

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИВМиМГ СО РАН ЗА 2019 ГОД

рассмотренные и утвержденные на заседании Ученого совета 22.11.2019

Представлены результаты по четырем основным научным направлениям Института: вычислительная математика, математическое моделирование и методы прикладной математики, параллельные и распределенные вычисления, информационные системы.

Новый алгоритм решения обратной задачи идентификации источников в моделях процессов адвекции – диффузии – реакции на основе операторов чувствительности целевых функционалов по данным измерений типа изображений

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

Лаборатория математического моделирования гидродинамических процессов в природной среде

Для нестационарных моделей переноса и трансформации примесей в атмосфере (моделей адвекции-диффузии-реакции) различной пространственной размерности разработан алгоритм идентификации источников на основе операторов чувствительности целевых функционалов по данным измерений типа изображений (т.е. временных рядов значений функции состояния модели в заданных точках области, высотных профилей и изображений функции состояния в определённые моменты времени). Операторы чувствительности строятся на основе ансамблей решений сопряжённых задач, соответствующих заданному набору целевых функционалов от функций состояния модели [1–3]. Благодаря ансамблевому характеру алгоритма, он естественно отображается на параллельные вычислительные архитектуры. На рис. 1 представлен результат работы алгоритма по восстановлению функции источников загрязнения по данным мониторинга [1]. Алгоритм применим и в других областях приложений, в частности, к задачам идентификации источников для моделей биологии развития по данным микроскопии [2].

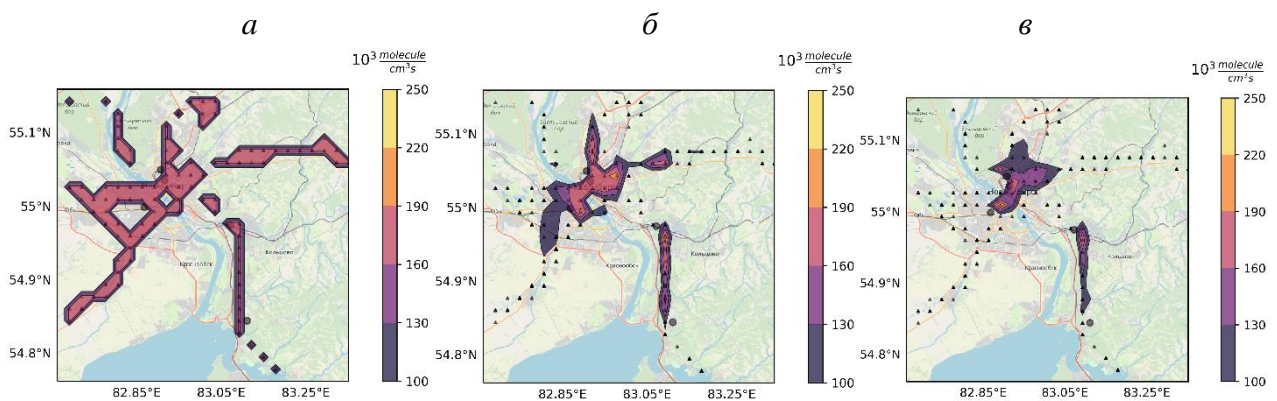


Рис. 1: Идентификация стационарных источников NO (а) по временным рядам концентрации O_3 на 5 постах мониторинга; проекция «точного» решения на дополнение ядра оператора чувствительности (оценка «видимого» источника) (б) и результат решения задачи идентификации источника (в). Сценарный расчет на примере г. Новосибирска [1]

**Новый эффект нерадиационной рекомбинации экситона на дислокациях:
теория, моделирование и экспериментальное исследование подвижности экситонов
в полупроводниковых материалах**

К. К. Сабельфельд, д.ф.-м.н., А. Е. Киреева, к.ф.-м.н.

Лаборатория стохастических задач

Обнаружен новый эффект нерадиационной рекомбинации экситона на дислокациях, построены теория этого взаимодействия, проведено стохастическое моделирование и экспериментальное исследование совместно с физиками из Института твердотельной электроники им. П. Друде (PDI, Berlin) дрефта, диффузии и рекомбинации экситонов в пьезоэлектрическом поле, порождаемом упругими напряжениями вокруг проникающих дислокаций. Оказалось, в отличие от общепринятой теории, что контраст интенсивности катодолюминесценции (CL) слабо зависит от диффузии экситонов, но контраст энергии CL очень чувствителен к длине диффузии и, следовательно, позволяет определять ее экспериментально. Новая теория впервые позволила корректно определять подвижность экситонов и их длину диффузии в полупроводниках, что открывает новые возможности для создания наноразмерной элементной базы для нужд фотоники и оптоэлектроники [4–6].

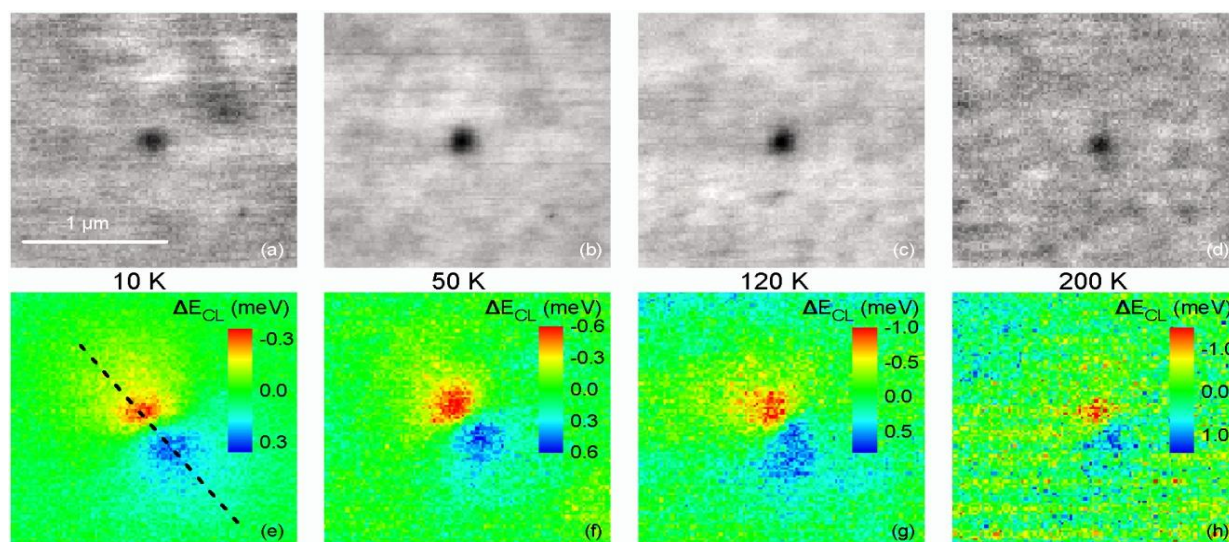


Рис. 2: Карта интенсивности катодолюминесценции и распределение энергии запрещенной зоны вокруг дислокаций в полупроводнике из нитрида галлия [5, 6]

Результаты работы опубликованы в журналах Applied Physics Letters [4] и Physical Review Applied [5], входящих в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition.

**Построение численно-статистической модели однородного случайного поля
с заданным распределением интеграла по одной из фазовых координат**

Г. А. Михайлов¹, чл.-корр. РАН, Е. Г. Каблукова², к.ф.-м.-н., В. А. Огородников², д.ф.-м.-н.,
С. М. Пригарин², д.ф.-м.-н.

