

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

О Т Ч Ё Т

Учреждения Российской академии наук
Института вычислительной математики РАН
о научной и научно-организационной
деятельности в 2011 году

Москва — 2012

УДК 519.6

Отчёт учреждения Российской академии наук Института вычислительной математики РАН о научной и научно-организационной деятельности в 2011 году. – М.: ИВМ РАН, 2012. – 131 с.

Отчёт включает в себя результаты фундаментальных и прикладных исследований ИВМ РАН, полученные в 2011 году. Здесь отражена также научно-организационная деятельность ИВМ РАН, награды и премии, международные научные связи, работа научных семинаров. Приводится список опубликованных работ, перечень докладов на российских и международных конференциях, а также тезисы научных докладов сотрудников института на отчётной сессии 2011 года. В заключение приведены основные задания к плану научно-исследовательских работ ИВМ РАН на 2012 год.

© ИВМ РАН, 2012

Содержание

	Стр.
1. Результаты фундаментальных и прикладных исследований ИВМ РАН, имеющие первостепенное значение	5
2. Крупные результаты научных исследований ИВМ РАН	8
3. Основные исследования и разработки ИВМ РАН, готовые к практическому применению	16
4. Результаты исследований по актуальным направлениям, полученные сотрудниками ИВМ РАН	19
5. Премии, награды и почётные звания, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2011 году	32
6. Международные научные связи	33
7. Научно-организационная деятельность ИВМ РАН	35
8. Семинары	38
9. Публикации сотрудников в 2011 году	39
10. Конференции: организация и участие	54
11. Тезисы научных докладов на отчётной сессии 2011 г.	76
Приложение: Основные задания к плану НИР ИВМ РАН на 2012 год	113

1. Результаты фундаментальных и прикладных исследований ИВМ РАН, имеющие первостепенное значение

В 2011 году в Институте вычислительной математики РАН получены следующие результаты первостепенной важности, определяющие развитие вычислительной математики и математического моделирования в мировом масштабе. Эти результаты рекомендованы Ученым советом ИВМ РАН (на заседании 15 декабря 2011 года, протокол № 22) к включению в список лучших работ Российской академии наук 2011 года.

1.1. В области вычислительной математики

Разработаны эффективные алгоритмы тензорной математики. На их основе получены:

- (1) эффективные методы приближенного вычисления многомерной свертки и дискретного преобразования Фурье с арифметической сложностью, зависящей от размеров векторов логарифмически;
- (2) метод вычисления основного колебательного состояния молекул с использованием DMRG-минимизации по сцепленным парам измерений, дающий систематически лучшие результаты, чем пакет GAMESS.

Аннотация

При реализации тензорной арифметики в формате ТТ получены алгоритмы алгоритмы, использующие последовательную минимизацию по сцепленным парам измерений по аналогии с методом DMRG. На основе минимизации отношения Релея построен эффективный алгоритм вычисления основного колебательного состояния, описываемого молекулярным уравнением Шредингера при заданной поверхности потенциальной энергии, заданной в QTT формате.

Изучено применение формата QTT (ТТ с квантизацией измерений) при конструировании многоуровневой теплицевой матрицы по заданному многомерному вектору и при умножении ее на заданный вектор, что соответствует свертке двух многомерных векторов. Установлено, что малые QTT-ранги векторов наследуются порождаемой ими многоуровневой теплицевой матрицей. На основе этого факта предложены эффективные алгоритмы свертки, сложность которых зависит от размера векторов логарифмически.

Предложен алгоритм вычисления преобразования Фурье для многомерных векторов, представленных в QTT формате. Сложность полученного метода для m -мерных векторов размера $n = 2^d$ составляет $O(m^2 d^2 r^3)$, где r означает максимальный ранг QTT векторов на входе, выходе и на промежуточных шагах алгоритма. Таким образом, полученный алгоритм имеет логарифмическую в квадрате сложность по размеру вектора, совпадающую со сложностью супербыстрого квантового алгоритма Фурье. Полностью описан класс векторов, для которых $r = 1$. Исследованы приближенные ранги QTT образов различных векторов и экспериментально обнаружено, что они могут быть невелики даже при почти машинной точности. Таким образом, получено частичное описание класса векторов, на которых QTT-FFT эффективно моделирует квантовый алгоритм QFT, и экспериментальные свидетельства о том, что класс таких векторов достаточно широк.

