

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 2023 г.

Неизотермическая фильтрация: однотемпературная вычислительная модель

Иванов М. И., к.ф.-м.н. Кремер И. А., д.ф.-м.н. Лаевский Ю. М.

Рассмотрена однотемпературная модель неизотермической фильтрации двухфазной несмешивающейся несжимаемой жидкости, для численной реализации которой предложен новый явно-неявный алгоритм. Данная проблематика является важной составляющей математического обеспечения технологии нефтедобычи для процессов вытеснения нефти водой. Реализован механизм температурной гомогенизации неоднородной по температуре системы. Задача представлена в смешанной обобщенной постановке. При этом пространственная аппроксимация осуществляется на основе комбинации смешанного метода конечных элементов и центрированного метода конечных объемов. Для расчета давления, суммарной скорости и водонасыщенности используется явно-неявный метод типа IMPES, а для расчета температуры и теплового потока сконструирован явно-неявный алгоритм с неявной аппроксимацией кондуктивного потока тепла и явной противопотоковой аппроксимацией конвективного теплопереноса (рис. 1). В вычислительных экспериментах особое внимание уделяется сравнению неизотермической и изотермической моделей, включая обсуждение проблемы "пальцевой" неустойчивости.

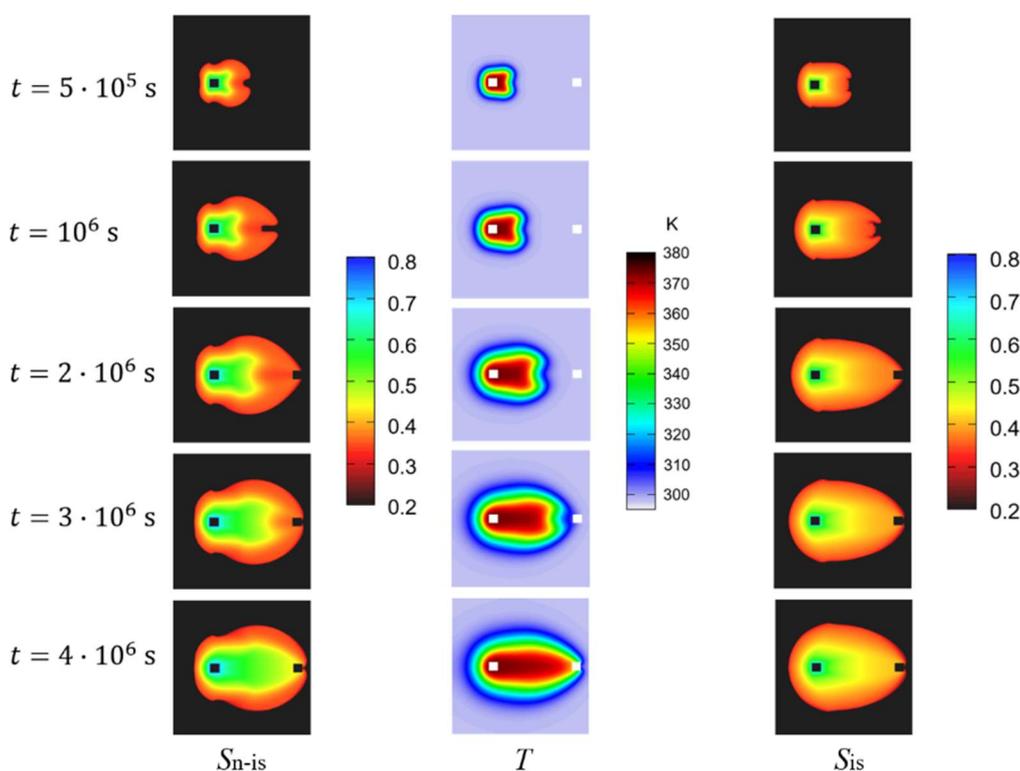


Рис. 1 – Динамика водонасыщенности (S_{n-is}), температуры (T) и водонасыщенности в изотермической модели (S_{is})

Результаты исследований изложены в пленарном докладе на 10-й Международной конференции по математическому моделированию, посвященной 30-летию Академии наук Республики Саха (Якутия), Якутск, Россия, 16-20 июля 2023 г.

Исследование волновых полей в сопряженных средах при вибросейсмическом мониторинге Байкальской рифтовой зоны

Д.т.н. Ковалевский В. В., д.т.н. Хайретдинов М. С., к.ф.-м.н. Михайлов А. А., Брагинская Л. П.

В рамках фундаментальной проблемы геофизического мониторинга Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) на основе математического моделирования и проведения экспериментальных исследований с применением вибрационного метода зондирования смежных сред литосфера – гидросфера – атмосфера – лед изучена временная динамика и структурные особенности сейсмо-акусто-гироакустических волновых полей. Целью исследований является изучение процессов распространения и взаимодействия геофизических полей в смежных средах земля – вода – атмосфера – лед в районе юго-восточной части оз. Байкал. Численным моделированием подтверждено появление гидроакустических волн в воде как результат трансформации сейсмических волн от вибратора. Экспериментально обнаружено распространение акустических волн, излучаемых при работе вибратора, на расстояния 60–80 км в приповерхностном звуковом канале над льдом оз. Байкал и эффектов акусто-сейсмической индукции в точке регистрации (рис. 2–4). Результаты исследований имеют практическую значимость для проведения работ по вибросейсмическому мониторингу в Байкальском регионе и в шельфовых районах Арктики.

