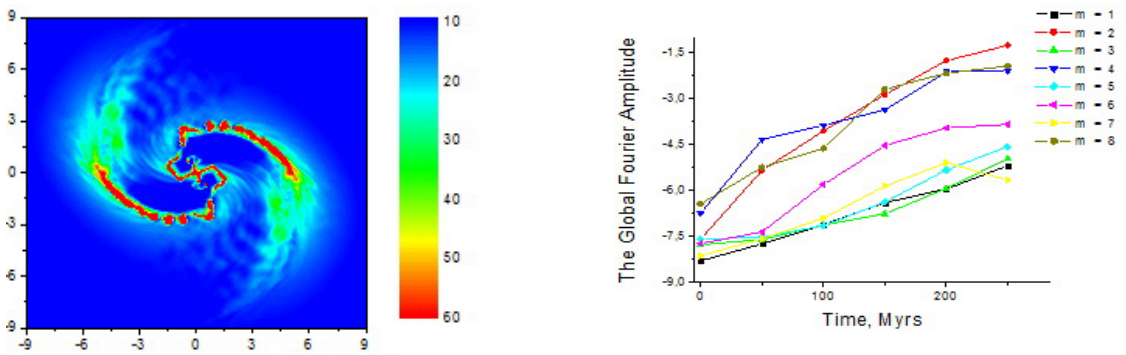


Рис. 10. Столбцевая плотность галактического диска (в $M_{\odot}\, pc^{-2}$) в неустойчивой конфигурации при сценарии образования двух рукавов (*а*); поведение глобальных амплитуд Фурье (*б*)

а *б*

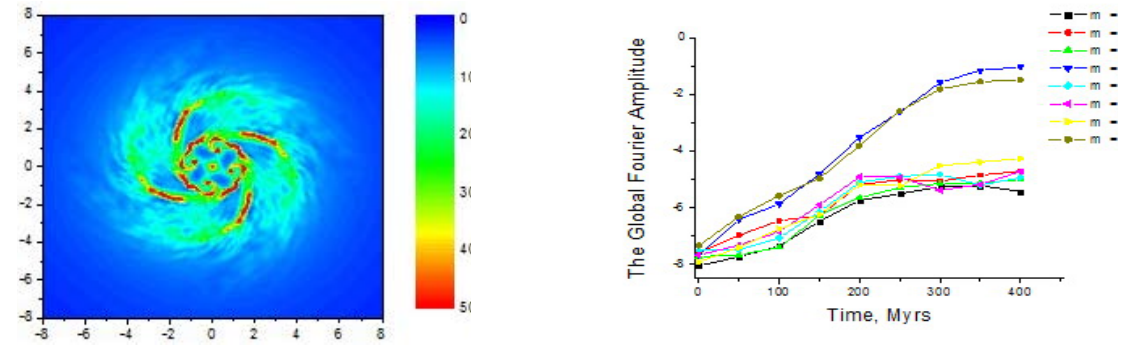


Рис. 11. Столбцевая плотность галактического диска (в $M_{\odot}\, pc^{-2}$) в неустойчивой конфигурации при сценарии образования четырех рукавов (*а*); поведение глобальных амплитуд Фурье (*б*)

а *б*

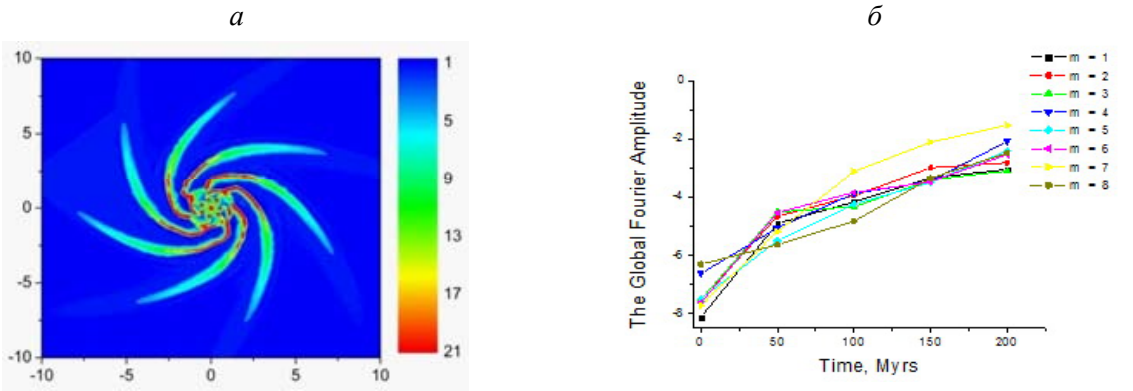


Рис. 12. Столбцевая плотность галактического диска (в $M_{\odot}\, pc^{-2}$) в неустойчивой конфигурации при сценарии образования семи рукавов (*а*); поведение глобальных амплитуд Фурье (*б*)

аналогичным образом (например, в случае развития двухрукавной галактики) и в первое время, возможно, подавлялась бы четвертой и восьмой гармониками. Однако такого эффекта не наблюдается, и развиваются четыре рукава плотности за счет значительной массы галактического диска.

В случае развития семи рукавов (рис. 12,*а*) имеет место выделение всех рассматриваемых гармоник. Это связано с малой массой галактического диска, однако после установления

решения основное влияние на решение оказывает седьмая гармоника (рис. 12,*б*), что приводит к образованию семирукавной галактики.

Дополнительно проведен анализ поведения линдбладовского резонанса, который показал, какие гармоники и на каких этапах образуются и подавляются. Такой анализ полностью подтвердил теоретический механизм образования спиральных рукавов галактик.

В рамках совместной работы лаборатории ПАРБЗ и академика С. К. Годунова проводились исследования численной модели процесса волнообразования при сварке взрывом. Разработан и реализован алгоритм образования кумулятивной струи при сварке пластин при малом угле между ними; исследовано многофазное (газодинамическое / гидродинамическое / упруго-пластическое) уравнение состояния, которое позволило смоделировать переход упруго-пластической среды к многофазной модели. Также были исследованы метод С. К. Годунова и его модификация высокого порядка точности на реальный порядок сходимости в случае разрывных и непрерывных решений.

Все вычислительные эксперименты проводились на суперкомпьютерах Межведомственного суперкомпьютерного центра (МСКЦ), Сибирского суперкомпьютерного центра (ССКЦ), и "Ломоносов" в МГУ.

Результаты работ по проектам РФФИ

Проект № РФФИ 14-01-00392 "Создание эффективных параллельных алгоритмов для моделирования процессов в релятивистской физике плазмы".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Вшивков В. А.

В 2015 г. продолжена работа по совершенствованию методов решения задач в области физики плазмы, созданию кодов и решению практических задач. Проведены методические разработки в области ядер метода частиц, в частности повышение гладкости ядра модельной частицы, и реализация метода вычисления токов с произвольной формой ядра частицы. Создана модификация метода моделирования динамики встречных пучков с применением трехмерного адаптивного алгоритма динамического изменения количества частиц 3D AMP-SQuaD. Создана новая неявная конечно-разностная схема для решения уравнений Максвелла в задаче о встречных пучках с целью повышения устойчивости метода. В методе частиц-в-ячейках разработан численный алгоритм непрерывной инжекции электронного пучка в плазму. Модифицирована гибридная модель бесстолкновительной плазмы, позволяющая учесть конечную температуру электронов. Проведены полномасштабные расчеты динамики многокомпонентной плазмы в магнитной ловушке, оценка поведения вблизи магнитных пробок и мультипольных магнитных стенок. Проведены численные эксперименты с целью проанализировать устойчивость пучков, светимость и различные виды энергии, а также исследовать возмущения импульсного спектра частиц в сгустке.