¹Лаборатория методов Монте-Карло

²Лаборатория стохастических задач

Представлен новый алгоритм построения модели трехмерного однородного случайного поля $\zeta(x, y, z)$ в горизонтальном слое $0 < z < H$ с заданными безгранично делимым одномерным распределением и корреляционной функцией $K_0(x, y)$ интеграла по "вертикальной"

переменной z . В работе используется гамма-распределение $\Gamma(\nu, \theta)$ с параметрами формы ν и масштаба θ . Корреляционные функции $K_I(z)$ поля $\zeta(x, y, z)$ вдоль оси z могут представлять собой кусочно-линейное приближение требуемой корреляционной функции, либо принадлежать классу Пойа, в частности это могут быть функции экспоненциального типа. Для построения базовой модели рассматривается совокупность n независимых элементарных горизонтальных слоев толщины $h=H/n$, сдвинутых по вертикали на случайную величину, равномерно распределенную в интервале $(0, h)$. Доказано, что для сформулированной модели нормированная корреляционная функция интеграла по z совпадает с заданной "горизонтальной" нормированной корреляционной функцией, а параметры одномерного распределения стремятся к заданным асимптотически при $n \rightarrow \infty$, хотя математическое ожидание и дисперсия совпадают с заданными точно. Для воспроизведения указанных выше корреляционных функций $K_I(z)$ рассматривается дополнительная рандомизация базовой модели. Данная модель применима для имитации пространственной изменчивости облаков и определения взаимосвязей между облачными полями и распространяющейся в них радиации в теории климата и атмосферной оптики [7–10].

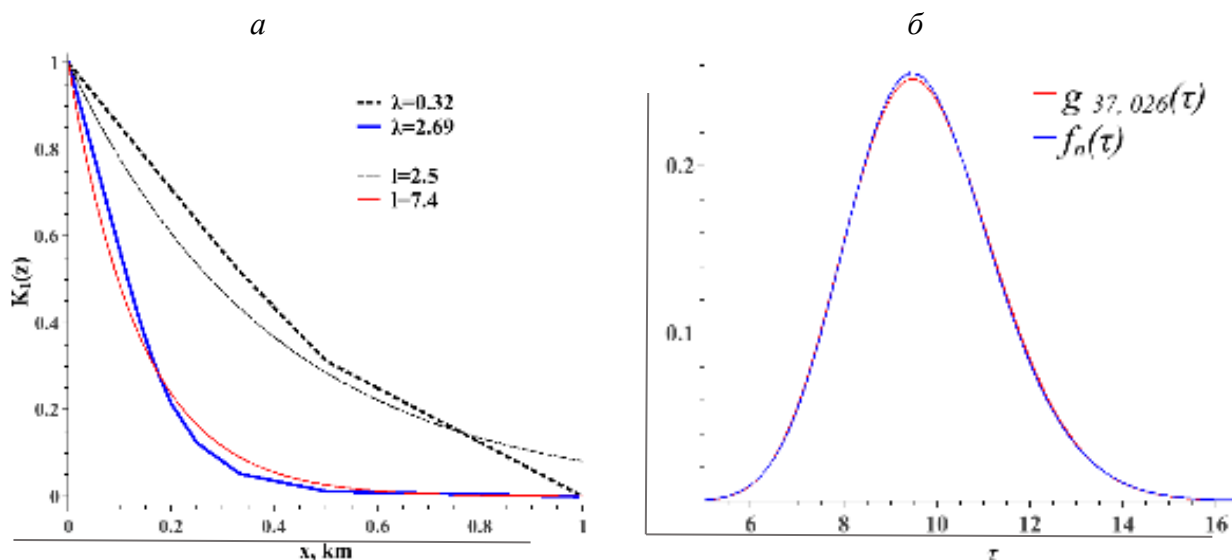


Рис. 3: а) Графики корреляционных функций $K_I(z)$ поля $\zeta_h(x, y, z)$, построенные для пуассоновского распределения числа слоев n с параметром λ и соответствующих экспоненциальных корреляционных функций из класса Пойа; б) плотность $f_h(u)$ одномерного распределения интеграла по "вертикальной" переменной z от поля $\zeta_h(x, y, z)$, смоделированного для непрерывного распределения величины h , и плотность заданного гамма-распределения $g_{37,0.26}(u)$.

Новые вычислительные модели процессов нефтедобычи

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

Лаборатория математических задач химии

Разработаны новые алгоритмы численного решения 3D задач фильтрации двухфазной несжимаемой жидкости при наличии нагнетательных и добывающих скважин. В основе предложенных алгоритмов лежит комбинация смешанного метода конечных элементов для вычисления давления и вектора суммарной скорости и противопотоковая схема метода конечных объемов для вычисления водонасыщенности. Рассмотрен как изотропный, так и анизотропный пласт. Предложенная методика распространена на модели двойной пористости

описания трещиновато-пористых сред. Учет скважин осуществляется как непосредственным заданием потоков на границах скважин, так и интегральными дебитами при некотором неизвестном давлении. Предложена эффективная регуляризация вырожденной задачи для давления и суммарной скорости [11–15].

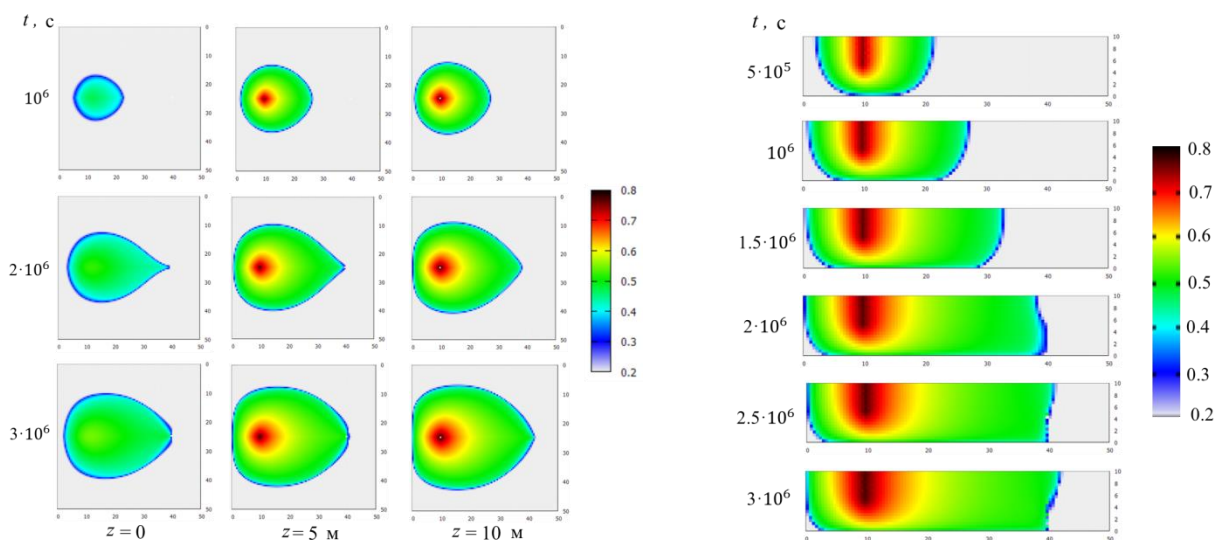


Рис. 4: Водонасыщенность в плоскостях $z = 0$, $z = 5$ м и $z = 10$ м $x = 25$ м

Тенденции климатической системы Арктики в условиях глобального потепления

Г. А. Платов, д.ф.-м. н., Е. Н. Голубева, д.ф.-м. н., М. В. Крайнева, В. В. Малахова, к.ф.-м.н.