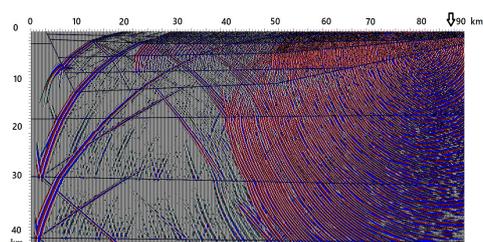


Рис. 2 – Цифровая модель скоростного строения и мгновенный снимок волнового поля

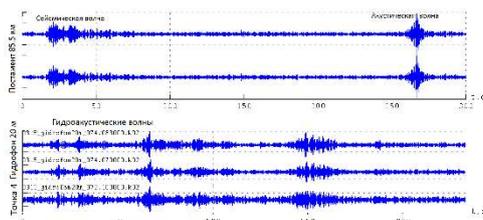


Рис. 3 – Структура вибрационных волн смежных полей как результат зондирования зоны оз. Байкал на удалении от вибратора 85.5 км

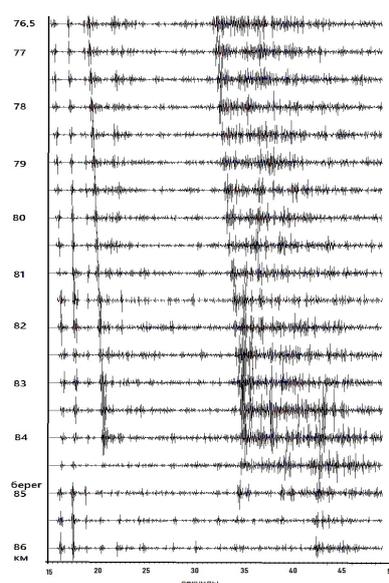


Рис. 4 – Синтетические сеймотрассы U_z компоненты волнового поля

Результаты исследований изложены

1. На 5-м Международном семинаре по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред, Иркутск, 3–7 июля 2023 г. (пленарный доклад).

2. На Всероссийской конференции с международным участием "Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов" (SDM-2023), г. Бердск, Новосибирская обл., 21–23 августа 2023 г.

Моделирование сверхэкспоненциального роста среднего потока частиц в случайной размножающей среде

Чл.- корр. РАН Михайлов Г. А., к.ф.-м.н. Лотова Г. З.

Для эффективного численно-аналитического исследования сверхэкспоненциального роста среднего потока частиц $I(t)$ с размножением в случайной среде вводится новая корреляционно-сеточная аппроксимация однородного изотропного случайного поля плотности. Сложность реализации траектории частицы при этом не зависит от корреляционного масштаба. Для сеточной аппроксимации случайного поля ограниченной плотности обоснована возможность гауссовской асимптотики средней скорости размножения. Она обеспечивает суперэкспоненциальный рост потока в некотором начальном интервале времени. На основе тестовых расчетов построена оценка дальнейшего сверхэкспоненциального роста потока.

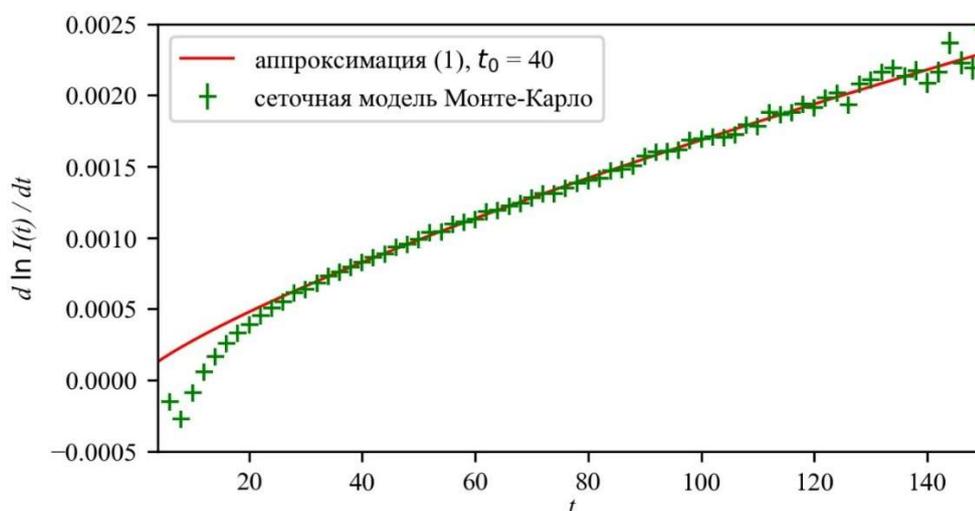


Рис. 5 – Статистические оценки логарифмической производной среднего потока $I(t)$ и аппроксимация для тестовой задачи; объем выборки $N = 216 \cdot 10^9$

На рис. 5 приведены точечные оценки функции $d \ln I(t) / dt$ для корреляционно-сеточной модели поля и график ее аппроксимации

$$d \ln I(t) / dt \approx \lambda(t) = \lambda(t_0) (1 - \exp(-b t^{1-a})) (1 - \exp(-b t_0^{1-a}))^{-1},$$

где $t_0 = 40$, $a = 0.2$, $b = 0.00199$, $\lambda(t_0) = 0.0008263$. Кроме того, показано, что $\lambda(t) \rightarrow \lambda_{\max} = 0.022$.

Компьютерное моделирование транспорта электронов в сильных электрических полях в низкоразмерных гетероструктурах

Д.ф.-м.н. Сабельфельд К. К., к.ф.-м.н. Каблукова Е. Г., к.ф.-м.н. Протасов Д. Ю., д.ф.-м.н. Журавлев К. С.

С помощью разработанного в лаборатории стохастических задач программного комплекса для решения системы уравнений Шредингера – Пуассона – Больцмана для задачи переноса заряженных частиц в двумерной полупроводниковой гетероструктуре проведено моделирование движения электронов в легированной примесями (донорами и акцепторами) гетероструктуре AlGaAs/GaAs/InGaAs/GaAs/AlGaAs, оценены зависимости средних дрейфовых скоростей электронов от напряженности внешнего электрического с учетом рассеяния на примесях, полярных оптических и междолинных фононах. В

результате моделирования было обнаружено отсутствие пространственного переноса электронов в широкозонные слои AlGaAs из-за высоких барьеров, создаваемых легированными примесями. Расчет показал, что уменьшенное рассеяние горячих электронов в гетероструктуре DA-pHEMT за счет эффектов квантования приводит к увеличению скорости дрейфа в сильных электрических полях, что открывает новые возможности для улучшения гетероструктур и повышения производительности СВЧ-транзисторов. Исследование выполнено в сотрудничестве с группой физиков из Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН.