Проект РФФИ № 15-01-00508 "Разработка эффективных параллельных вычислительных методов высокого порядка точности для моделирования динамики астрофизических объектов на гибридных высокопроизводительных вычислительных системах".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Куликов И. М.

В рамках работы по гранту разработан новый численный метод высокого порядка точности на гладких решениях и с малой диссипацией на разрывах на основе комбинации метода крупных частиц, метода Годунова, кусочно-параболического метода на локальном шабло-

не. С помощью численного метода смоделированы сценарии образования двух-, четырех- и семирукавных галактик в ходе развития неустойчивостей.

Проект РФФИ № 15-31-20150 "Разработка эффективных параллельных вычислительных методов высокого порядка точности для разномасштабного моделирования астрофизических течений на гибридных суперЭВМ"

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Куликов И. М.

В рамках работы по гранту разработан новый параллельный метод высокого порядка точности для решения уравнений многокомпонентной многофазной гидродинамики в comoving системе координат с учетом космологического расширения, а также процессов звездообразования, эффекта от сверхновых и первозданной (в зарубежной литературе "примордиальной") химокинетикой водорода и гелия. С помощью zoom подхода последовательно смоделированы сценарии: образования скопления галактик, пустот (в зарубежной литературе "войды"), "волос" (в зарубежной литературе "филаменты") и "стен" (в зарубежной литературе встречается термин "блинчики"); эволюции скопления галактик до образования отдельных галактик; столкновения галактик с образованием областей с активным процессом звездообразования (масштабы молекулярных облаков).

Проект РФФИ № 14-01-31088 "Разработка масштабируемого параллельного алгоритма для моделирования динамики гравитирующих систем на суперкомпьютерах экзафлопсного класса".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Снытников Н. В.

Разработан новый метод декомпозиции для решения трехмерного уравнения Пуассона на основе созданного ранее параллельного алгоритма для решения двумерного экранированного уравнения Пуассона. Декомпозиция выполняется по двум направлениям и основана на применении метода разделения переменных (преобразовании Фурье) в одном направлении и независимом решении экранированных уравнений Пуассона для каждой гармоники потенциала. Проведен сравнительный анализ производительности предложенного алгоритма; реализован стандартный метод разделения переменных, параллельная версия которого основана на многомерном быстром преобразовании Фурье и транспонировании массива данных (Fast Fourier Transform with Transposition (FFTT)). Проведены тестовые эксперименты для оценки слабой и сильной масштабируемостей с использованием суперкомпьютеров Сибирского суперкомпьютерного центра и Московского суперкомпьютерного центра.

Проект РФФИ № 14-07-00241 "Параметризованная реализация метода частиц-в-ячейках для решения задач физики плазмы на суперЭВМ гибридной архитектуры".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Снытников А. В.

Создан алгоритм параллельных вычислений высокой масштабируемости (реально проведенные тестовые расчеты: 500 ускорителей Nvidia Tesla, имеющих 448 вычислительных ядер, т. е. более 20 тыс. ядер, и 100 ускорителей Intel Xeon Phi, 61 вычислительное ядро в каждом, т. е. более 6 тыс. ядер).

Продемонстрирована возможность замены ядер метода частиц в готовом коде: PIC-ядра, на основе которых создан код, с помощью аппарата шаблонов C^{++} заменены на параболические и ядра Есиркепова. Преимущества в данном случае заключаются в простоте переработки кода, а также в повышении точности расчетов, или, что то же самое, возможности проведения расчетов с меньшим числом модельных частиц (в 1,5–2 раза меньше для параболических ядер по сравнению с PIC-ядрами).

Наиболее принципиальным вопросом является существование не нескольких программ для GPU, Phi, пучково-плазменного взаимодействия, встречных пучков, с параболическими ядрами, с ядрами PIC, а, напротив, единственной программы, которая при необходимости в результате незначительных изменений (директивы условной компиляции, параметры шаблонов) может быть использована для одного из перечисленных случаев.

Проект РФФИ № 14-01-31220 "Математическое моделирование на суперЭВМ динамики плазмы в ловушке-мишени для получения атомарных пучков высокой энергии".

Руководитель проекта – Берендеев Е. А.

На основе комбинации метода частиц-в-ячейках и методов Монте-Карло разработана математическая модель, описывающая динамику плазмы в магнитной ловушке-мишени. Для расчета траекторий частиц в сильных магнитных полях разработан метод адаптивного шага по времени, позволяющий существенно сократить время вычислений. С помощью вычислительных экспериментов на текущем этапе проекта установлено распределение плотности ионов плазмы в цилиндрической ловушке в различные моменты времени после начала ионизации. Показано, что ионы заполняют практически всю ловушку, при этом основная часть плазмы удерживается еще до апертурных отверстий на торцах, что говорит о высокой эффективности магнитной системы ловушки.

Проект РФФИ № 13-07-00589 "Разработка методов имитационного моделирования поведения сверхмасштабируемых алгоритмов на суперЭВМ экзафлопсной производительности".

Руководитель проекта – д.т.н. Глинский Б. М.

Исполнитель – к.ф.-м.н. Куликов И. М.

В рамках работы по гранту разработана имитационная модель программной реализации численного метода решения уравнений гравитационной газовой динамики для классических и гибридных суперЭВМ. Эксперименты на такой имитационной модели с помощью комплекса AGNES показали 80-процентную масштабируемость до одного миллиона вычислительных устройств.

Проект РФФИ № 15-05-03336 «Физические модели "неклассического" формирования циклических взрывных извержений на примере вулканов St Helens и Erebus».

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Кедринский В. К.

Исполнитель – д.ф.-м.н. Вшивков В. А

В задаче формирования разрыва в пузырьковой жидкости при импульсном нагружении предложена новая численная модель, основанная на методе частиц-в-ячейках, которая принципиально отличается от схемы частиц в ячейках Харлоу тем, что частицы имеют собственную скорость, поэтому границы с вакуумом не размываются. Впервые на базе этой модели в рамках общей постановки рассчитан процесс формирования разрыва и его последующей динамики в слое пузырьковой жидкости в области скачка массовой скорости. Рассчитана динамика состояния среды на обоих "берегах" разрыва, включая структуру волн разрежения, полей массовой скорости и плотности, а также процесс развития кавитации.

Проект РФФИ № 14-01-31199 "Разработка эффективных параллельных алгоритмов для моделирования влияния химических процессов на эволюцию астрофизических объектов с использованием гибридных высокопроизводительных суперкомпьютеров".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Черных И. Г.

Исполнитель – к.ф.-м.н. Куликов И. М.

В рамках работы по гранту сформулирована химодинамическая модель образования молекулярного водорода на галактической пыли, а также его диссоциация. Для модели построено аналитическое решение, реализованное для моделирования образования молекулярного облака.

Результаты работ по проектам Российского научного фонда

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

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Ильин В. П.

Исполнители: д.ф.-м.н. Вшивков В. А., Берендеев Е. А., к.ф.-м.н. Боронина М. А., Ефимова А. А., к.ф.-м.н. Снытников Н. В.

Существует гипотеза о том, что бесстолкновительные ударные волны могут быть эффективным ускорителем частиц в астрофизике. В ходе работ над проектом выполнено численное моделирование ионно-акустических ударных волн, основанное на одномерном кинетическом приближении для ионов и электронов при реальном соотношении масс. Изучены эффективность отражения, распределение отраженных ионов и структура электростатических ударных волн в зависимости от параметров ударных волн.

Прочие гранты

Грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-6648.2015.9.

Руководитель – к.ф.-м.н. Куликов И. М.