Лаборатория математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере

Разработан комплекс моделей компонент климатической системы Арктики. Данный комплекс использовался для исследования роли климатических тенденций в приземном слое атмосферы в формировании и сокращении объема льда Северного Ледовитого океана в 1979–2010 гг. По результатам численных экспериментов установлено, что наибольшее влияние на процесс сокращения площади и объема морского льда оказывают процессы масштаба атмосферного блокинга. В ходе исследований анализировались временные ряды, полученные в результате ЕОФ декомпозиции вектора состояния приземной атмосферы по данным атмосферного реанализа CORE-2. На основе анализа было установлено, что климатические тенденции в состоянии атмосферы связаны, в первую очередь, с изменениями характеристик

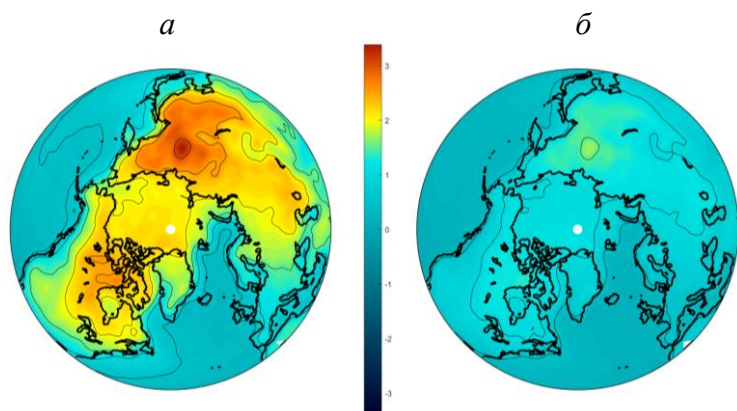


Рис. 5: Тенденция изменения температуры приземного слоя атмосферы в зимний (а) и в летний (б) периоды 1979–2010 гг.

сезонного хода (1-я мода, см. рис. 5), параметров Арктической осцилляции (2-я мода), изменениями, связанными с уменьшением площади океана, покрытой льдом (3-я мода), и с тенденциями структуры арктического диполя в поле приземного давления (4-я мода). Количество распресненных вод, концентрирующихся в море Бофорта, в значительной степени определяет отклик океана на атмосферное воздействие. Анализ результатов

климатических моделей, полученных по различным сценариям ИРСС антропогенного воздействия на климатическую систему в XXI веке, показал высокую вероятность продолжения выявленных тенденций в будущем. Полученные результаты позволяют лучше разобраться в сути климатических тенденций в арктических районах и в прилегающих умеренных широтах и определить возможные сценарии будущего развития климатической системы и ее роли в связи с освоением северных территорий и разработкой шельфовых месторождений [16–18].

Модификация численных методов решения стохастических дифференциальных уравнений с первым интегралом

Т. А. Аверина, к.ф.-м.н., совместно с К. А. Рыбаковым, к.ф.-м.н.

(Московский авиационный институт)

Лаборатория численного анализа стохастических дифференциальных уравнений

Системы стохастических дифференциальных уравнений (СДУ) с первым интегралом, решение которых находится на гладком многообразии, т.е. на гладкой поверхности, определяют математические модели инвариантных стохастических динамических систем, для состояний которых выполняется некоторый закон сохранения, например, энергии, массы, импульса, момента импульса. Однако, из-за погрешности численного метода моделируемые траектории решения СДУ не принадлежат многообразию, а лежат в некоторой его окрестности, которая определяется шагом численного интегрирования и порядком сходимости численного метода.

Предложена модификация численных методов решения СДУ, применение которой обеспечивает принадлежность моделируемых траекторий заданному многообразию. Ранее такой подход использовался для построения проекционных (геометрических) численных методов решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

Доказано, что предложенная методика коррекции численного решения сохраняет порядок потраекторной аппроксимации решения.

На рисунках приведены результаты тестирования обобщенного метода Эйлера (рис. 6) и метода Авериной (рис. 7) с учетом дополнительной коррекции численного решения и без нее на системе СДУ с первым интегралом (траектории точного решения лежат на цилиндрической поверхности). Красным цветом показано численное решение без коррекции; синим — с коррекцией; черным цветом показана траектория, соответствующая точному решению

На графиках видно, что 1) без коррекции решение методом Авериной, считает точнее и показывает лучшие свойства устойчивости, чем метод Эйлера, 2) коррекция решения приводит к сохранению первого интеграла обоими методами [19].

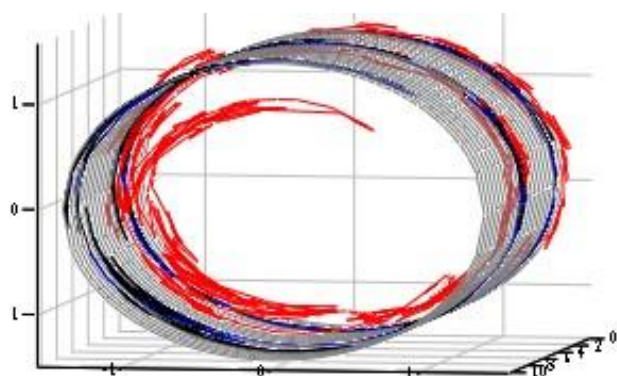


Рис. 6

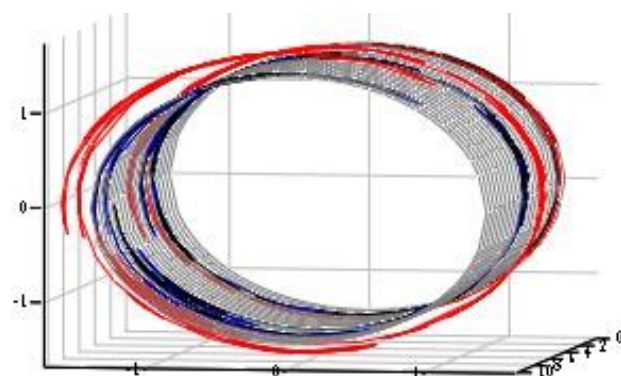


Рис. 7

Два варианта проекционного метода для численного решения нелинейного уравнения Больцмана

С. В. Рогазинский, д.ф.-м.н.

Лаборатория методов Монте-Карло

Работа посвящена обоснованию алгоритма статистического моделирования для решения нелинейного кинетического уравнения Больцмана на основе проекционного метода. В качестве ортонормированного базиса использовались функции Эрмита. Оценена норма L_2 погрешности аппроксимации функции ее частичной суммой по функциям Эрмита. Рассматривалось два варианта проекционного метода, основанных на разложении в ряд по функциям Эрмита и на разложении в ряд Грама – Шарлье. Проведено сравнение указанных оценок погрешностей двух вариантов проекционного метода на решении задачи однородной релаксации газа с известным решением. Указанная погрешность в L_2 в обоих вариантах оказалась обратно пропорциональной корню четвертой степени из n – длине взятого отрезка ряда. Данные результаты могут быть использованы в области вычислительной математики при анализе применения проекционного метода и выбора оптимальных параметров проекционного метода. В качестве примера на рис. 8 приведены расчеты при $t = 5$ плотности распределения по модулю скорости: сплошная линия – точное решение, точки – значение отрезка ряда по функциям Эрмита ($n = 10$). На рис. 9 черные точки – L_2 погрешность аппроксимации отрезком ряда длины n , красные точки значения функции $0.43/\sqrt[4]{n}$ [20].