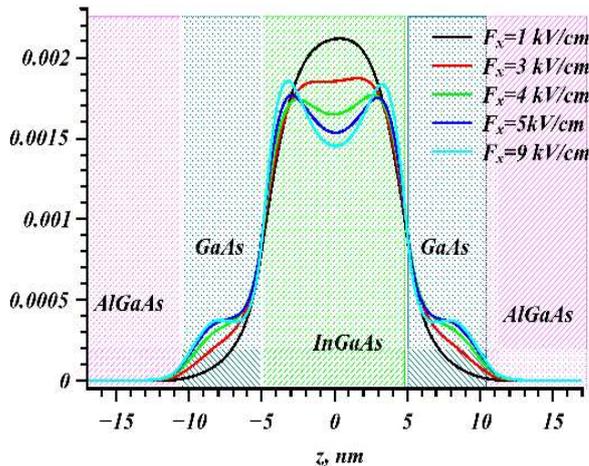


Рис. 6 – Распределение электронов в поперечном направлении гетероструктуры для различных значений напряженности внешнего электрического поля F_x

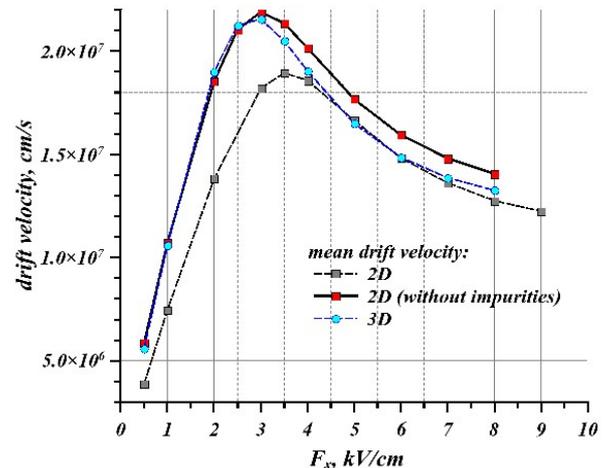


Рис. 7 – Сравнение средней дрейфовой скорости в изучаемой гетероструктуре, легированной примесями (2D), с дрейфовой скоростью электронов в ненапряженном объемном полупроводнике InGaAs

Данная работа выполнена при поддержке гранта РФФ 19-11-00019.

Численное исследование влияния случайных факторов внешней среды на процессы теплопереноса в летательных аппаратах

Д.ф.-м.н. Гусев С. А.

Движение летательного аппарата в атмосфере с большими скоростями, как правило, сопровождается быстрой и случайной сменой физических параметров внешней среды, что может существенно изменять процессы теплообмена с внешней средой, влияющие на показания приборов, материалы и теплозащитные свойства отсеков. Перенос тепла описывается известной одномерной краевой задачей третьего рода. Новым является задание случайных возмущений в граничном условии, соответствующем внешней поверхности. Решение краевой задачи аппроксимируется методом Галеркина. Моделирование случайных возмущений внешней среды осуществляется с помощью винеровского интеграла в системе дифференциальных уравнений, записанных в интегральной форме. Проверочные расчеты показали, что при удалении от границы со случайными возмущениями численное решение краевой задачи с возмущениями сходится к известному точному решению невозмущенной краевой задачи (рис. 8–9).

Результаты исследований изложены в докладе на конференции IEEE XVI International Scientific and Technical Conference "Actual Problems of Electronic Instrument Engineering" (APEIE), Novosibirsk (Russia), November 10–12, 2023.

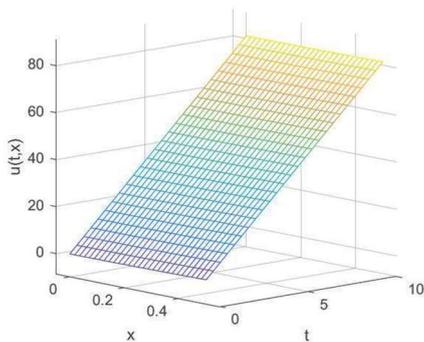


Рис. 8 – Точное решение невозмущенной краевой задачи

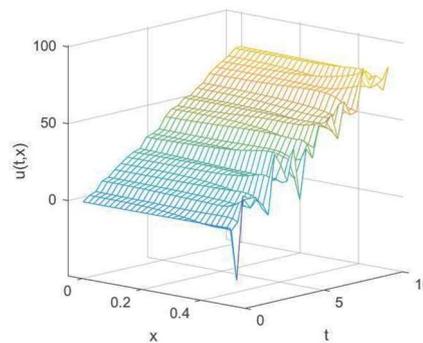


Рис. 9 – Численное решение краевой задачи со случайными возмущениями в граничном условии

Оценка высот подъема, потоков плавучести и траекторий дымовых шлейфов от высотных труб ТЭЦ по спутниковой информации

Д.ф.-м.н. Рапуга В. Ф., к.ф.-м.н. Леженин А. А., Амикишиева Р. А.

В качестве базовых применяются соотношения, вытекающие из соображений размерности и подобия, применительно к струям, поступающим в сносящий поток. Пространственное расположение осей дымовых струй и их теней на земной поверхности определяется с помощью спутниковых снимков. Характеристики скорости ветра и температуры устанавливаются по данным аэрологического зондирования. Апробация предложенного подхода к оцениванию траекторий, высот подъема и потоков плавучести выполнена на дымовых шлейфах от труб Омской ТЭЦ-5, Барнаульской ТЭЦ-3, Ново-Иркутской ТЭЦ, Гусиноозерской ГРЭС. Полученные результаты могут быть использованы для внешнего контроля режимов эксплуатации тепловых станций.