На основе комбинации метода крупных частиц (operator splitting подхода в зарубежной литературе), метода Годунова и кусочно-параболического метода на локальном шаблоне разработан и реализован новый численный метод решения уравнений гравитационной магнитной газовой динамики. Разработанный численный метод имеет высокий порядок точности на гладких решениях и малую диссипацию в случае разрывных решений, исключает необходимость введения члена искусственной вязкости или ограничителей за счет специальной процедуры построения параболы около больших градиентов решения, получаемое численное решение инвариантно относительно поворота и в нем отсутствуют карбункул-эффекты, гарантируется неубывание энтропии, возможно расширение на более сложные гидродинамические модели, программная реализация проста в реализации, масштабируемость потенциально бесконечна.

Публикации

Монографии и главы в монографиях

1. 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. Ижевск: Изд-во Ижевского ин-та компьютерных исследований, 2014. С. 296. ISBN: 978-5-4344-0217-0.

2. Snytnikov A. Large-scale and fine-grain parallelism in plasma simulation. In: Parallel Programming: Practical Aspects, Models and Current Limitations. Chap. 3. NOVA science publishers. Ser.: Mathematics Research Developments. Ed. by M. S. Tarkov. 2014. P. 59–70. ISBN: 978-1-63321-957-1.

3. Kulikov I., Chernykh I., Snytnikov A., Protasov V., Tutukov A., Glinsky B. Numerical modelling of astrophysical flow on hybrid architecture supercomputers. In: Parallel Programming: Practical Aspects, Models and Current Limitations. Chap. 4. P. 71–117. NOVA science publishers. Ser.: Mathematics Research Developments. Ed. by M.S. Tarkov. 2014. ISBN: 978-1-63321-957-1.

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Берендеев Е. А., Вшивков В. А., Ефимова А. А., Месяц Е. А. Численное моделирование развития турбулентности при взаимодействии электронного пучка с плазмой // Вычислительные методы и программирование. 2015. Т. 16. Вып. 1. С. 139–145. (*в базе РИНЦ*)

2. Берендеев Е. А., Димов Г. И., Иванов А. В., Лазарева Г. Г., Федорук М. П. Моделирование низкотемпературной многокомпонентной плазмы в ловушке-мишени // Докл. АН. 2015. Т. 460, № 5. С. 1–3. (*в базе РИНЦ*)

3. Вшивков В. А., Кедринский В. К., Дудникова Г. И., Шокин Ю. И. О численной модели формирования разрыва в пузырьковой жидкости при импульсном нагружении // Там же. Т. 464, № 1. С. 1–4. (*в базе РИНЦ*)

4. Снытников Н. В. Параллельный алгоритм для решения 2D-уравнения Пуассона в контексте нестационарных задач // Вычислительные методы и программирование. 2015. Т. 16. С. 39–51. (*в базе РИНЦ*)

5. Снытников Н. В. Декомпозиция области на основе прямого метода решения трехмерного уравнения Пуассона в нестационарных задачах астрофизики // Там же. С. 94–98 (*в базе РИНЦ*)

6. Стояновская О. П., Снытников Н. В., Снытников В. Н. Алгоритм для решения нестационарных задач гравитационной газовой динамики: комбинация метода SPH и сеточного метода вычисления гравитационного потенциала // Там же. С. 52–60. (*в базе РИНЦ*)

Зарубежные издания

1. Efimova A. A., Berendeev E. A., Dudnikova G. I., Vshivkov V. A. Numerical simulation of nonlinear processes in a beam-plasma system // AIP Conf. proc. 2015. 1684, 100001. P. 1–8. DOI: 10.1063/1.4934338. (*в базах Scopus, Web of Science*)

2. Vshivkov V. A., Kedrinskii V. K., Dudnikova G. I., Shokin Yu. I. A numerical model of rupture formation in a bubbly liquid under pulsed loading // Doklady Physics. 2015. Vol. 60, N 9. P. 392–395. (*в базах Scopus, Web of Science*)

3. Berendeev E. A., Dimov G. I., Ivanov A. V., G. G. Lazareva, M. P. Fedoruk Simulation of Low_Temperature Multicomponent Plasmas in a Target Trap // Ibid. No. 2. P. 1–4. DOI: 10.1134/S1028335815020044. (*в базах Scopus, Web of Science*)

4. Boronina M. A., Dudnikova G., Vshivkov V. A. 3D computer simulations of the ultra-relativistic beam dynamics in super colliders // Proc. of IPAC2015, Richmond, (USA), 2015. MOPJE023. P. 326–329. (*в базе Scopus*)

5. Boronina M. A., Vshivkov V. A. Parallel 3-D particle-in-cell modelling of charged ultra-relativistic beam dynamics // Journal of Plasma Physics. 2015. Vol. 81. 495810605. DOI:10.1017/S0022377815001178. (*в базах Scopus, Web of Science*)

6. Liseykina T. V., Dudnikova G. I., Vshivkov V. A., Malkov M. A. Ion-acoustic shocks with reflected ions: modelling and particle-in-cell simulations // Ibid. Vol. 81, iss. 05. 495810507 (*в базах Scopus, Web of Science*)

7. Berendeev E. A., Dimov G. I., Dudnikova G. I., Ivanov A. V., Lazareva G. G., Vshivkov V. A. Mathematical and experimental simulation of a cylindrical plasma target trap with

inverse magnetic mirrors // Journal of Plasma Physics. 2015. Vol. 81, iss. 05. P. 1-8. DOI:10.1017/S0022377815000896. (*в базах Scopus, Web of Science*)

8. Lotov K. V., Timofeev I. V., Mesyats E. A., Snytnikov A. V., Vshivkov V. A. Note on quantitatively correct simulations of the kinetic beam-plasma instability // Physics of Plasmas. AIP Publishing LLC 22, 024502. 2015. (*в базах Scopus, Web of Science*)

9. Kulikov I., Chernykh I. Glinskiy B., Weins D., Shmelev A. Astrophysics simulation on RSC massively parallel architecture // Proc. of the 15th IEEE/ACM International symposium on cluster, cloud, and grid computing "CCGrid". 2015. P. 1131–1134. DOI: 10.1109/CCGrid.2015.102). (*в базе Scopus*)

10. 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. DOI: 10.1016/j.cpc.2014.09.004. (*в базах Scopus, Web of Science*)

11. Boronina M., Vshivkov V. Implicit scheme for Maxwell equations solution in case of flat 3D domains // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2016. (*в базе Scopus*)

12. Snytnikov A., Mesyats E, Boronina M., Romanenko A. A technology for the design of hybrid supercomputer simulation codes for relativistic particle electrodynamics // Proc. of the 1st Russian conference on supercomputing "Supercomputing Days 2015", Moscow, Sept. 28–29, 2015. P. 17–25 (*в базах Scopus, РИНЦ*)

13. Glinsky B., Kulikov I., Snytnikov A., Chernykh I., Weins D. A multilevel approach to algorithm and software design for exaflops supercomputers // Ibid. P. 4–16. (*в базах Scopus, РИНЦ*)

14. Kulikov I., Chernykh, I., Nenashev V., Katysheva E. Numerical modeling of interacting galaxies on Intel Xeon Phi supercomputers // Ibid. P. 226–237. (*в базах Scopus, РИНЦ*)

Материалы международных конференции и совещаний

1. Снытников Н. В. Параллельный метод декомпозиции области для решения уравнения Пуассона в нестационарных задачах астрофизики // Труды Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. [Электрон. ресурс]. Новосибирск: Абвей, 2015. 1 электрон. опт. диск. С. 676–680. ISBN 978-5-9905347-2-8. (*в базе РИНЦ*)