- Oseledets I.V. Tensor-train decomposition // SIAM J. Sci. Comput. 2011. V. 33, №5. P.2295-2317.
- Oseledets I.V. DMRG approach to fast linear algebra in the TT-format // Comput. Meth. Appl. Math. 2011. V. 10, №3. P.382-393.
- Oseledets I.V., Tyrtysnikov E.E., Zamarashkin N.L. Tensor-train ranks for matrices and their inverses // Comput. Meth. Appl. Math. 2011. V. 11, №3. P.375-384.
- Kazeev V.A., Khoromskij B.N., Tyrtysnikov E.E. Multilevel Toeplitz matrices generated by tensor-structured vectors and convolution with logarithmic complexity // SIAM J. Sci. Comput. 2011.
- Savostyanov D.V. QTT-rank-one vectors with QTT-rank-one and full-rank Fourier images // LAA, published electronically. 2011. doi:10.1016/j.laa.2011.11.008.

Научный руководитель работ — чл.-корр. РАН Тыртышников Е.Е.

1.2. В области математического моделирования

Завершен цикл работ по созданию новых методов исследования атмосферной циркуляции и ее чувствительности к малым внешним воздействиям, с помощью которых решен ряд важных практических задач.

Аннотация

Предложен и численно реализован метод исследования локальной структуры и свойств аттракторов моделей атмосферной циркуляции основанный на аппроксимации распределения плотности вероятности периодическими орбитами. Для класса таких моделей установлено существование набора периодических траекторий, аппроксимирующих аттрактор и статистические характеристики системы. Показано наличие связи между ведущими модами изменчивости системы и периодическими орбитами, выявлены слабо неустойчивые "невидимые" части аттрактора.

Для систем уравнений, описывающих динамику атмосферной циркуляции, разработан и исследован метод построения операторов отклика их статистических характеристик на малые внешние воздействия — метод, основанный на использовании флуктуационно-диссипационных соотношений. Для моделей атмосферы A5421 (ИВМ РАН), CCM0 и CAM3 (Национальный центр атмосферных исследований США) и данных наблюдений (NCER/NCAR) разработана эффективная вычислительная технология оценки чувствительности статистических характеристик системы к малым внешним воздействиям. С помощью прямых численных экспериментов с моделями атмосферы показана ее высокая эффективность при решении прямых и обратных задач.

Научный руководитель работ — академик Дымников В.П.

2. Крупные результаты научных исследований ИВМ РАН

2.1. В области вычислительной математики

Установлена квазиоптимальность скелетного приближения фиксированного ранга в чебышевской норме.

Аннотация

Вопросы малоранговой аппроксимации матриц составляют основу современных методов вычислений с большими массивами данных. В работах, выполненных в ИВМ РАН ранее, было установлено, что для построения приближений ранга r не обязательно иметь все элементы матрицы — достаточно использовать лишь небольшую часть ее элементов, принадлежащих некоторому кресту из r столбцов и r строк данной матрицы. Важно также, что соответствующий крест должен быть выбран специальным образом. Достаточным условием является принцип максимального объема, предлагающий выбирать крест таким образом, чтобы минор на пересечении его столбцов и строк имел максимальный модуль среди всех миноров порядка r в исходной матрице. Новый результат — доказательство квазиоптимальности данного приближения в чебышевской норме: при фиксированном ранге r погрешность может превысить погрешность оптимального приближения по тому же кресту не более, чем в $(r + 1)^2$ раз.

- Горейнов С.А., Тыртышников Е.Е. Квазиоптимальность скелетного приближения матрицы в чебышевской норме // ДАН России. 2011. Т. 438, № 5. С.593-594.

Научный руководитель работ — чл.-корр. РАН Тыртышников Е.Е.

Предложены схемы повышенного порядка точности для расчета течения жидкости со свободной границей на динамически сгущающихся и разгрубляющихся сетках типа восьмеричное дерево. Проведено высокоразрешающее моделирование динамики свободной поверхности на основе приближенного решения трехмерных уравнений Навье-Стокса и уравнений мелкой воды, анализ, обобщение и высококачественное графическое представление результатов расчетов.

Аннотация

Разработаны вычислительные технологии для эффективного расчета динамики свободной поверхности несжимаемых жидкостей.

Для приближенного решения системы трехмерных уравнений Навье-Стокса и уравнения для функции уровня использовались динамические гексаэдральные расчетные сетки, метод дробных шагов для дискретизации по времени и эффективные конечно-объемные и конечно-разностные схемы для дискретизации по пространству. Приведенные численные эксперименты демонстрируют соответствие получаемых результатов реальным физическим экспериментам (обрушение водяного столба, столкновение капель с поверхностью жидкости, прорыв плотины), а также эффективное и экономичное использование вычислительных ресурсов.