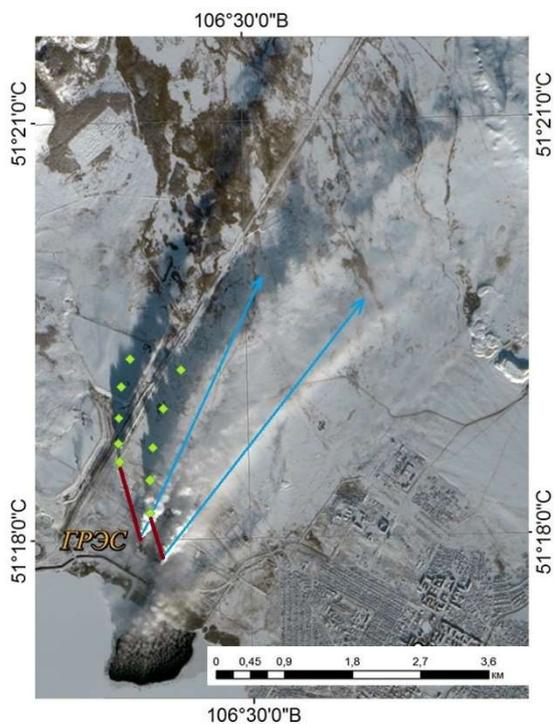


Рис. 10 – Фрагмент спутникового снимка с ИСЗ "Landsat-8" окрестностей Гусиноозерской ГРЭС 06.12.2019 г. 03:47 UTC

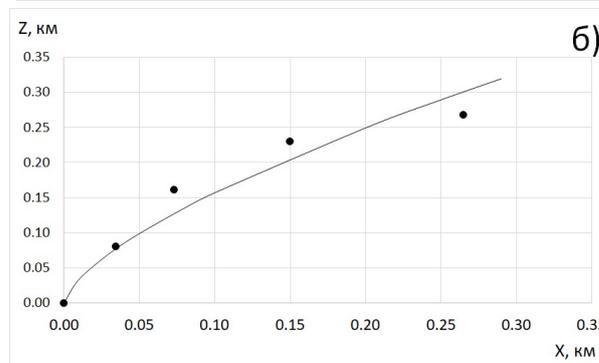
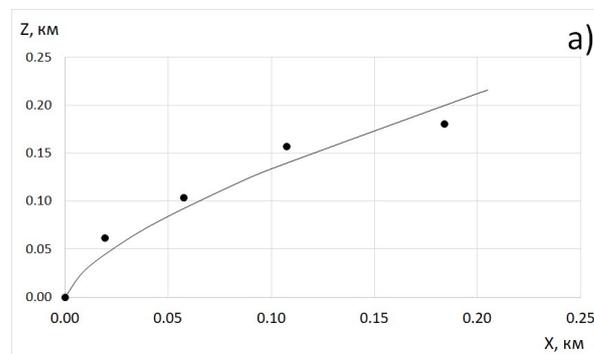


Рис. 11 – Численно восстановленные "по закону 2/3" и спутниковому снимку траектории дымовых шлейфов от труб Гусиноозерской ГРЭС: а – 330 м; б – 190 м

Результаты исследований изложены в докладе на 29-м Международном симпозиуме "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы", Москва, 26–30 июня 2023 г.

Гибридный алгоритм на основе глубокого обучения и операторов чувствительности для идентификации локализованных источников выбросов

Д.ф.-м.н. Пененко А. В., Емельянов М. К., к.т.н. Русин Е. В., Цыбенова Э. В., Шаблыко К. В.

Гибридные подходы, сочетающие машинное обучение с традиционными методами решения обратных задач, представляются многообещающим направлением дальнейшего развития алгоритмов обратного моделирования. Предложен подход к идентификации источника выбросов по данным измерений для моделей адвекции-диффузии-реакции, который сочетает идентификацию источника общего вида и его последующее уточнение. Идентификация источника по данным измерений осуществляется с помощью алгоритма, основанного на операторе чувствительности. Распределенный источник выбросов общего вида, идентифицированный на первом этапе, преобразуется на этапе уточнения в локализованный источник, состоящий из множества точечных источников. На этапе уточнения решаются две задачи: локализация точечных источников и оценка их интенсивности. Локализация выполняется с использованием методов глубокого обучения для сверточных нейронных сетей, причем обучающая выборка генерируется с использованием оператора чувствительности, полученного на этапе идентификации. Оценка интенсивности осуществляется с помощью решения задачи квадратичного программирования при заданных расположениях точечных источников. Алгоритм протестирован в региональных сценариях идентификации источников выбросов по данным дистанционного зондирования для региона оз. Байкал, он позволил уточнить результаты идентификации (рис. 12).

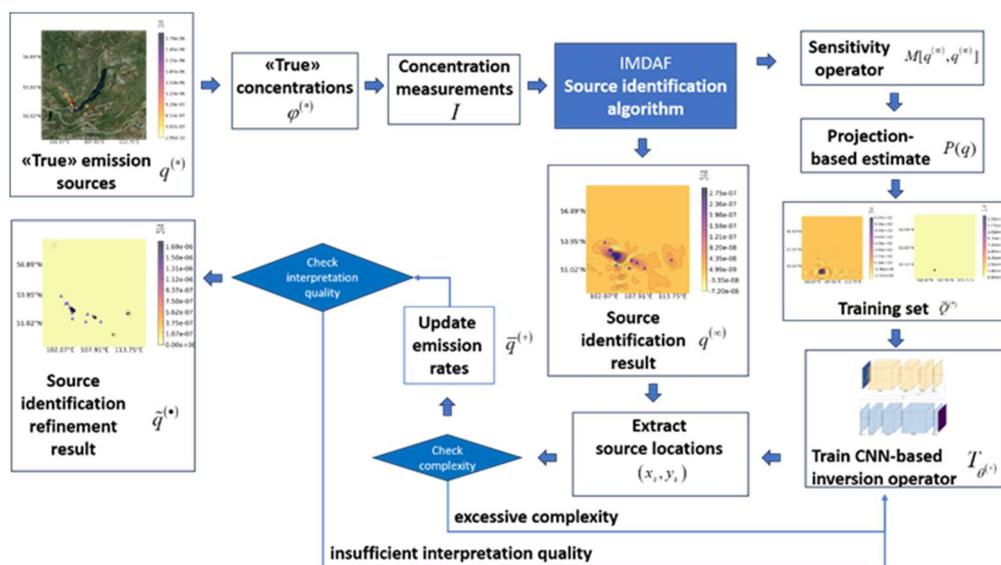


Рис. 12 – Схема работы гибридного алгоритма

Результаты исследований изложены в докладах на конференциях:
 CITES-2023, Москва, 13–23 июня 2023 г.
 МНСК-2023, Новосибирск, 17–26 апреля 2023 г.