2. Снытников Н. В., Вшивков В. А. Параллельный метод частиц в ячейках для решения системы уравнений Власова – Пуассона на гибридных суперкомпьютерах // Там же. С. 681–687 (*в базе РИНЦ*)

3. Берендеев Е.А. Моделирование осесимметричных плазменных ловушек методом частиц в ячейках // Там же. С. 108–114. (*в базе РИНЦ*)

4. Ефимова А. А., Дудникова Г. И. Численное моделирование неустойчивых процессов в высокотемпературной плазме // Там же. С. 248–253. (*в базе РИНЦ*)

5. Kulikov I., Chernykh I., Vorobyov E., Snytnikov A., Weins D., Shmelev A., Protasov V., Serenko A., Katysheva E., Vshivkov V., Rodionov A., Glinsky B., Tutukov A. High performance computing in astrophysics // Abst. of the ISC'15. 2015. I. 11. P. 1–3. [Electron. resource]. http://www.isc-events.com/isc15_ap/auftritt/daten/attachments/11_Abstract_Kulikov.pdf

6. Снытников Н. В., Вшивков В. А. Метод декомпозиции области для суперкомпьютерного моделирования гравитирующих систем // Труды Междунар. конф. "Суперкомпьютерные дни в России". 2015. С. 572–580. (*в базе РИНЦ*)

7. Куликов И. М., Черных И. Г., Ненашев В. Е., Катышева Е. В. Математическое моделирование столкновения галактик на гибридных суперЭВМ с ускорителями Intel Xeon Phi // Там же. (*в базе РИНЦ*)

8. Снытников Н. В. Декомпозиция области на основе прямого метода решения трехмерного уравнения Пуассона в нестационарных задачах астрофизик // Труды международной научной конференции "Параллельные вычислительные технологии" (ПаВТ'2015). 2015. С. 263–271.

Прочие издания

1. Боронина М. А., Вшивков В. А. Исследование неявной схемы для решения уравнений Максвелла в плоских трехмерных областях // Труды конференции-школы "Современные проблемы математического моделирования". 2015. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 33–38. (*в базе РИНЦ*)
2. Лазарева Г. Г., Федоров Е. А. Математическое моделирование новой технологии разработки месторождения с трудными запасами нефти // Там же. С. 123–127. (*в базе РИНЦ*)
3. Месяц Е. А., Снытников А. В., Лотов К. В. Моделирование кинетической неустойчивости теплого электронного пучка малой плотности в плазме методом частиц в ячейках // Там же. С. 166–171. (*в базе РИНЦ*)
4. Куликов И. М., Черных И. Г. AstroPhi 2.0: новый код высокого порядка точности для гидродинамического моделирования астрофизических течений на гибридных суперЭВМ, оснащенных ускорителями Intel Xeon Phi // Проблемы информатики. 2015. № 3. С. 46–70 (*в базе РИНЦ*)
5. Протасов В. А., Куликов И. М. PADME – новый код для моделирования процесса формирования георесурсов планет на гетерогенных вычислительных системах // Известия Томского политехнического университета. Сер.: Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326, № 8. С. 61–70. (*в базе РИНЦ*)
6. Boronina M. A., Snytnikov A. V. Parallel template implementation of a Particle-in-Cell code for the simulation of ultrarelativistic beam dynamics // Bull. NCC. Ser.: Numerical Analysis. 2015. Vol. 17. P. 7–17. (*в базе РИНЦ*)
7. Snytnikov N. V., Stoyanovskaya O. P. A domain decomposition algorithm using SPH and PIC methods for simulating gas-dust gravitating disks // Ibid. P. 69–78. (*в базе РИНЦ*)
8. Snytnikov N. V. Optimized parallel algorithm for solving the Poisson equation in non-stationary problems // Ibid. P. 61–67. (*в базе РИНЦ*)
9. Kulikov I., Chernykh I., Katysheva E., Protasov V., Serenko A. The numerical simulation of interacting galaxies by means of hybrid supercomputers // Ibid. P. 17–33. (*в базе РИНЦ*)
10. Vshivkova L. V., Dudnikova G. I., Liseykina T. V., Mesyats E. A. Hybrid simulation of collisionless shock waves using the PIC-method // Ibid. P. 79–88. (*в базе РИНЦ*)
11. Berendeev E. A. Efimova A. A., Vshivkov V. A. Numerical simulation of various scenarios of nonlinear evolution in a beam-plasma system // Ibid. 2015. P. 69–78. (*в базе РИНЦ*)
12. Snytnikov A. V. Particle reordering optimization in the Particle-In-Cell method implementation for the GPU-based supercomputers // Ibid. P. 53–60. (*в базе РИНЦ*)
13. Glinskiy B., Kulikov I., Snytnikov A., Romanenko A., Chernykh I., Vshivkov V. Co-design of parallel numerical methods for plasma physics and astrophysics // Supercomputing Frontiers and Innovations. 2014. V. 1, iss. 3. P. 88–98. DOI: 10.14529/jsfi140305.

Участие в конференциях и совещаниях

1. Конференция молодых ученых ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск, 6–8 апреля 2015 г. – 1 доклад (Куликов И. М.).
2. 7-й Сибирский форум "Индустрия информационных систем", Новосибирск, 23–24 апреля 2015 г. – 1 доклад (Куликов И. М.).

3. IEEE/ACM 15th International symposium on cluster, cloud, and grid computing CCGrid, Шеньжень (Китай), 4–7 мая 2015 г. – 1 доклад (Куликов И. М.).

4. AstroNum, Авиньон (Франция), 8–12 июня 2015 г. – 1 доклад (Куликов И. М.).

5. Workshop on non-equilibrium flow phenomena in honor of Mikhail Ivanov's 70th Birthday, Новосибирск, 15–18 июня 2015 г. – 1 доклад (Куликов И. М.).

6. 10th Marseille cosmology conference, Экс-эн-Прованс (Франция), 6–11 июля 2015 г. – 1 доклад (Куликов И. М.).

7. Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ), Екатеринбург, 30 марта – 3 апреля 2015 г. – 1 доклад (Снытников Н. В.).

8. High performance computing in astrophysics. ISC High Performance 2015, Франкфурт-на-Майне (Германия), 12–16 июля 2015 г. – 1 доклад (Куликов И. М., Снытников А. В.).

9. The 7th conference of the Euro-American consortium for promoting the application of mathematics in technical and natural sciences, Albena (Bulgaria), June 28 – July 3, 2015 – 1 доклад (Берендеев Е. А., Вшивков В. А., Ефимова Е. А.).

10. International particle accelerator conference, Richmond (USA), May 3–8, 2015 – 1 доклад (Вшивков В. А., Боронина М. А.).

11. International conference on computer simulation in physics and beyond, Москва, 6–10 сент. 2015 г. – 2 доклада (Боронина М. А., Куликов И. М.).

12. Международная конференция "Суперкомпьютерные дни в России", Москва, 28–29 сентября 2015 г. – 4 доклада (Боронина М. А., Генрих (Месяц) Е. А., Куликов И. М., Снытников А. В., Снытников Н. В.).

13. 7-я Международная молодежная научная школа-конференция "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г. – 3 доклада, 2 из них приглашенных (Куликов И. М., Лазарева Г. Г., Снытников Н. В.).

14. Complex plasma phenomena in the laboratory and in the Universe, Rome (Italy), 19–20 January 2015 – 3 доклада (Берендеев Е. А., Боронина М. А., Вшивков В. А., Ефимова Е. А., Генрих (Месяц) Е. А.).