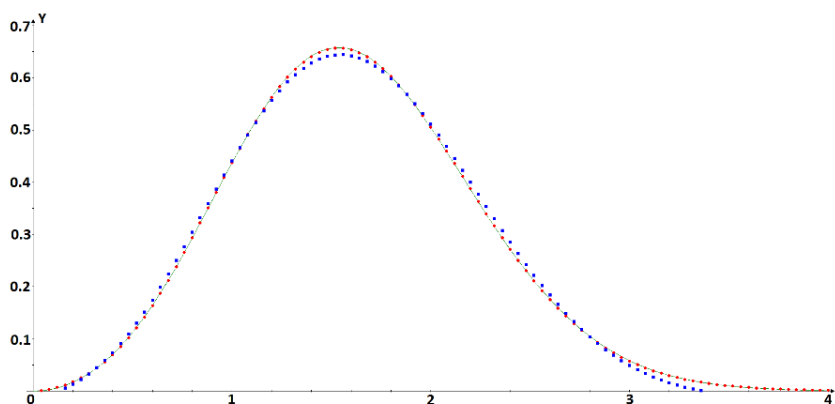


Рис. 8

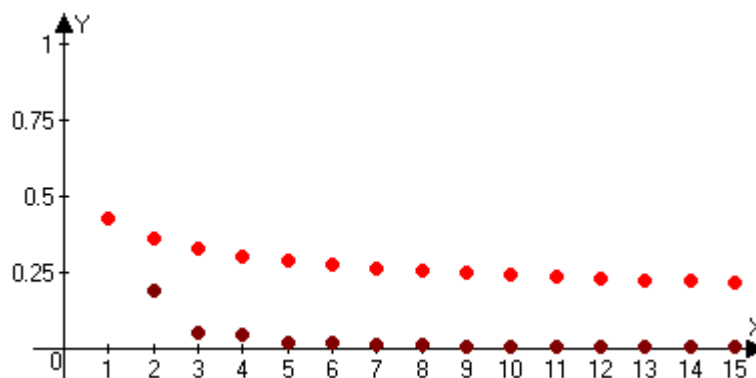


Рис. 9

Экономичный алгоритм решения задачи Коши для эллиптических уравнений с переменными коэффициентами

С. Б. Сорокин, д.ф.-м.н.

Лаборатория численного анализа и машинной графики

Предложен и обоснован экономичный прямой численный метод решения задачи Коши для эллиптических уравнений с переменными коэффициентами, допускающими разделение переменных. Метод позволяет получить решение дискретной задачи за число арифметических операций порядка N , где N – число точек сетки.

Метод применим для различных типов краевых условий, для неравномерных сеток по одной из координат и в цилиндрических координатах с переменными коэффициентами, зависящими от r .

Известные прямые алгоритмы решения задачи Коши разработаны только для уравнения Лапласа. Все они основаны на существовании аналитического решения задачи продолжения в стандартной области.

Новизна результата состоит в том, что разработанный экономичный алгоритм применим к эллиптическим уравнениям с переменными коэффициентами, для которых получить аналитическое решение задачи продолжения не представляется возможным.

Значимость результата состоит в том, что предложенный экономичный алгоритм существенно расширяет круг решаемых задач и может применяться при создании приборов способных в реальном масштабе времени определять температуру на недоступных для измерения частях конструкций [21–24].

Практическое применение (теплопроводность) Дано тело термоизолированное по всем участкам границы, кроме правой, имеется возможность измерить температуру на левой части границы: $u(x_1, x_2) = g(x_2)$. Необходимо определить температуру на правой, недоступной границе.

$$\begin{array}{ccc} & \frac{\partial u}{\partial n} = 0 & \\ \frac{\partial u}{\partial n} = 0 & \boxed{\phantom{\text{Diagram}}} & u(x_1, x_2) = ? \\ & \frac{\partial u}{\partial n} = 0 & \end{array}$$

Рис. 10

Численное моделирование широкоапертурного источника электронного пучка на основе сеточного плазменного эмиттера

В. М. Свешников, д.ф.-м.н., А. Н. Козырев

Лаборатория вычислительной физики

Проведено численное моделирование физических процессов широкоапертурного источника электронного пучка на основе сеточного плазменного эмиттера. Исследуемая область характеризуется сильной разномасштабностью и протяженностью. Расчеты проводились на адаптивных квазиструктурированных локально-модифицированных сетках. Предложена математическая модель нахождения свободной поверхности эмиссионной плазмы, согласно которой задача рассматривается в двумерном осесимметричном приближении и поверхность входа электронов в расчетную область представляется в виде совокупности дуг окружностей,

соединяемых перешейками. Для повышения точности расчетов предложено разбить разно-масштабную протяженную область на две подобласти и решение находить альтернирующим методом Шварца, поочередно проводя решение самосогласованных задач в подобластях. Пучки моделируются методом трубок тока, потенциал электрического поля рассчитывается методом конечных объемов.

Проведено сравнение полученных характеристик пучка с данными эксперимента. Показано, что при рабочих параметрах пучка его потери на элементах источника минимальны [25–27].

Новый метод определения эффективного тензора жесткости методом “виртуального эксперимента” с цифровыми двойниками керна

Г. В. Решетова, д.ф.-м.н.

Лаборатория вычислительных задач геофизики

В настоящее время широко используемый подход для определения упругих характеристик образцов керна состоит в проведении дорогостоящих трудо/время затратных физических лабораторных экспериментов. Разработан альтернативный подход, основанный на математическом моделировании “виртуального эксперимента” по цифровым 3D изображениям компьютерной томографии. Метод основан на принципе эквивалентности энергии деформаций, в котором в качестве однородных граничных условий выбираются статические граничные условия, имитирующие физический эксперимент и определяются компоненты тензора жесткости. Особенностью алгоритма является новая схема решения задач статического нагружения образца методом установления задачи динамической теории упругости и схема параллельной реализации на основе MPI+OpenMP. Точность метода определения эффективных параметров проверялась на однородных образцах с известными свойствами, и слоистых, для которых эффективные параметры рассчитывались по методу Шенберга [28–30].

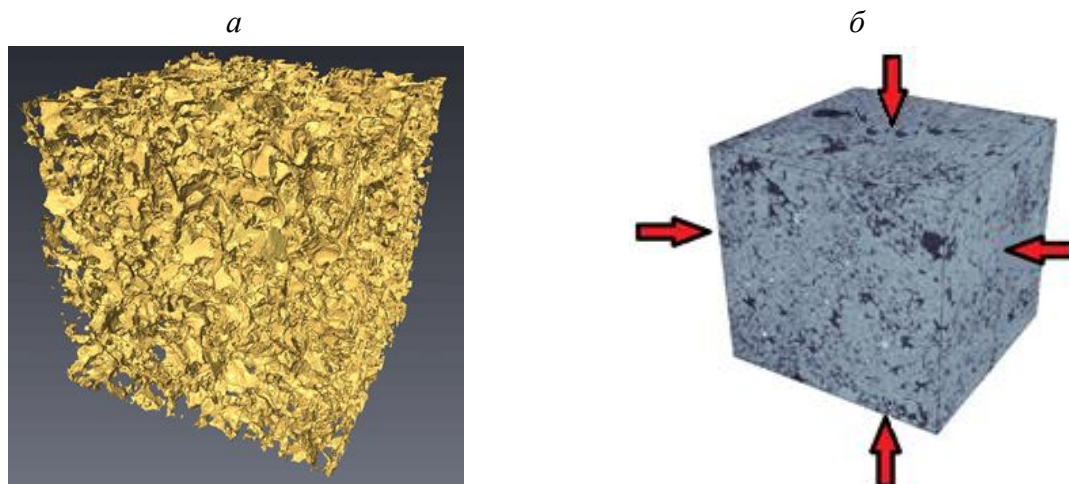


Рис. 11: Цифровой образец керна (а) и математическое моделирование физического эксперимента (б)

Реализация нового быстрого метода расчёта распространения цунами на ПК с использованием FPGA плат

Ан. Г. Марчук, д.ф.-м.н.