Разработка и исследование многосеточных методов неполной факторизации в подпространствах Крылова

Баталов М. А., к.ф.-м.н. Гурьева Я. Л., д.ф.-м.н. Ильин В. П., Петухов А. В.

Разработаны и исследованы алгебраические многосеточные методы решения больших разреженных систем линейных алгебраических уравнений с симметричными матрицами, возникающими при сеточных аппроксимациях многомерных краевых задач в актуальных проблемах математического моделирования. Алгоритмы основаны на построении операторов редукции и продолжения путем классических способов предобусловливания с приближенной факторизацией матриц при рекурсивной упорядоченности сеточных переменных и формировании итерационных процессов сопряженных направлений в подпространствах Крылова. Рассмотрены аспекты распараллеливания вычислений на многопроцессорных компьютерных системах. Предложенные методы экспериментально исследованы на решениях представительной серии двумерных и трехмерных задач, результаты которых подтверждают оптимальную асимптотически скорость сходимости с количеством итераций, практически не зависящим от шага сетки.

Результаты исследований изложены на международной конференции ПАВТ-2023, Санкт-Петербург, 28–30 марта 2023 г.

Численное моделирование распространения в пористой среде сейсмических волн от сингулярных источников

Д.ф.-м.н. Имомназаров Х. Х., к.ф.-м.н. Михайлов А. А.

Численно решена система пороупругости в бездиссипативном двумерном случае. Исходная система записывается в виде гиперболической системы первого порядка в терминах скоростей матрицы, скорости насыщающей жидкости, тензора напряжений и давления жидкости. Для численного решения задачи использован совмещенный метод аналитического преобразования и конечно-разностного метода. Предлагаемый алгоритм можно рассматривать как аналог известного спектрального метода на основе Фурье-преобразования. Однако, в отличие от него, применение спектрального метода Лагерра позволяет свести исходную задачу к решению системы уравнений, в которой параметр Лагерра присутствует только в правой части уравнений и имеет рекуррентный характер. Показано, что данный алгоритм решения эффективен при моделировании волновых процессов в средах с резко контрастными границами типа земля – вода – атмосфера.

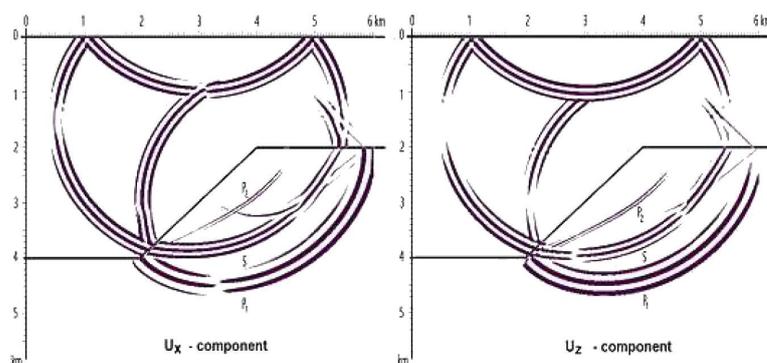


Рис. 13 – Мгновенные снимки волнового поля скорости смещений в момент времени $T=1.8$ с: левый – для $u_x(x, z)$ -компоненты, правый – для $u_z(x, z)$ -компоненты

Результаты исследований изложены на Международной конференции "Геосибирь-2023", Новосибирск, 17–19 мая 2023 г.

Исследование условий, приводящих к концентрации волновой энергии цунами вдоль побережий островов

Д.ф.-м.н. Марчук Ан. Г., Москаленский Е. Д.

В процессе распространения цунами в океане с реальным рельефом дна в некоторых точках акватории могут наблюдаться аномально высокие волны. Чаще всего это происходит из-за эффектов фокусировки волны вследствие одновременного прихода нескольких сегментов волнового фронта в окрестность одной точки. Причинами фокусировки могут быть конфигурация береговой линии, рельеф дна, начальная форма источника или комбинация всех этих факторов. Выполнено моделирование аналитическими и численными методами поведения волн цунами вокруг круглого острова для линейных источников нескольких типов. Найдена конфигурация вытянутого

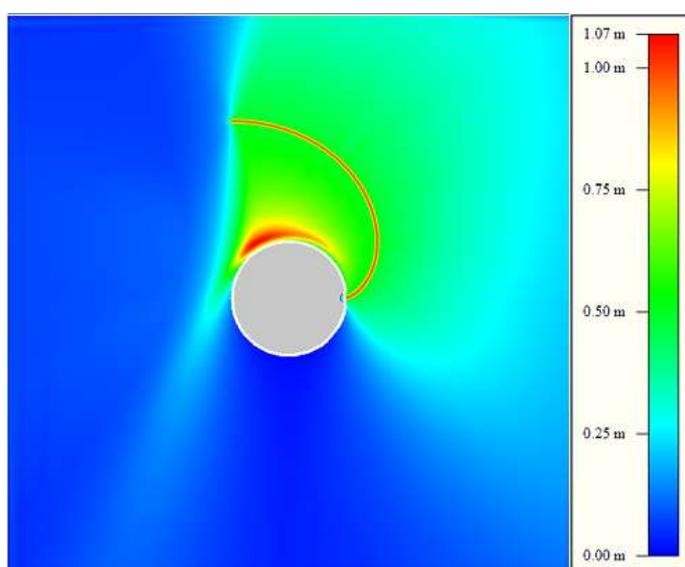


Рис. 14 – Пространственное распределение максимумов высоты волны, полученное в результате численного моделирования распространения цунами от вытянутого источника в форме отрезка эвольвенты в случае круглого острова радиусом 100 км. Линия красного цвета, выходящая от правого края острова, показывает положение источника. Высота волны, генерированной источником, равна 0,5 м

источника, приводящая к концентрации волновой энергии вдоль значительной части береговой линии круглого острова. Рассмотренный источник в форме отрезка эвольвенты, в отличие от источника в форме сегмента окружности, дает выраженную амплитудную аномалию не в одной точке, а вдоль значительной части береговой линии острова (рис. 14).