15. Всероссийская конференция-школа молодых исследователей "Современные проблемы математического моделирования", пос. Дюрсо, Новороссийск, 14–19 сентября 2015 г. – 3 доклада (Вшивков В. А., Боронина М. А., Генрих (Месяц) Е. А., Лазарева Г. Г., Снытников А. В.).

16. Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 окт. 2015 г. – 14 докладов, 3 из них приглашенных (Берендеев Е. А., Боронина М. А., Вшивков В. А., Ефимова Е. А., Генрих (Месяц) Е. А., Куликов И. М., Лазарева Г. Г., Снытников А. В., Снытников Н. В.).

Участие в программных и организационных комитетах конференций

1. Куликов И. М.:

– член оргкомитета конференции молодых ученых ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск, 6–8 октября 2015 г.,

– член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

– член оргкомитета 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.;

2. Берендеев Е. А. – член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

3. Боронина М. А. – член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

4. Вшивков В. А. – член программного комитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

5. Ефимова Е. А. – член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.;

6. Генрих (Месяц) Е. А. – член оргкомитета Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 8
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 14
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 27
Монографий, глав в монографиях – 3
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 6
Публикаций в зарубежных изданиях – 5
Публикаций в материалах международных конференций – 8
Публикаций в прочих изданиях – 13
Докладов на конференциях – 37, в том числе 5 приглашенных.
Участников оргкомитетов конференций – 8.

Кадровый состав

1.	Вшивков В. А.	зав. лаб.,	д.ф.-м.н.
2.	Лазарева Г. Г.	с.н.с.,	д.ф.-м.н.
3.	Снытников А. В.	н.с.,	к.ф.-м.н.
4.	Снытников Н. В.	н.с.,	к.ф.-м.н.
5.	Куликов И. М.	н.с.,	к.ф.-м.н.
6.	Боронина М. А.	н.с.,	к.ф.-м.н.
7.	Месяц Е. А.	м.н.с.,	к.ф.-м.н.
8.	Ефимова А. А.	м.н.с.	
9.	Берендеев Е. А.	инженер	

Снытников Н. В., Куликов И. М., Боронина М. А., Ефимова А. А., Месяц Е. А. – молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

Вшивков В. А. – профессор НГУ
Куликов И. Г. – доцент НГТУ
Лазарева Г. Г. – доцент НГУ

Руководство аспирантами

Берендеев Е. А. – аспирант ИВМиМГ, руководитель Вшивков В. А.
Горшунов В. С. – аспирант ИВМиМГ, руководитель Вшивков В. А.

Эрдыниев Э. Б. – аспирант ИВМиМГ, руководитель Вшивков В. А.
Протасов В. А. – аспирант НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Серенко А. А. – аспирант НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Ненашев В. Е. – аспирант НГТУ, руководитель Куликов И. М.

Руководство студентами

Протасов В. А. – 2-й курс магистратуры НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Серенко А. А. – 2-й курс магистратуры НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Катышева Е. В. – 5-й курс НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Ненашев В. Е. – 5-й курс НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Морозов А. С. – 5-й курс НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Попов Д. Н. – 4-й курс НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Пугачев В. В. – 4-й курс НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Баландис Е. А. – 2-й курс магистратуры НГУ, руководитель Лазарева Г. Г.
Пугачев В. В. – 1-й курс магистратуры НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Лаговская К. В. – 4-й курс НГУ, руководитель – Боронина М. А.
Афонин Г. Д. – 4-й курс НГУ, руководитель Вшивков В. А.
Кохонов Р. Е. – 4-й курс НГУ, руководитель Вшивков В. А.
Тарасов В. С. – 4-й курс НГУ, руководитель Вшивков В. А.
Петрова М. Е. – 4-й курс НГУ, руководитель Вшивков В. А.
Пехтерев М. С. – 4-й курс НГУ, руководитель Вшивков В. А.
Назарченко Е. А. – 4-й курс НГУ, руководитель Вшивков В. А.
Льготина Е. В. – 4-й курс НГУ, руководитель Вшивков В. А.
Пригарин В. Г. – 4-й курс НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Попов Д. Н. – 4-й курс НГТУ, руководитель Куликов И. М.
Рольбанд И. Д. – 4-й курс НГУ, руководитель Лазарева Г. Г.
Росол М. В. – 4-й курс НГУ, руководитель Лазарева Г. Г.
Вотяков Г. Г. – 4-й курс НГУ, руководитель Лазарева Г. Г.

Лаборатория Сибирский суперкомпьютерный центр

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

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2015 г. в соответствии с планом НИР института

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

Номер государственной регистрации НИР 01201370232.

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

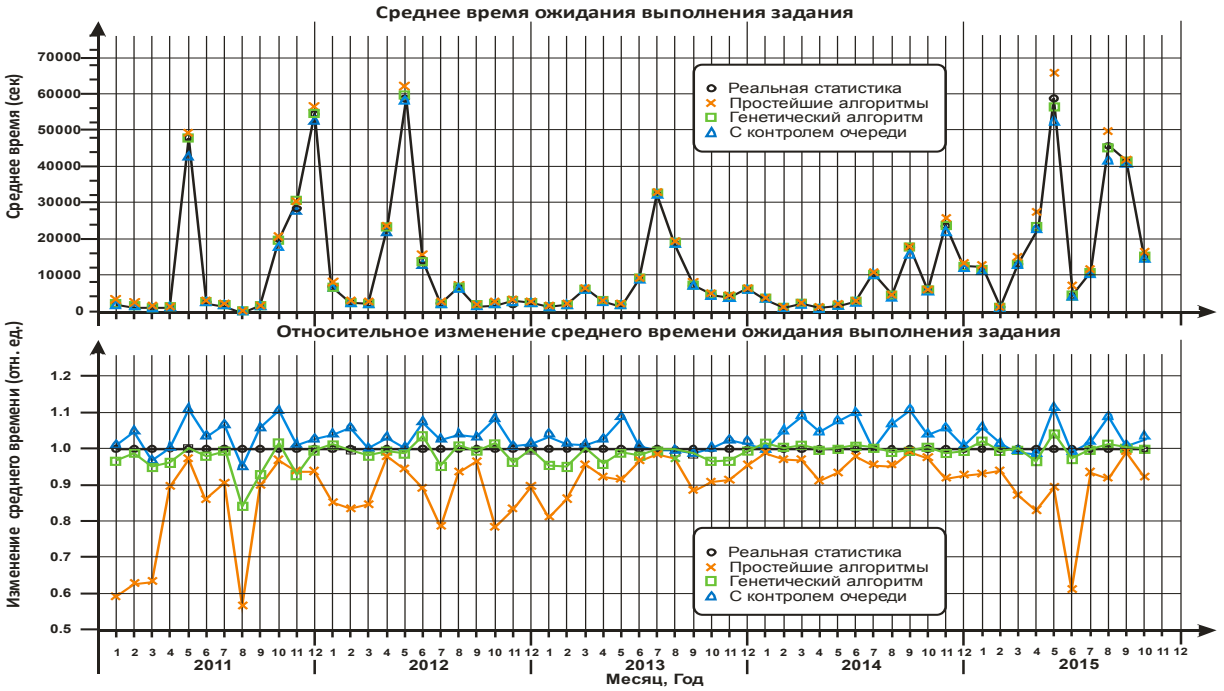
В рамках данного проекта в лаборатории продолжена работа над использованием суперкомпьютерных технологий ЦКП ССКЦ для решения широкого круга фундаментальных задач институтами Сибирского отделения в различных направлениях: астрофизика, аэротермодинамика, биоинформатика, биология, вычислительная математика, вычислительная гидродинамика, вычислительная техника, геология, геофизика, глобальные климатические изменения, квантовая химия, комплексное освоение и сохранение недр Земли, математика, параллельные вычислительные технологии, системы виртуальной реальности, структура и свойства полимеров, физика, физика высоких энергий (ФВЭ), химия.