Лаборатория математического моделирования волн цунами

Реализован численный метод расчёта распространения волн цунами в рамках нелинейной модели мелкой воды с применением вентильной матрицы, программируемой пользова-

телем (FPGA). Суть подхода заключается в использовании специализированной платы, с учётом интенсивности потоков данных при расчёте динамики волны по разностной схеме МакКормака. Адаптация алгоритма к FPGA осуществлена в сотрудничестве с ИАЭ СО РАН. Использование такой вычислительной архитектуры позволило достичь ускорения расчётов более чем в 200 раз по сравнению с моделированием на том же ПК без FPGA платы [31]. При использовании такого подхода численное моделирование распространения цунами на участке океана с реальным рельефом дна (пример расчета для Камчатского побережья приведен на рис. 12) занимает несколько десятков секунд, что даёт возможность оценивать ожидаемую высоту цунами у берега до её прихода туда.

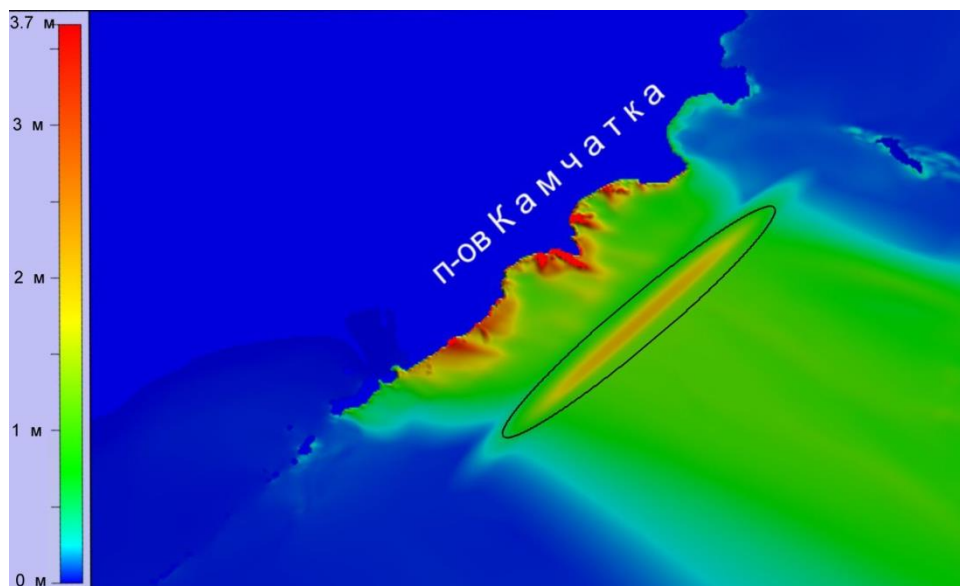


Рис. 12: Распределение максимумов высоты цунами от вытянутого модельного источника длиной 500 км в сегменте расчётной области у берегов Камчатки, рассчитанное по схеме МакКормака с применением FPGA платы. Максимальная высота начального смещения водной поверхности в эллипсовидном очаге составляла +2 м

Численное моделирование распространения сейсмоакустических волн в системе "атмосфера – лесной покров – грунт" в интересах экологоохранных задач

Г. М. Шиманская, к.т.н., Д. А. Караваев, к.ф.-м.н., М. С. Хайретдинов, д.т.н.

Лаборатории геофизической информатики

В интересах проблемы экологоохранной защиты социальной инфраструктуры города в зонах повышенных транспортных и производственных акустических и сейсмических шумов решена задача по понижению «шумоопасности» на инфранизких частотах, наиболее угрожающих для человека. Оценены численные характеристики шумоопасности на основе решения задачи взаимодействия акустических колебаний с окружающей средой, представленной трехслойной моделью "атмосфера – лес – грунт" (рис. 13). Разработаны и реализованы алгоритм и программа расчета уровней акустических колебаний с учетом их углов падения на лесную среду, частотного содержания и высотного положения волнового фронта. Получены и представлены теоретические результаты модельных расчётов в виде двухмерных снимков поля акустических волн (рис. 14) [32].

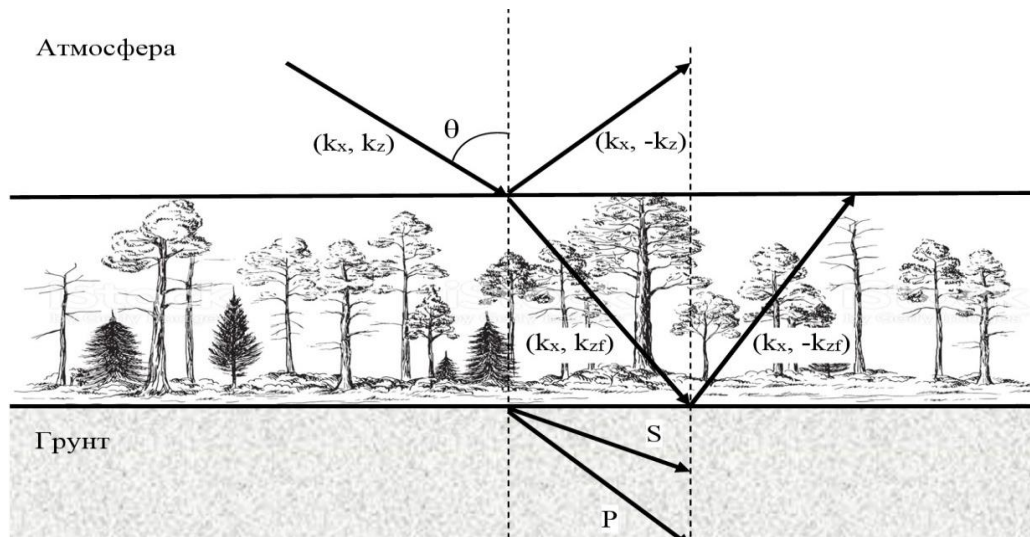


Рис. 13: Трехслойная модель "атмосфера – лесной массив – грунт" со схемой падающих и отраженных волн в слоях

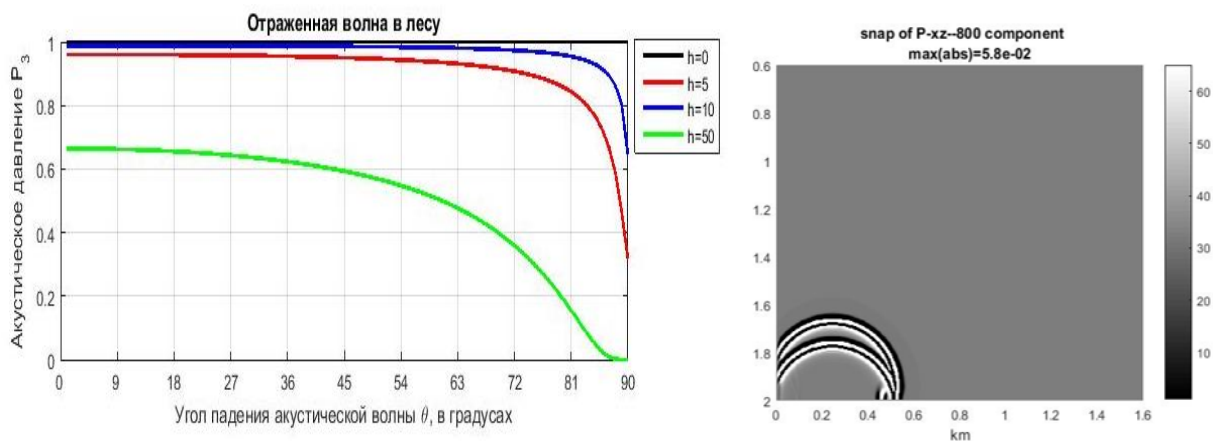


Рис. 14: Графики зависимости акустического давления для отраженных волн от угла падения θ при прохождении акустической волны через лес при различных высотах $H = 0, 5, 10, 50$ метров, частота $f = 10$ Гц (слева). Снимок волнового поля для акустического давления в лесном массиве (справа)

Новый управляемый непараметрический статистический критерий, альтернативный критерию Вилкоксона – Манна – Уитни

Г. И. Салов, к.т.н.