Для приближенного решения уравнений мелкой воды использовались адаптивные треугольные сетки на поверхности глобуса, современные методы конечно-элементной дискретизации и технологии высококачественного графического представления полученных результатов. Проведено сравнение численных моделей, учитывающих и не учитывающих рельеф дна Мирового океана, проведено сравнение полученных результатов на сетках с разным разрешением.

Научный руководитель работ — д.ф.-м.н. Василевский Ю.В.

Для разностной схемы, аппроксимирующей со вторым порядком на сетках Лебедева систему уравнений крупномасштабной динамики океана в кубе, доказана сходимость решения сеточной задачи к решению дифференциальной задачи со скоростью $O(\tau + h^{3/2})$

Аннотация

Для разностной схемы, аппроксимирующей со вторым порядком на сетках Лебедева систему уравнений крупномасштабной динамики океана в кубе, доказана сходимость решения сеточной задачи к решению дифференциальной задачи со скоростью $O(\tau + h^{3/2})$, т.е. с той же, что и для случая уравнения теплопроводности с краевыми условиями Неймана.

Научный руководитель работ — д.ф.-м.н. Кобельков Г.М.

Решена задача вычисления амплитудно-частотной характеристики оптимальных многополосных фильтров.

Аннотация

Синтез многополосных частотных фильтров можно осуществлять на основе решения задачи наилучшего рационального приближения импульсной функции в равномерной норме. Эта задача в свою очередь может быть решена при помощи предложенных А.Б.Богатыревым рациональных функций, обобщающих дроби Золотарева. Вычисление таких функций само по себе не является простой задачей, и было проведено в случае пяти полос пропускания и шести полос задержки при помощи функций Шоттки.

Научный руководитель работ — д.ф.-м.н. Богатырев А.Б.

2.2. В области математического моделирования

С помощью модели климатической системы исследована предсказуемость естественных колебаний климата на временных масштабах порядка 10 лет.

Аннотация

Проведен ансамбль десятилетних расчетов с различных начальных данных с целью оценки потенциальной предсказуемости естественной изменчивости климата. Показано, что большой потенциальной предсказуемостью обладают меридиональные потоки тепла в глобальном океане и в отдельных бассейнах. Так, отношение сигнала к шуму для потока тепла в приполярных широтах Южного океана составляет 5-10, а для потока тепла в Северной Атлантике 1-2. Температура поверхности предсказуема гораздо хуже. Отношение сигнала к шуму большее единицы можно видеть только в умеренных широтах Южного океана и в отдельных местах на севере Тихого и Атлантического океанов.

С моделью климата проведен ансамбль численных экспериментов по прогнозированию естественных колебаний климата на срок до 30 лет, с реальных данных океана, наблюдавшихся в начале 1995 г. (данные реанализа SODA). Начальное состояние атмосферы никак не привязывалось к наблюдениям начала 1995 г. и было взято из модельного преиндустриального эксперимента. Всего было проведено 10 численных экспериментов, в которых варьировалось

начальное состояние атмосферы. Показано, что 9 из 10 членов ансамбля предсказывают отрицательный индекс тихоокеанского десятилетнего колебания в течение 1996-2000 гг. Показано также, что 8 из 10 членов ансамбля предсказывают положительную аномалию температуры в атлантическом секторе Арктики в 1996-2010 гг.

Научный руководитель работ — д.ф.-м.н. Володин Е.М.

С помощью вихреразрешающей модели исследована турбулентная термическая конвекция в пограничном слое атмосферы и предложена ее теоретическая интерпретация как автомодельного процесса.

Аннотация

При помощи численной модели с детальным пространственным разрешением проведены расчеты турбулентной термической конвекции при больших соотношениях горизонтального и вертикального размеров расчетной области. В природе аналогом моделируемого процесса является растущий по высоте конвективный пограничный слой атмосферы на фоне устойчиво стратифицированных вышележащих слоев воздуха над горизонтально-однородной нагретой поверхностью при слабом среднем ветре. Получены спектральные распределения дисперсии флуктуаций потенциальной температуры и дисперсии компонент скорости в диапазонах, соответствующих масштабам от нескольких десятков метров до нескольких десятков километров, в которых обнаружены энергетически значимые участки спектра крупномасштабных флуктуаций потенциальной температуры, соответствующие законам степени $-1/3$ и $-4/3$. Исследованы характерные особенности этих распределений с точки зрения автомодельности динамики пограничного слоя.