В таблице приведены данные о пользовании услугами ЦКП ССКЦ в 2015 г., полученные из отчетов пользователей и статистики работы центра.

По статистике	По отчетам пользователей	
Всего пользователей – 167 Всего организаций – 28	Всего грантов, программ, проектов, тем – 173, из них: российских – 168 международных – 5	Всего публикаций – 181, из них: российских – 89 зарубежных – 92
Академических организаций – 22 Университетов – 4 (НГУ, НГТУ, СФУ (Красноярск), ВГУ (Воронеж)) Прочих организаций – 2 (СибНИГМИ, компания "Котэс")	Программ РАН – 12 Грантов РФФИ – 72 Грантов РНФ – 16 Проектов СО РАН – 35 Программ Минобрнауки – 23 Прочие – 15	Докт. диссертаций – 0, Канд. диссертаций – 6, Дипломов – 3, Патентов – 5

В 2015 г. подключены две дисковые полки HP D2700 Disk Enclosure For IBRIX, 50 дисков, 47 Тбайт емкости. Три года гарантийной поддержки.

Продолжены работы над исследованием имитационной модели системы управления потоком заданий для центров коллективного пользования (ЦКП) на основе мультиагентного подхода. Проведена следующая работа: модифицированы и оптимизированы алгоритмы анализа статистики (на основе экспертных оценок и знаний системы); изменены алгоритмы резервирования вычислительных узлов (функционирование системы со структурной избыточностью); внедрены и оптимизированы методы аппаратного резервирования узлов (нагруженный "горячий" резерв, облегченный "теплый" резерв, ненагруженный "холодный" резерв); алгоритмы составления расписаний – внедрен учет трендов физических параметров; модифицированы и отлажены алгоритмы работы коммутатора.



Модифицированная система управления апробирована на статистике работы ССКЦ в 2011–2015 гг.

Как видно на графике, использование обновленных алгоритмов планирования и балансировки нагрузки позволяет уменьшить среднее время ожидания выполнения задания (за месяц) за 2014–2015 гг. до 11 %.

Начаты работы по созданию технологии решения прямых задач химической кинетики для численного моделирования космологических задач с применением Intel Xeon Phi.

По мнению многих известных ученых в области суперкомпьютеров (Джек Донгарра, Томас Стерлинг), экзафлопсный компьютер будет гибридным. Чрезвычайно интересной с этой точки зрения была апробация технологии решения уравнения Гельмгольца на неоднородной архитектуре кластера НКС-30Т, в состав которого входят однородные вычислительные узлы, образующие MPP-архитектуру, и вычислительный узел с SMP-архитектурой. Работа выполнена совместно с сотрудниками ИНГГ СО РАН. Предложен алгоритм решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), основанный на методе исключения Гаусса и предназначенный для решения уравнения Гельмгольца в трехмерных неоднородных средах.

Для решения задачи использовался неоднородный набор узлов кластера НКС-30Т (ЦКП ССКЦ), состоящего из одного узла с SMP-архитектурой (8 десятиядерных процессоров Intel Xeon CPU E7-4870@2.40 GHz, 1000 GB RAM) и узлы с MPP-архитектурой, состоящие из 4 узлов (узел включает два 6-ядерных процессора Intel Xeon CPU X5675@3.07 GHz, 96 GB RAM). Динамический параллелизм алгоритма позволяет эффективно перераспределять имеющиеся ресурсы для самой затратной процедуры факторизации. Данный подход позволил более чем в 3 раза уменьшить используемую память по сравнению с однородной архитектурой и решить СЛАУ с 50 млн неизвестных, что невозможно сделать прямыми методами.

Начаты работы над созданием технологии решения прямых задач химической кинетики для численного моделирования космологических задач с применением Intel Xeon Phi. Для этих целей создается библиотека вычислительных модулей для численного решения прямых задач химической кинетики, разрабатываемых в рамках концепции со-дизайна. Библиотека будет ориентирована на численное моделирование прямых задач химической кинетики (модификация для космологических задач) с использованием ускорителей вычислений Intel Xeon Phi. В настоящее время создан интерфейс взаимодействия с программным пакетом ChemPAK, который позволяет создать численную модель исследуемых химических процессов в рамках космологической задачи. Ведется разработка программных модулей неявных методов решения жестких систем ОДУ, ориентированных на использование ускорителей Intel Xeon Phi. По результатам тестов с использованием разработок других проектов лаборатории показан рост производительности решателей на 10–12 % относительно стандартных библиотек Intel.

Результаты работ по проектам РФФИ

Проект РФФИ № 13-07- 00589 "Разработка методов имитационного моделирования поведения сверхмасштабируемых алгоритмов на суперЭВМ экзафлопсной производительности".

Руководитель проекта – д.т.н. Глинский Б. М.

С применением разработанной системы имитационного моделирования AGNES исследована масштабируемость уравнений гравитационной газовой динамики для суперЭВМ с графическими ускорителями и с ускорителями Intel Xeon Phi, уравнений распространения сейсмических волн в трехмерных неоднородных средах для суперЭВМ с MPP-архитектурой и для систем с графическими ускорителями, решения задач физики плазмы для систем с графическими картами, решения NP-трудной задачи расчета вероятности связности случайного графа с ненадежными ребрами в случае ограничения на диаметр для систем с MPP-архитектурой. Получены оценки для оптимального использования количества вычислительных ядер для этих задач на заданной архитектуре вычислительной системы. На практике апробирован метод исследования сверхмасштабируемых алгоритмов с применением имитационного моделирования на гипотетических суперЭВМ с различной архитектурой.

Проект РФФИ № 14-01-31199 мол_а "Разработка эффективных параллельных алгоритмов для моделирования влияния химических процессов на эволюцию астрофизических объектов с использованием гибридных высокопроизводительных суперкомпьютеров".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Черных И. Г.

Проект направлен на разработку и реализацию эффективных параллельных алгоритмов для моделирования химических процессов на ранних стадиях формирования Вселенной с использованием вычислительных систем, оснащенных ускорителями вычислений, таких как NVIDIA TESLA/KEPLER и Intel Xenon Phi. Одним из важнейших процессов, влияющих на формирование Вселенной, является процесс эволюции молекулярного водорода.

Постановка задачи моделирования процесса химодинамики астрофизических объектов заключается в совместном решении уравнений односкоростной газовой динамики с уравнением Пуассона, описывающем изменение поля гравитации под влиянием динамики газа. Газ представляет собой химически реагирующую под влиянием динамики n-арную смесь. Обратная связь химокинетики на динамику газа выражается в виде переменного уравнения состояния. Проблема состоит в корректном описании прямой и обратной связей динамики

астрофизических объектов и их химокинетики. В ходе работы над проектом предполагается создание численной модели химодинамики астрофизических объектов, создание эффективного параллельного алгоритма и программного комплекса для гибридной суперЭВМ. На основе созданных алгоритмов и программ будут исследованы задачи образования сложных химических соединений во взаимодействующих галактиках.

Результаты работ по научно-исследовательским программам, проектам Президиума РАН, ОМН РАН и Сибирского отделения РАН

Программа РАН № 4.9 "Моделирование и экспериментальные исследования вулканических структур методами активной и пассивной сейсмологии".

Руководитель – д.т.н. Глинский Б. М.