Суперкомпьютерное моделирование диамагнитного режима осесимметричной плазменной ловушки при внеосевой инжекции плазменных пучков

Ефимова А. А., к.ф.-м.н. Боронина М. А., к.ф.-м.н. Вшивков К. В., д.ф.-м.н. Дудникова Г. И.

Созданы гибридная численная модель на основе метода частиц в ячейках, реализующий ее параллельный алгоритм и комплекс программ для решения задачи установления режима удержания плазмы в открытой осесимметричной плазменной ловушке с инжекцией пучков плазмы под углом к магнитному полю. Показано, что непрерывная внеосевая инжекция пучков приводит к вытеснению магнитного поля и образованию вблизи оси ловушки магнитной каверны, остаточное давление в которой составляет лишь несколько процентов от начального. В этой области происходит захват частиц плазмы. Квазистационарный

режим, при котором поперечный размер магнитной каверны меняется незначительно, устанавливается к моменту времени $t \approx 4$ мкс. Полученные результаты подтверждают возможность удержания высокотемпературной плазмы в диамагнитном режиме открытых магнитных ловушек. Созданная модель адекватно описывает нестационарные нелинейные процессы в рассматриваемой системе и будет использована для дальнейших исследований нагрева и удержания плазмы в осесимметричных магнитных ловушках в условиях лабораторных экспериментов и согласуется с данными натуральных экспериментов.

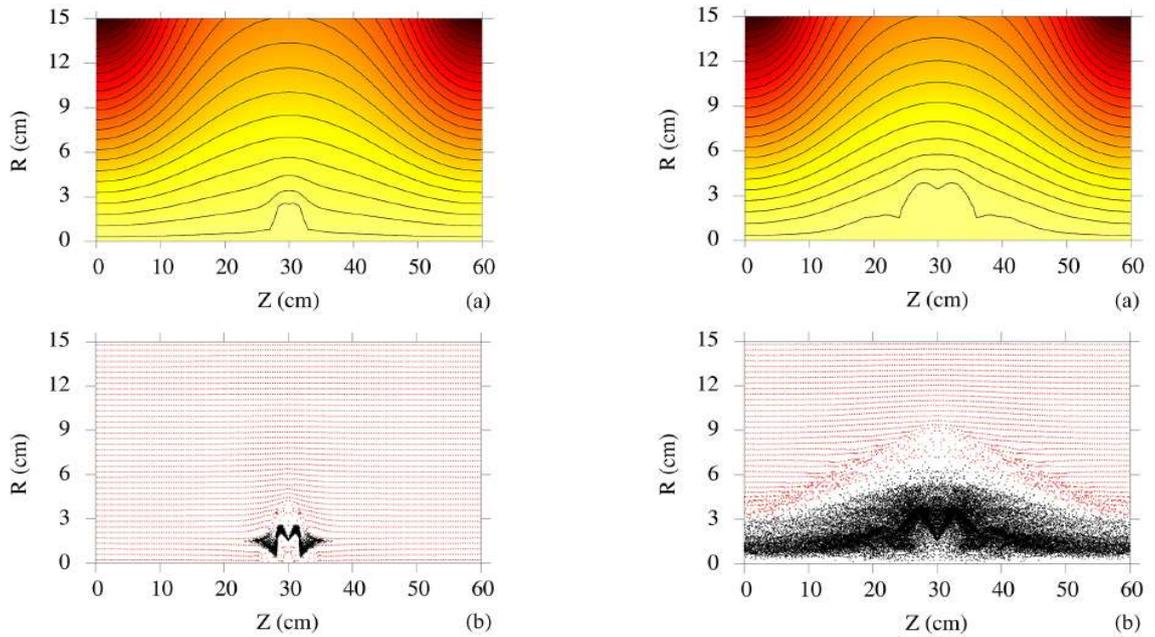


Рис. 15 – Изолинии магнитного поля ловушки (a) и распределения ионов пучка (черный цвет) и ионов фона (красный цвет) в моменты времени $t=0,5$ мкс (слева) и $t=5$ мкс (справа)

Результаты исследований изложены в приглашенном докладе на 6th Workshop on Numerical Modeling in MHD and Plasma Physics: Methods, Tools, and Outcomes, Москва, 11–12 октября 2023 г.

Разработка и реализация алгоритма балансировки трассы для повышения производительности исполнения программ при воспроизведении трасс в системе LuNA

Д.т.н. Малышкин В. Э., к.т.н. Перепёлкин В. А., Лямин А. С.

Предложен новый алгоритм повышения эффективности исполнения параллельных программ численного моделирования, конструируемых автоматически системой LuNA. Алгоритм является развитием техники воспроизведения трасс, которая предполагает журналирование хода исполнения сконструированной программы под управлением исполнительной системы (запись трассы), а при повторных запусках программы исполнение воспроизводится по трассе. Это позволяет экономить накладные расходы на работу исполнительной системы. Суть предлагаемого улучшения заключается в автоматическом анализе и модификации трассы таким образом, чтобы улучшить распределение вычислений по узлам мультимасштабного компьютера (балансировка трассы). Предложенный алгоритм позволил существенно повысить эффективность воспроизведения трасс в системе LuNA на примере задачи моделирования эволюции протопланетного

самогравитирующего диска методом частиц-в-ячейках (PIC). Результат расширяет область возможного практического применения системы LuNA и эффективность конструируемых ею программ.

Таблица 1 – Время выполнения астрофизического численного эксперимента методом PIC в системе LuNA и в режиме воспроизведения трассы (LuNA-TP)

LuNA	LuNA-TP	LuNA-TP с балансировкой трассы (параметр – шаг квантования)				
		0.5 с	1 с	5 с	10 с	15 с
601.185	136.055	127.94	115.685	110.503	100.808	136.340

Система мониторинга распределенных информационных систем

К.т.н. Иванов А. В., Никрошкин И. В., Огнев И. А.