Лаборатория обработки изображений

Разработан новый управляемый непараметрический статистический критерий для задачи проверки гипотезы об однородности двух выборок против односторонней альтернативной гипотезы о том, что величины элементов одной выборки имеют тенденцию быть стохастически больше величин элементов другой. Показано преимущество разработанного критерия с точки зрения мощности и управляемости перед критерием Вилкоксона – Манна – Уитни, стандартно применяемым в подобных задачах. Результат имеет общий характер и может быть использован, например, при решении задач обнаружения [33].

Обоснование нестандартности взрыва сверхновых типа Ia с помощью вычислительного эксперимента на суперЭВМ

И. М. Куликов, д.ф.-м.н., И. Г. Черных, к.ф.-м.н.
Лаборатория суперкомпьютерного моделирования

Сверхновые звезды типа Ia (белые карлики) используются в виде «стандартных свечей» для измерения расстояний во Вселенной. Однако, экспериментально были обнаружены вариации кривых блеска, на что обратил внимание профессор А.В. Тутуков (Институт астрономии РАН). Необходимо было теоретически обосновать этот эффект. В работе теоретически обоснована нестандартность взрыва сверхновых типа Ia с помощью вычислительного эксперимента на суперкомпьютере НКС-1П (ССКЦ ИВМиМГ СО РАН), оснащенного процессорами Intel Xeon Phi KNL. Для описания эволюции белых карликов и их взрыва в виде сверхновой типа Ia разработана гидродинамическая модель вырожденного газа с использованием звездного уравнения состояния. Для описания гидродинамической модели используется система уравнений гравитационной газовой динамики, переопределенная уравнением для энтропии. Такая запись уравнений позволяет разработать эффективную программную реализацию с использованием векторных инструкций AVX-512. Вычислительные эксперименты показали, что в зависимости от ядерного горения углерода варьируется энергия взрыва, что приводит к различию в кривых блеска. Что в свою очередь говорит о ненадежности использования этого эталона [34, 35].



Рис. 15

Разработаны и реализованы алгоритмы системы LuNA, существенно повышающие её производительность

В. Э. Малышкин, к.ф.-м.н., В. А. Перепёлкин, Н. А. Беляев, С. Е. Киреев
Лаборатория синтеза параллельных программ

В лаборатории разрабатывается язык и система LuNA автоматизации конструирования параллельных программ численного моделирования. Система освобождает пользователя от решения таких сложных задач параллельного программирования как программирование коммуникаций, синхронизация процессов и потоков, планирование вычислений, распределение и динамическое перераспределение ресурсов и т.п. Основным результатом исследований в 2019 г. стало существенное (до 1–1,5 порядков) повышение производительности работы

системы LuNA по сравнению с предыдущей версией системы, что позволило: 1) повысить производительность исполнения LuNA-программ и 2) расширить класс прикладных задач, на которых система LuNA обеспечивает приемлемую производительность. Это определяет значимость работы. Отставание в производительности от ручной реализации составляет 2–3 раза и более (для сложных программ). Повышения производительности удалось достичь за счёт трансляции исходной LuNA-программы в новую императивную модель вычислений мультиагентного типа, а также за счёт применения узкоспециализированных алгоритмов компиляции и исполнения к LuNA-программам частного вида. Разработка модели и алгоритмов составляет новизну работы [36, 37].

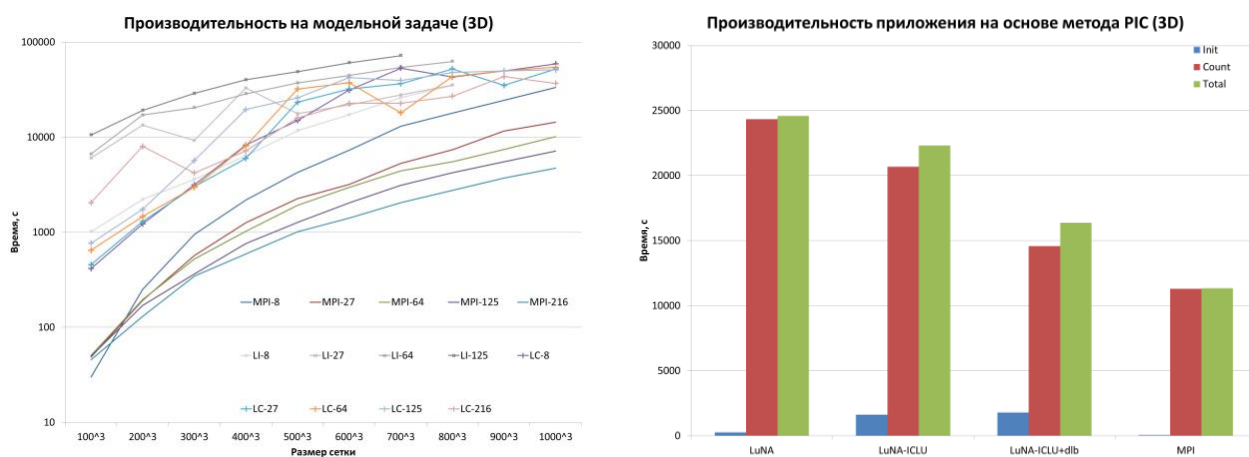


Рис. 16

Развитие теории ненадёжных структур применительно к решению прикладных задач

К. А. Волжанкина, О. А. Ляхов, к.э.н., Д. А. Мигов, к.ф.-м.н.,
 А. С. Родионов, д.т.н., К. В. Ткачёв, Г. Ы. Токтошов, к.т.н.
 Лаборатория системного моделирования и оптимизации

Получены модельные описания систем, разработаны алгоритмы анализа и оптимизации для решения ряда прикладных задач. Предложен эвристический подход к решению задачи оптимизации сетей инженерных коммуникаций по критерию минимума суммарных строительных затрат, при обеспечении заданного уровня надёжности, на основе метода k-кратчайших путей. Разработана новая постановка задачи и методы её решения для построения маршрутов транспортных средств с учётом планов ремонтных работ в узлах обслуживаемой сети. Предложен подход к проектированию оптимальных сетей электропитания для оборудования многофункциональных систем безопасности в шахтах. Для оценки качества транспортной инфраструктуры мегаполиса построены эффективные алгоритмы