Предложен подход к дискретизации области – построение криволинейной сетки, хорошо согласующейся с геометрией свободной поверхности, характерной для магматических вулканов. Рассмотрены два алгоритма численного моделирования с использованием криволинейной сетки: на основе явной разностной схемы и на основе пошагового метода Лагерра. Для каждого алгоритма рассмотрены два способа построения криволинейной сетки, представлены результаты моделирования. Разработаны два параллельных алгоритма для моделирования сейсмических полей в 2D-средах со сложной геометрией поверхности, проведены тестовые расчеты на различных архитектурах (многопроцессорная архитектура и две архитектуры с сопроцессорами Intel Xeon Phi – "РСК Торнадо" и "РСК ПетаСтрим"). Показано, что использование сетки, локально-ортогональной вблизи свободной поверхности, позволяет избавиться от нефизичных эффектов при численном моделировании.

Построена физико-математическая модель магматического вулкана и разработан комплекс программ на основе известного численного метода, реализующий распространение упругих волн в 2D и 3D моделях и эффективно использующий архитектуру современного суперкомпьютера, оснащенного GPU. Причем фактически созданы две программы, позволяющие проводить расчеты на гибридных кластерах как с двумя, так и с тремя графическими картами на узле.

Проведенные численные эксперименты для упрощенной модели вулкана Эльбрус показывают, что волновое поле от точечного источника имеет сложную картину и существенно зависит от геометрии, размеров и свойств эллиптических включений. Применение разработанной технологии позволяет гораздо эффективней проводить изучение структуры волнового поля, обусловленного геометрией внутренних границ, уточнение его кинематических и динамических характеристик.

В 2015 г. эта программа не получила финансовой поддержки.

Программа РАН № 14.6 "Создание информационно-вычислительной среды (GRID сегмента) на базе СО РАН".

Руководитель – д.т.н. Глинский Б. М.

Расширение вычислительной базы, используемой в составе ГРИД, не проводилось в связи с тем, что вычислительная мощность ЦКП не увеличивалась с 2011 г. Часть вычислительных узлов выведены из эксплуатации в связи с выходом из строя из-за естественной выработки ресурса. В результате чего реальная производительность кластера уже снизилась с 115 до 92 TFlops на фоне возрастающей потребности пользователей ССКЦ в вычислительных ресурсах.

Проведена оценка производительности сервера с графической картой Кеплер (К 40), включенного в состав кластера НКС-30Т на двух задачах: астрофизика и физика плазмы. Методами имитационного моделирования показано, что при масштабировании астрофизического кода на узлах с Nvidia Kepler K40 до 1536 узлов (4,4 млн ядер) время выполнения возрастает до 20 %. Аналогичные результаты получены для кода физики плазмы.

В течение 2015 г. продолжены работы по поддержанию и эксплуатации виртуализированной вычислительной ГРИД-среды ННЦ, основанной на суперкомпьютерной 10 Гбит сети ННЦ и включающей вычислительные ресурсы ССКЦ, ИЯФ и НГУ. В состав ГРИД-среды от ССКЦ входит подсистема из состава кластера НКС-30Т, основанная на двойных блейд-серверах HP BL2×220 G5 (32 сервера, суммарно 512 процессорных ядер и 1024 Гбайт памяти). ГРИД-среда продолжает активно использоваться для обработки данных экспериментов по физике высоких энергий, осуществляемых в ИЯФ СО РАН как на собственных ускорителях, так и на Большом адронном коллайдере.

Запущен виртуальный кластер Академпарк – ССКЦ, использующий со стороны ССКЦ двойные блейд-серверы HP BL2×220 G6 из состава кластера НКС-30Т и серверы IBM Server 8737 из состава дата-центра Академпарка. Виртуальный кластер разработан совместно с департаментом системной интеграции компании ТехноСити и предназначен для решения задач обработки BigData. Кластер Академпарк – ССКЦ отличается от виртуального кластера ИЯФ – НГУ – ССКЦ структурой, использует собственную систему управления заданиями и функционирует вне очереди заданий PBS Pro кластера НКС-30Т.

В 2015 г. эта программа не получила финансовой поддержки.

Публикации

Монографии, главы в монографиях

1. Kulikov I., Chernykh I., Snytnikov A., Protasov V., Tutukov A., Glinsky B. Numerical modelling of astrophysical flow on hybrid architecture supercomputers // Parallel Programming: Practical Aspects, Models and Current Limitations / Editors: Mikhail S. Tarkov. Nova Science Publishers, 2014. Ch. 4. P. 71–116. (*в базе Scopus*)

Центральные российские издания (из списка ВАК)

1. Глинский Б. М., Мартынов В. Н., Сапетина А. Ф. Технология суперкомпьютерного 3D моделирования сейсмических волновых полей в сложно построенных средах // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Вычислительная математика и информатика. 2015. Т. 4, № 4. С. 101–116. (*в базе РИНЦ*)

2. Глинский Б. М., Куликов И. М., Снытников А. В., Черных И. Г., Винс Д. В. Многоуровневый подход к разработке алгоритмического и программного обеспечения экзафлопсных суперЭВМ // Вычислительные методы и программирование. 2015. Т. 16. С. 600–613.

3. Глинский Б. М., Костин В. И., Кучин Н. В., Соловьев С. А., Чеверда В. А. Организация параллельных вычислений для решения уравнения Гельмгольца прямым методом с использованием малоранговой аппроксимации и HSS-формата // Вычислительные методы и программирование. 2015. Т. 16. С. 607–616.

4. Karavaev D., Glinsky B., Kovalevsky V. A scalable parallel algorithm and software for 3D seismic simulation on clusters with Intel Xeon Phi Coprocessors" // Совм. вып. Вестник КазНУ. Сер.: Математика, механика, информатика (Казахстан); Вычислительные технологии. 2015. P. 22–27.

Зарубежные издания

1. Kulikov I., Chernykh I., Glinsky B., Weins D., Shmelev A. Astrophysics simulation on RSC massively parallel architecture // Proc. 15th IEEE/ACM Intern. symp. on cluster, cloud, and grid computing "CCGrid 2015". IEEE Press, 2015. P. 1131–1134. (*в базе Scopus*)

2. Kuchin N., Glinsky B, Chernykh I., Lomakin S., Makarov I. Control and managing the HPC cluster in Siberian Supercomputer Center // CEUR Workshop proc. 2015. V. 1482. P. 667–674. (*в базе Scopus*)

3. Glinskiy B., Kulikov I., Snytnikov A., Chernykh I., Weins D. A multilevel approach to algorithm and software design for Exaflops supercomputers // CEUR Workshop proceedings. 2015. V. 1482. P. 4–16. (*в базе Scopus*)

4. Kulikov I., Chernykh I., Glinsky B., Snytnikov A., Tutukov A. AstroPhi: A code for complex simulation of the dynamics of astrophysical objects using hybrid supercomputers // Computer physics communications. 2015. Vol. 186. P. 71–80. (*в базах Scopus, Web of science*)

5. Karavaev D. A., Glinsky B. M., Kovalevsky V. V. A technology of 3D elastic wave propagation simulation using hybrid supercomputers // CEUR Workshop proceedings. 2015. P. 24–33 (*в базе Scopus*)

6. Kulakova E., Spitsina A., Chernykh I., Orlov Y., et al. Программы анализа геномных данных секвенирования, полученных на основе технологий chip-seq, chia-pet и hi-c // Programmnye sistemy: teoriya i prilozheniya. 2015. V. 6, iss. 2-1. P. 129–148. (*в базе Web of science*)