Научный руководитель работ — чл.-корр. РАН Лыкосов В.Н.

Разработан локально-консервативный полулагранжев алгоритм решения уравнения переноса на сфере на редуцированной сетке в трехмерном случае.

Аннотация

Трехмерный локально-консервативный алгоритм решения уравнения переноса на сфере реализован на базе конечно-объемного полулагранжева метода.

Так же, как и в двухмерном локально-консервативном алгоритме, был реализован каскадный подход, который позволяет свести задачу вычисления трехмерного интеграла к последовательному вычислению трех одномерных. Применение каскадного подхода позволяет значительно снизить вычислительные затраты. Интегрирование по вертикали осуществляется в z системе координат. Алгоритм приспособлен для работы на регулярных и произвольно редуцированных широтно-долготных сетках. Алгоритм был испытан на тесте "твердое вращение с переменным полем вертикального ветра", в котором начальное распределение переносимой величины проходит полный оборот по большому кругу, совершая при этом волнообразные движения по вертикали. При разрешении сетки 1.5 градуса по долготе и широте, 60 уровнях по вертикали нормы ошибок l_1, l_2, l_∞ численного решения оказались несколько меньше, чем у неконсервативного алгоритма трехмерного полулагранжевого переноса, при этом масса переносимой величины в консервативном варианте сохранялась с точностью до машинных ошибок округления. Была реализована параллельная версия алгоритма с использованием технологии OpenMP, ускорение составило 7 на 8 процессорах.

Научный руководитель работ — д.ф.-м.н. Толстых М.А.

Разработана вычислительная технология моделирования циркуляции вод Мирового океана на массивно-параллельных компьютерах, не имеющая аналогов в России по уровню пространственного разрешения.

Аннотация

Модернизирован алгоритм и разработаны программные средства для эффективной реализации модели циркуляции вод Мирового океана высокого пространственного разрешения на массивно-параллельных компьютерах. Предложен и реализован алгоритм эффективного решения системы уравнений мелкой воды для баротропных движений. Масштабируемость программного кода модели Мирового океана при разрешении $(1/12)^\circ \times (1/12)^\circ \times 32$ горизонта близка к идеальной, максимальное количество использованных вычислительных ядер в этом случае равнялось 4609. Проведены тестовые эксперименты с моделью Мирового океана с пространственным разрешением $(1/10)^\circ \times (1/10)^\circ \times 49$ горизонта.

Научные руководители работ — академик Саркисян А.С. , чл.-корр. РАН Ибраев Р.А.

Разработана математическая модель гидродинамики Черного и Азовского морей. Сформулирован и исследован класс задач четырехмерной вариационной ассимиляции данных наблюдений. На основе методов расщепления и теории сопряженных уравнений сформулированы эффективные алгоритмы решения рассматриваемых задач.

Аннотация

Разработана математическая модель гидродинамики Черного и Азовского морей. Разработан и верифицирован численный метод решения прогностической задачи, основанный на экономичных схемах многокомпонентного расщепления. Сформулирован и исследован класс задач четырехмерной вариационной ассимиляции данных наблюдений на основе методов расщепления и теории сопряженных уравнений. Сформулированы эффективные алгоритмы решения рассматриваемого класса задач.

Научные руководители работ — академик Марчук Г.И., д.ф.-м.н. Агошков В.И., д.ф.-м.н. Залесный В.Б.

Разработана математическая модель переноса и химической трансформации газовых компонентов, выбрасываемых в атмосферу при горении биомассы в периоды лесных и торфяных пожаров.

Аннотация

Построена математическая модель фотохимической трансформации, учитывающая выбросы газовых веществ из очагов горения биомассы. Поля течения и турбулентные характеристики атмосферы вычисляются по ранее разработанной гидродинамической модели мезомасштабных атмосферных процессов с учетом тепловых выбросов из очагов горения биомассы. В химическом блоке модели учитывается динамика 92 газовых компонентов, большинство из которых ранее не учитывались в модели, так как они обусловлены горением биомассы. Расчеты проводились при заданных значениях эмиссии для 17 газовых компонентов. По разработанной модели проводились численные эксперименты для воспроизведения пространственно-временной изменчивости газового состава атмосферы в периоды лесных и торфяных пожаров. Разработанный комплекс моделей может быть использован для мониторинга окружающей среды с целью

оценки вторичного загрязнения атмосферы токсичными веществами вследствие фотохимической трансформации.