Разработана и внедрена в эксплуатацию система мониторинга событий информационной безопасности в распределенных информационных системах (рис. 16). Результат получен в рамках деятельности Центра компетенций НТИ "Технологии доверенного взаимодействия" участниками консорциума ООО "СИБ", НГТУ и ИВМиМГ СО РАН. Суть данной схемы заключается в том, чтобы ИВМиМГ стал узлом системы

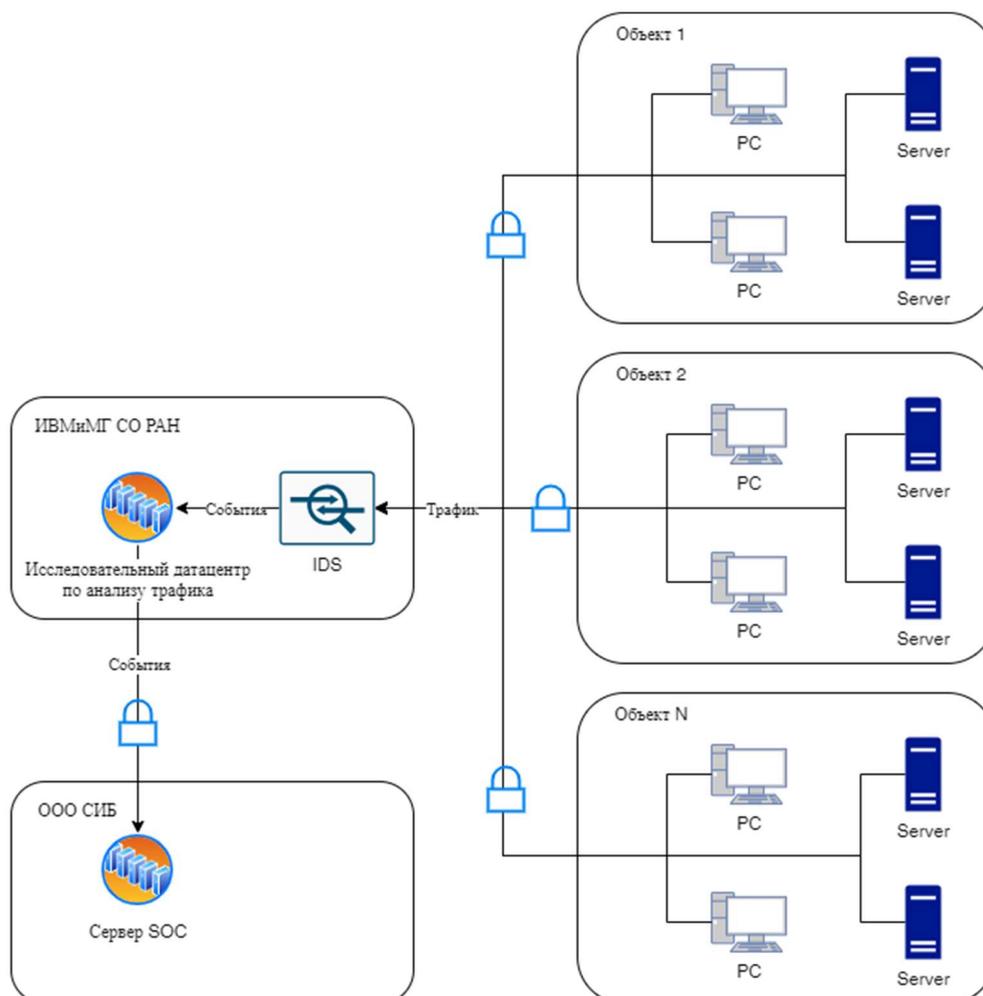


Рис. 16 – Схема подключения ИВМиМГ СО РАН к системе мониторинга событий информационной безопасности

мониторинга и через него осуществлялось подключение других научных организаций Академгородка. Данная схема позволит новым объектам снизить издержки на организацию процесса мониторинга событий информационной безопасности и выполнить требования 187 ФЗ. Для ИВМиМГ роль центрального узла данной схемы позволяет накапливать наборы данных о зарегистрированных событиях и инцидентах, что позволит развивать научное направление по моделированию данных процессов, разрабатывать наборы корреляционных правил, современные сценарии развития атак для исследовательских и образовательных целей (использование в рамках киберполигонов).

С использованием разработанной системы при проведении штатного мониторинга событий информационной безопасности в институте в течение 2023 г. наблюдалось уменьшение количества компьютерных инцидентов. Данный результат свидетельствует о результативности методики организации мониторинга событий информационной безопасности и реагирования на инциденты.

Используемая система мониторинга и анализа событий информационной безопасности позволяет выявлять компьютерные атаки и инциденты следующих типов:

- атаки на веб-приложения и попытки повышения привилегий;
- атаки с использованием известных уязвимостей в программном обеспечении;
- атаки на элементы сетевой инфраструктуры;
- атаки типа "отказ в обслуживании";
- атаки на протоколы передачи данных;
- атаки с использованием вредоносного программного обеспечения;
- атаки на веб-приложения;
- атаки на клиентские приложения обработки сетевых протоколов;
- атаки на системы диспетчерского управления и сбора данных;
- аномалии пакетов и сетевого поведения;
- атаки на реляционные базы данных SQL;
- потенциальные нарушения политики безопасности.

Разработана методика организации процесса мониторинга распределенных информационных систем, включающая следующие этапы:

1) Расчет рисков: распределение основных и вспомогательных бизнес-процессов по распределенным сегментам информационной системы и выявление недопустимых событий для определения критичных ИТ-активов.

2) Определение актуальных угроз: выявление актуальных угроз информационной безопасности, нарушителей и векторов реализации атак в каждом сегменте информационной системы.

3) Приоритизация источников событий информационной безопасности: составление списка критичных активов, для которых необходим постоянный мониторинг безопасности.