7. Spitsina A., Orlov Y., Chernykh I., Glinskij B., et al. Суперкомпьютерный анализ геномных и транскриптомных данных, полученных с помощью технологий высокопроизводительного секвенирования ДНК // Programmnye sistemy: teoriya i prilozheniya. 2015. V. 6, iss.1-1. P. 157–174. (*в базе Web of science*)

8. Glinskiy B., Kulikov I., Snytnikov A., Chernykh I., Weins D. A multilevel approach to algorithm and software design for Exaflops supercomputers // CEUR Workshop proceedings. 2015. V. 1482. P. 4–16. (*в базе Scopus*)

9. Kulikov I., Chernykh I., Nenashev V., Katysheva E. Numerical modeling of interacting galaxies on Intel Xeon Phi supercomputers // CEUR Workshop proceedings. 2015. V. 1482. P. 226–237. (*в базе Scopus*)

Материалы международных конференций и совещаний

1. Глинский Б. М., Мартынов В. Н., Сапетина А. Ф. Технология суперкомпьютерного 3D моделирования в сложно построенных средах // Труды конференции "ПаВТ", Екатеринбург, 31 марта – 2 апр. 2015 г. С. 77–87. (*в базе РИНЦ*)

2. Глинский Б. М., Черных И. Г., Кучин Н. В., Ломакин С. В., Макаров И. Н. Управление вычислительными ресурсами Сибирского Суперкомпьютерного Центра // Труды Международной конференции "Суперкомпьютерные дни в России", Москва, 28–29 сент. 2015 г. М.: Изд-во МГУ, 2015. С. 667–675. (*в базе РИНЦ*)

Прочие издания

1. Глинский Б. М., Кучин Н. В., Черных И. Г., Орлов Ю. Л., Подколодный Н. Л., Лихошвай В. А., Колчанов Н. А. Суперкомпьютерные технологии в решении задач биоинформатики // Программные системы: теория и приложения. 2015 г. Т. 6. № 4. С. 99–112.

2. Kulikov I., Chernykh I., Katysheva E., Protasov V., Serenko A. The numerical simulation of interacting galaxies by means of hybrid supercomputers // Bull. NCC. 2015. V. 17. P. 17–33. (*в базе РИНЦ*)

3. Куликов И. М., Черных И. Г. AstroPhi 2.0: новый код высокого порядка точности для гидродинамического моделирования астрофизических течений на гибридных суперЭВМ, оснащенных ускорителями Intel Xeon Phi // Проблемы информатики. 2015. № 3. С. 46–70.
(*в базе РИНЦ*)

Участие в конференциях и совещаниях

1. Конференция "Центры коллективного пользования и уникальные научные установки в организациях, подведомственных ФАНО России", Москва, 20–21 октября 2015 г. – 1 доклад (Глинский Б. М., Черных И. Г.).
2. "Национальный суперкомпьютерный форум-2015" (НСКФ-2015), Переславль-Залесский, 24–27 ноября 2015 г. – 3 доклада (Черных И. Г., Глинский Б. М.).
3. Intel software professionals conference, Nizhniy Novgorod, October 15–16, 2015 –1 доклад (Черных И. Г.).
4. ASTRONUM 2015, France, June 8–12, 2015 – 1 доклад (Черных И. Г.).
5. "Русские суперкомпьютерные дни", Москва, 28–29 сентября 2015 г. –3 доклада (Глинский Б. М., Черных И. Г., Кучин Н. В., Ломакин С. В., Макаров И. Н., Винс Д. В.).
6. 15th IEEE/ACM International symposium on cluster, cloud, and grid computing "CCGrid 2015", Shenzhen (China), 4–7 May, 2015 – 1 доклад (Глинский Б. М., Черных И. Г., Винс Д. В.).
7. International supercomputing conference "ISC'15", Frankfurt, July 12–16, 2015 – 2 доклада (Глинский Б. М., Черных И. Г., Винс Д. В).
8. 3rd International conference "Catalysis for renewable sources: Fuel, energy, chemicals" (CRS-3), Catania (Italy), September 6–11, 2015 –1 доклад (Глинский Б. М., Черных И. Г.).
9. 7-й Сибирский форум индустрии информационных систем, Новосибирск, 23–24 апреля 2015 г. – 3 доклада (Глинский Б. М., Черных И. Г., Кучин Н. В., Ломакин С. В.).
10. "Центры коллективного пользования и уникальные научные установки в организациях, подведомственных ФАНО России", Москва, 20–21 октября 2015 г. –1 доклад (Глинский Б. М., Черных И. Г.).
11. International conference on computer simulation in physics and beyond, Москва, 6–10 сентября 2015 г. – 1 доклад (Черных И. Г.)
12. "Обратные и некорректные задачи", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г. –1 доклад (Титов П. А.).
13. АМСА-2015, Новосибирск, 19–24 октября 2015 г. – 1 доклад (Титов П. А.).
14. ПаВТ 2015, Екатеринбург, 31 марта – 2 апреля 2015 г. – 1 доклад (Глинский Б. М., Сапетина А. Ф.).
15. Международная конференция "Дифференциальные уравнения и математическое моделирование", Улан-Удэ, 22–27 июня 2015 г. – 1 доклад (Глинский Б. М., Сапетина А. Ф.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Глинский Б. М.:

– член программного комитета и оргкомитета "АПВПМ", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.,

– член программного 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.,

– член программного комитета Международной конференции "Русские суперкомпьютерные дни", Москва, 28–29 сентября 2015 г.,

– член программного комитета Международной конференции ПаВТ, Екатеринбург, 31 марта – 2апреля 2015 г.;

2. Черных И. Г.:

– член оргкомитета и оргкомитета "АПВПМ", 19–23 октября 2015 г., Новосибирск,

– член оргкомитета 7-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 3
Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 8
Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 5
Монографий, глав в монографиях – 1
Публикаций в центральных российских изданиях (из списка ВАК) – 4
Публикаций в зарубежных издания – 9
Публикаций в материалах международных конференций – 2
Публикаций в прочих изданиях – 3
Докладов на конференциях – 22
Участников оргкомитетов конференций – 6.

Кадровый состав

1. Глинский Б. М. зав. лаб. д.т.н.
2. Черных И. Г. н.с. к.ф.-м.н.
3. Кучин Н. В. гл. спец. по СПО
4. Ломакин С. В. м.н.с.
5. Винс Д. В. м.н.с., 0,5 ст.
6. Макаров И. Н. ведущ. программист
7. Зернова Л. В. ведущ. програмист, 0,75 ст.
8. Кононов А. А. инженер-электроник, 0,5 ст.
9. Сапетина А. Ф. инженер, 0,1 ст.
10. Титов П. А. аспирант

Черных И. Г., Ломакин С. В., Винс Д. В. – молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

1. Глинский Б. М. – профессор НГУ
2. Черных И. Г. – зав. ЛВВС Интел-НГУ.

Руководство аспирантами

1. Сапетина А. Ф. – 2-й год, ИВМиМГ, руководитель Глинский Б. М.
2. Титов П. А. – 3-й год, ИВМиМГ, руководитель Глинский Б. М.

Руководство студентами

1. Петренко Евгений Викторович –2-й курс магистратуры ФИТ НГУ, руководитель Черных И. Г.

Премии и награды

1. Сапетина А. Ф. – диплом 2-й степени за работу "Моделирование распространения упругих волн в магматических структурах на гибридном кластере". Конференция молодых ученых ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск, 6–8 апреля 2015 г. Руководитель Глинский Б. М.

2. Титов П. А. – диплом 3-й степени за работу "Использование многоядерных систем для моделирования 2D-упругих волн в средах с криволинейной поверхностью". Конференция "Обратные и некорректные задачи", Новосибирск, 19–24 октября 2015 г. Руководитель Глинский Б. М.