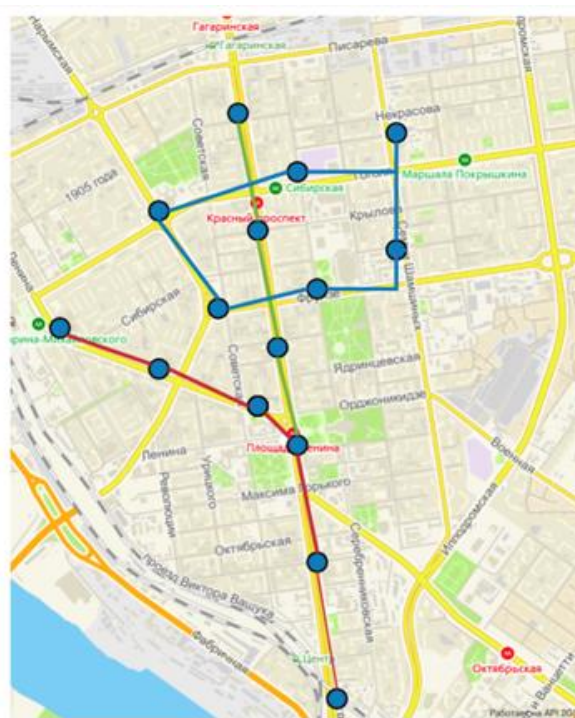


Рис. 17

мы расчёта и кумулятивного оценивания математических ожиданий максимальных потоков и их арифметического среднего в сетях с ненадёжными связями; разработаны специальные бионические алгоритмы решения NP-трудной задачи покрытия мультиграфа применительно к задаче мониторинга дорожного движения [38–43].

Публикации:

1. Penenko, V. V.; Penenko, A. V.; Tsvetova, E. A.; Gochakov, A.V. Methods for studying the sensitivity of air quality models and inverse problems of geophysical hydrothermodynamics // *J. of Applied Mechanics and Technical Physics*. 2019. V. 60. P. 392–399. DOI: 10.1134/S0021894419020202.
2. Penenko, A.; Zubairova, U.; Mukatova, Z.; Nikolaev, S. Numerical algorithm for morphogen synthesis region identification with indirect image-type measurement data // *J. of Bioinformatics and Computational Biology*, World Scientific Pub Co Pte Lt, 2019. V. 17. 1940002, DOI: 10.1142/s021972001940002x.
3. Penenko, A. A Newton-Kantorovich method in inverse source problems for production-destruction models with time series-type measurement data // *Numerical Analysis and Applications*, Pleiades Publishing Ltd. 2019. V. 12. P. 51–69, DOI: 10.1134/S1995423919010051.
4. Kaganer, V. M.; Sabelfeld, K. K.; Brandt, O. Piezoelectric field, exciton life time, and cathodoluminescence intensity at threading dislocations in GaN{0001}. *Applied Physics Letters*. 112 (2018), iss. 12. 122101. (Импакт-фактор 3.495).
5. Kaganer, V. M.; Laehnemann J.; Pfueller C.; Sabelfeld K. K.; Kireeva A. E.; Brandt, O. Determination of the carrier diffusion length in GaN from cathodoluminescence maps around threading dislocations: fallacies and opportunities. *Physical Review Applied*. 2019. V. 12. N 5. 054023. (Импакт фоктор 4.532).
6. Kaganer, V.; Laehnemann, J.; Pfueller, C.; Brandt, O.; Sabelfeld, K.; Kireeva, A. Can we determine the carrier diffusion length in GaN from cathodoluminescence maps around threading dislocations? *International Conference on Defects-Recognition, Imaging and Physics in Semiconductors (DRIP XVIII)*, Berlin, Sept. 8–12, 2019.
7. Михайлов, Г. А.; Каблукова, Е. Г.; Огородников, В. А.; Пригарин, С. М. Построение численно-статистической модели однородного случайного поля с заданным распределением интеграла по одной из фазовых координат // *ДАН*. 2019. Т. 489, № 2. С. 19–23.
Перевод: Mikhailov, G. A.; Kablukova, E. G.; Ogorodnikov, V. A.; Prigarin, S. M. Constructing a Numerically Statistical Model of a Homogeneous Random Field with a Given Distribution of the Integral over One of the Phase Coordinates. *Dokl. Mathematics*. 2019. V. 100, N 3. P. 1–4.
8. Kablukova, E. G.; Mikhailov, G. A.; Ogorodnikov, V. A.; Prigarin, S. M. Simulation of a random field with given distribution of one-dimensional integral. *RJNAMM*. 2019. 34(6). P. 327–338.
9. Каблукова, Е. Г.; Михайлов, Г. А.; Огородников, В. А.; Пригарин, С. М. Построение численно-статистической модели однородного случайного поля с заданным распределением интеграла по одной из фазовых координат (приглашенный доклад на Международной конференции «АПВПМ-2019»).
10. Mikhailov, G.; Kablukova, E.; Ogorodnikov, V.; Prigarin, S. Construting a numerially statistical model of a homogeneous random field with the given distribution of the integral over one of the phase coordinates (плeнарный доклад на 11-й Международной молодежной научной школе-конференции «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач»).

11. Ivanov, M. I.; Kremer, I. A.; Laevsky, Yu. M. On the upwind scheme for solving to filtration problem // *Sib. Electronic Math. Reports*. 2019. V. 16. P. 757–776 (WoS, Scopus, SJR: Q2). DOI: 10.33048/semi.2019.16.051.
12. Ivanov, M. I.; Kremer, I. A.; Laevsky, Yu. M. On wells modeling in filtration problems // *Sib. Electronic Math. Reports*. 2019. V. 16. P. 1868–1884 (WoS, Scopus, SJR: Q2). DOI: 10.33048/semi.2019.16.133.
13. Лаевский, Ю. М.; Иванов, М. И.; Кремер, И. А. Об одной противопотоковой схеме решения уравнения Баклея – Леверетта // *Международная конференция "АПВПМ "*, 1–5 июля 2019 г., Новосибирск (пленарный доклад).
14. Иванов, М. И.; Кремер, И. А.; Лаевский, Ю. М. Смешанный метод конечных элементов решения вырожденной задачи Неймана // *Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики"*, 1–5 июля 2019 г., Новосибирск (устный доклад).
15. Laevsky, Yu. Some approaches to oil reservoir simulation // *The Week of Applied Mathematics and Mathematical Modelling, The Third International conference Multiscale methods and Largescale Scientific Computing, Vladivostok, Oct. 7–11, 2019*. (пленарный доклад).
16. Platov, G. A.; Golubeva, E. N.; Kraineva, M. V.; Malakhova V. V. Modeling of climate tendencies in Arctic seas based on atmospheric forcing EOF decomposition // *Ocean Dynamics* (2019) 69(6): 747-767. <https://doi.org/10.1007/s10236-019-01259-1>.
17. Proshutinsky, A.; Krishfield, R.; Toole, J.; Timmermans, M.-L.; Williams, W.; Zimmerman, S.; Yamamoto-Kawai, M.; Armitage, T. W. K.; Dukhovskoy, D.; Golubeva, E.; Manucharyan, G. E.; Platov, G.; Watanabe, E. Analysis of the Beaufort Gyre freshwater content in 2003-2018 // принята в печать в *J. Geophys. Res.*
18. Platov, G.; Krupchatnikov, V.; Borovko, I. The study of feedbacks of the Arctic climate system in the formation of climate trends // принята в печать в *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
19. Аверина, Т. А.; Рыбаков, К. А. Модификация численных методов решения стохастических дифференциальных уравнений с первым интегралом // *СибЖВМ* 2019. Т. 22. № 3. С. 243-259.
[Averina T.A., Rybakov K.A. A modification of numerical methods for stochastic differential equations with the first integral // *Numerical Analysis and Applications* 2019. V. 12. № 3. P. 203-218.] (публикация в базах Web of Science, Scopus, РИНЦ).
20. S.V. Rogasinsky, Two variants of Monte Carlo projection method for numerical solution of nonlinear Boltzmann equation // *RJNAMM*. V. 34, Iss.3. P. 143-150, 2019.
21. Sorokin S.B. An Efficient Direct Method for Numerically Solving the Cauchy Problem for Laplace's Equation. *Numerical Analysis and Applications*, January 2019, Volume 12, Issue 1, pp 87–103. (Quartiles Q3, Web of Science,).
22. Сорокин С.Б. Неявный итерационный метод численного решения задачи Коши для эллиптических уравнений. *Сиб. журн. индустр. матем.*, 2019, том 22 номер 4(80), страницы 95–106. (Quartiles Q3, Scopus).
23. Sorokin S.B. An Economical Algorithm for Numerical Solution of the Problem of Identifying the Right-Hand Side of the Poisson Equation // *Journal of Applied and Industrial Mathematics*, 2018, Vol. 12, No. 2, pp. 362–368. (Quartiles Q2, Scopus).
24. Sorokin S.B. Fourier method for solving the Cauchy problem for an elliptic equation. *Numerical algebra with Applications. Proceedings of Eighth China-Russia Conference*, 24–27 June