4) Подключение выбранных источников к системе мониторинга событий информационной безопасности: обеспечение непрерывной передачи событий информационной безопасности в каждом сегменте распределенной информационной системы.

Данная методика может применяться в других организациях при построении систем мониторинга событий информационной безопасности для снижения количества инцидентов информационной безопасности.

Результаты исследований изложены на:

1. 9-й Международной научно-практической конференции Международного сетевого института в сфере ПОД/ФТ "МСИ: 10 лет подготовки кадров для международной системы ПОД/ФТ", 22–24 ноября 2023 г.

2. 13-м Международном Сибирском форуме "Индустрия Информационных Систем".

Публикации

1. Ivanov, M. I., Kremer, I. A., Laevsky, Yu. M. Explicit-implicit schemes for non-isothermal filtration problem: single-temperature model // *J. of Computational and Appl. Math.* 2024. V. 440. 115639. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2023.115639>.

2. Khairtdinov, M. S., Mikhailov, A. A., Kovalevsky, V. V., Pinigina, D. L., Yakimenko, A. A. Numerical analytical methods for calculating wave fields and reconstructing the velocity characteristics of inhomogeneous elastic media in the baikal Rift zone // *J. of Appl. and Indust. Math.* 2023. Vol. 17. P. 326–338. <https://link.springer.com/article/10.1134/S1990478923020114>.

3. Лотова, Г. З., Михайлов, Г. А. Исследование сверхэкспоненциального роста среднего потока частиц в случайной размножающей среде // *СибЖВМ.* 2023. Т. 26, № 4. С. 401–413. DOI: 10.15372/SJNM20230405.

4. Михайлов, Г. А., Лотова, Г. З. Численно-статистическое исследование суперэкспоненциального роста среднего потока частиц, размножающихся в однородной случайной среде // *Доклады Российской Академии наук. Математика, информатика, процессы управления.* 2023. Т. 514, № 6. С. 112–117

5. Kablukova, E. G., Sabelfeld, K. K., Protasov, D. Y., Zhuravlev, K. S. Stochastic simulation of electron transport in a strong electrical field in low-dimensional heterostructures // *Monte Carlo Methods and Appl.* 2023, 29(4). DOI: 10.1515/mcma-2023-2019.

6. Kuznetsov, V. A., Protasov, D., Kostyuchenko, V. Ya., Sabelfeld, K., Kablukova, E. G. Hall effect in strong electric fields in AlGaAs/InGaAs/GaAs heterostructures with donor-acceptor doping // *2023 IEEE 24th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM).* DOI: 10.1109/EDM58354.2023.10225239.

7. Gusev, S. A., Nikolaev, V. N. Numerical study of the influence of random environmental factors on the heat transfer processes of aircrafts // *Proceedings of APEIE 2023 IEEE 16th International Scientific and Technical Conference "Actual problems of electronic instrument engineering" (APEIE).* P. 1200–1203. DOI: 10.1109/APEIE59731.2023.10347661.

8. Raputa, V. F., Lezhenin, A. A., Amikishieva, R. A. Estimates of the height of rise and buoyancy of smoke plumes from high chimneys of thermal power plants from satellite information // *Atm. and Ocean. Optics.* 2023. Vol. 36. No. 6. P. 785–789. DOI: 10.1134/S1024856023060167.

9. Lezhenin, A. A., Raputa, V. F., Amikishieva, R. A. Estimations of smoke plumes parameters from remote sensing data // *Proc. SPIE 12780, 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 127805B (17 October 2023).* DOI: 10.1117/12.2690075.

10. Амикишиева, Р. А., Рапута, В. Ф., Леженин, А. А. Оценивание траекторий подъема дымовых смесей от высотных труб по спутниковой информации // Вычислительные технологии. 2023. Т. 28, № 6. С. 6-16.
11. Penenko, A., Emelyanov, M., Tsybenova, E. Deep Learning-based Refinement of the Emission Source Identification Results // 19th International Asian School-Seminar on Optimization Problems of Complex Systems (OPCS). IEEE, 2023. DOI: 10.1109/opcs59592.2023.10275758.
12. Ilyin, V., Batalov, M., Gurieva, Y. Petukhov, A. On parallel multigrid methods for solving systems of linear algebraic equations // Sokolinsky L., Zymbler M. (eds.) Parallel Computational Technologies (PCT 2023). Communications in Computer and Information Science. Vol. 1868. Springer, Cham. 2023. P. 93–109. https://doi.org/10.1007/978-3-031-38864-4_7.
13. Imomnazarov, K. Kh., Mikhailov, A. A., Omonov, A. T., Tordeux, S. Numerical modeling of the seismic waves propagation in a porous medium from singular sources // Mathematical Notes of NEFU. 2023. Vol. 30, No. 1. P. 89–100. DOI: 10.25587/SVFU.2023.92.13.007.
15. Марчук, Ан. Г., Москаленский, Е. Д. Конфигурация очага, приводящая к концентрации волновой энергии цунами вокруг круглого острова // СибЖВМ. 2023. Т. 26, № 1. С. 77–92. DOI: 10.15372/SJNM20230106.
16. Efimova, A., Boronina, M., Vshivkov, K., Dudnikova, G. Supercomputer simulation of plasma flow in the diamagnetic mode of open magnetic systems // L. Sokolinsky, M. Zymbler (eds.) Parallel Computational Technologies (PCT-2023). Communications in Computer & Information Science. Vol. 1868. Springer, Cham. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-38864-4_21.
17. Malyshkin, V., Perepelkin, V., Lyamin, A. Trace balancing technique for trace playback in LuNA system // Parallel Computing Technologies (PaCT 2023). Lecture Notes in Computer Science. Vol. 14098. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-41673-6_4.
18. Иванов, А. В., Огнев, И. А., Никрошкин, И. В., Попова, Ю. А. Методика организации процесса мониторинга распределенных информационных систем // Безопасность цифровых технологий. 2023. Вып. 4. С. 9–23. DOI: <http://dx.doi.org/10.17212/2782-2230-2023-4-9-23>.