2019, Rostov-on-Don, RUSSIA / Editors: Zhong-Zhi Bai, Galina V. Muratova ; Southern Federal University. – Rostov-on-Don ; Taganrog : Southern Federal University Press, 2019. – 144 p. ISBN 978-5-9275-3155-4, pp. 65-69.

25. Астрелин, В.Т.; Воробьев, М. С.; Козырев, А. Н.; Свешников, В. М. Численное моделирование работы широкоапертурного ускорителя электронов с сетчатым плазменным эмиттером и выводом пучка в атмосферу // ПМТФ. Т.60, № 5. С. 3 – 12.

[Astrelin, V. T.; Vorobyov, M. S.; Kozyrev, A. N., Sveshnikov V. M. Numerical simulation of the operation of a wide-aperture electron gun with a grid plasma emitter and beam output into the atmosphere // J. of Applied Mechanics and Technical Physics, 2019, Vol. 60, No. 5, pp. 785–792.]

26. Свешников, В. М.; Астрелин, В. Т.; Воробьев, М. С.; Козырев, А. Н. Численное моделирование широкоапертурного источника электронного пучка на основе сеточного плазменного эмиттера // Международная конференция «АПВППМ-2019», Новосибирск, 1–5 июля 2019 г. (приглашенный доклад).

27. Астрелин, В. Т.; Воробьев, М. С.; Козырев, А. Н.; Свешников В. М. Особенности численного моделирования многолучевого источника электронов с плазменным эмиттером // XVIII Всероссийская конференция-школа молодых исследователей "Современные проблемы математического моделирования". Абрау – Дюрсо. 2019 (пленарный доклад).

28. Reshetova, G.; Cheverda, V.; Khachkova, T. A Comparison of MPI/OpenMP and Coarray Fortran for Digital Rock Physics Application // Lecture Notes in Computer Science. 2019. V. 11657. P. 232–244. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25636-4_19 (WoS).

29. Reshetova, G.; Khachkova, T. Parallel Numerical Method to Estimate the Effective Elastic Moduli of Rock Core Samples from 3D Tomographic Images // Lecture Notes in Computer Science. 2019. V. 11386. P. 452–460. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11539-5_52 (WoS).

30. Reshetova; G.; Cheverda, V.; Lisitsa, V.; Khachkova, T. Multiscale Digital Rock Modeling for Reservoir Simulation // OnePetro, Conference Paper, PE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition. [Electron. resource]. <https://doi.org/10.2118/196561-MS> (WoS).

31. Lavrentiev, M.; Lysakov, K.; Marchuk, An.; Oblaukhov, K.; Shadrin, M. Fast evaluation of tsunami waves heights around Kamchatka and Kuril Islands // Science of Tsunami HAZARDS, 2019. V. 38, Num. 1. P. 1–13.

32. Voskoboinikova, G.M., Karavaev, D.A., Khairtdinov, M.S. Numerical Simulation of Acoustic Waves Propagation in an “Atmosphere–Forestland–Ground” System // J. of Applied and Industrial Mathematics 13(1), с. 175-183. DOI: 10.1134/S1990478919010186 ISSN: 1990-4789, Publisher Name: Pleiades Publishing Ltd. (Scopus).

33. Салов, Г. И. Об управляемости одного нового непараметрического статистического критерия, альтернативного критерию Вилкоксона – Манна – Уитни // СибЖВМ. 2019.– Т. 22, № 3. – С 315-323 (WebOfScience, Scopus).

34. Kulikov, I.; Chernykh, I.; Tutukov, A. A new hydrodynamic code with explicit vectorization instructions optimizations, dedicated to the numerical simulation of astrophysical gas flow. I. Numerical method, tests and model problems // The Astrophysical J. Supplement Series. 2019. V. 243. Art. Num. 4. WoS, Q1.

35. Kulikov, I.; Chernykh, I.; Karavaev, D.; Berendeev, E.; Protasov, V. HydroBox3D: Parallel & Distributed Hydrodynamical Code for Numerical Simulation of Supernova Ia // Lecture Notes in Computer Science. 2019. V. 11657. P. 187–198. WoS, Q2.

36. Akhmed-Zaki, D.; Lebedev, D.; Malyshkin, V.; Perepelkin, V. Automated Construction of High Performance Distributed Programs in LuNA System. In: Parallel Computing Technologies.

PaCT 2019. Lecture Notes in Computer Science. V. 11657. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-25636-4_1.

37. Belyaev, N.; Kireev, S. LuNA-ICLU Compiler for Automated Generation of Iterative Fragmented Programs. In: Parallel Computing Technologies. PaCT 2019. Lecture Notes in Computer Science. V. 11657. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-25636-4_2.

38. Токтошов, Г. Ы.; Юргенсон, А. Н.; Мигов, Д. А. Оптимизация маршрутов прокладки магистрального трубопровода для транспортировки георесурсов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330, № 6. С. 41–49. DOI: 10.18799/24131830/2019/6/2124.

39. Rodionov, A. S. On Evaluating a Network Throughput //Proceedings of the 13th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, IMCOM 2019, Phuket, Thailand, Jan. 4–6, 2019. P. 34–41. DOI: 10.1007/978-3-030-19063-7_3.

40. Lyakhov, O. A.; Toktoshov, G. Y. The Repair Works Planning Problems in the Utility Networks Nodes // 15th IEEE International Asian School-Seminar "Optimization Problems of complex systems", Novosibirsk, Aug. 26–30, 2019. P. 92–95. DOI: 10.1109/OPCS.2019.8880256.

41. Tkachev, K. V. The Interaction Interface Between the Model and the Observer Agent in the Simulation System // 15th IEEE International Asian School-Seminar "Optimization Problems of complex systems", Novosibirsk, August 26–30, 2019.

42. Tkachev, K. V.; Volzhankina, K. A.; Migov, D. A. Comparison of the Work of Algorithms for Arranging Message Distribution Devices in Transport Networks // 15th IEEE International Asian School-Seminar "Optimization Problems of complex systems", Novosibirsk, Aug. 26–30, 2019. P. 200–203.

43. Kalney, A.; Nasibullina, T.; Migov, D.; Rodionov, A.; Tkachev, K.; Toktoshov, G. Designing of Optimal Power Supply Networks for the Equipment of Multifunctional Safety Systems (MFSS)//15th IEEE International Asian School-Seminar "Optimization Problems of complex systems", Novosibirsk, August 26–30, 2019. P. 187–191.