Научный руководитель работ — д.ф.-м.н. Алоян А.Е.

Построена математическая модель энергетического гомеостаза, описывающая возрастную динамику канцерогенеза.

Аннотация

Исследования проводились с помощью математической модели энергетического гомеостаза с использованием данных, полученных на экспериментальных животных. Модель явно учитывает принципы и ограничения физиологических и метаболических систем многоклеточных организмов:

— зависимость скорости повреждения клеток от интенсивности функциональной нагрузки и точности поддержания гомеостаза;

— различные приоритеты доступа к энергетическим субстратам физиологических систем организма.

Уравнения модели описывают расход энергии на поддержание гомеостаза внутренней среды, регенерацию повреждений метаболической машины, регенерацию тканей, физическую активность и размножение.

По литературным и экспериментальным данным проведена оценка параметров модели. Настройка модели проводилась последовательно физиологическим процессам и системам: регуляция гомеостаза внутренней среды, включая уровень глюкозы, регуляция резервов и регенерации метаболических систем.

Вычислительные эксперименты показали, что модель описывает возрастное снижение функционального резерва систем поддержания гомеостаза, кахексию, увеличение скорости образования опухолей. Снижение калорийности питания приводило к увеличению продолжительности жизни и снижению скорости образования опухолей.

Научный руководитель работ — д.ф.-м.н. Романюха А.А.

Проведен многомасштабный анализ иммуно-физиологических процессов, определяющих динамику ВИЧ-инфекции. Построены и численно исследованы стохастические модели динамики вирусной инфекции при случайных возмущениях.

Аннотация

Завершен системный анализ данных о процессах развития инфекции вирусами иммунодефицита человека на различных уровнях реализации, включая: 1) молекулярно-биологические механизмы репликации ВИЧ, 2) иммунологические процессы при ВИЧ инфекции, и 3) изменение эндокринной регуляции иммуно-физиологических процессов организма.

Сформулирована блочная структура многомасштабной математической модели ВИЧ инфекции. На основе стохастических версий модели вирусной инфекции (система ОДУ), реализован подход к исследованию чувствительности динамики инфекции вирусами гепатита к действию случайных факторов. Оценены характеристики спонтанного выведения вируса в зависимости от характеристик решения, типа случайных возмущений и их интенсивности.

- Черешнев В.А., Бажан С.И., Бахметьев Б.А., Гайнова И.А., Бочаров Г.А. Системный анализ патогенеза ВИЧ инфекции // Успехи современной биологии. 2011. (В печати.)
- Luzyanina E., Bocharov G. Stochastic modelling of the impact of random forcing on persistent hepatitis B virus infection // Mathematics and Computers in Simulation. 2011. (В печати.)

Научный руководитель работ — д.ф.-м.н. Бочаров Г.А.

3. Основные исследования и разработки ИВМ РАН, готовые к практическому применению

3.1. В области вычислительной математики

Разработана технология создания информационно-вычислительных систем вариационной ассимиляции данных наблюдений в моделях гидротермодинамики океанов и морей, предназначенных для распределенной системы персональных компьютеров с возможностью удаленного доступа.

Аннотация

В 2011 году завершены исследования по разработке технологии создания информационно-вычислительных систем (ИВС) вариационной ассимиляции данных наблюдений в моделях гидротермодинамики океанов и морей, предназначенных для распределенной системы персональных компьютеров с возможностью удаленного доступа. При разработке технологии были выполнены следующие исследования, представляющие ее основные этапы:

1. На основе теории методов расщепления и теории вариационного усвоения данных разработаны новые методы решения задач вариационной ассимиляции данных наблюдений в проблемах геофизической гидродинамики. Исследован класс задач об усвоении данных о температуре, солености, уровне.

2. Разработано техническое задание на создание ИВС (общие сведения, назначение и цели создания системы, характеристики ИВС, требования к системе в целом, состав и содержание работ, требования к документированию, источники разработки, риски).

3. Созданы модули решения прямой и сопряженных задач, оптимизационный блок, подсистема инициализации, подсистема ассимиляции данных о температуре поверхности океана и его уровня.

4. Описан процесс компоновки специализированной информационно-вычислительной системы вариационной ассимиляции данных наблюдений на основе разработанных модулей и подсистем.

5. В применении к математической модели общей циркуляции Мирового океана, разработанной в ИВМ РАН, создан экспериментальный образец ИВС, представляющий собой комплекс программ (написанных на языках высокого уровня), установленных на 4-ядерных персональных компьютерах и образующих распределенную систему персональных компьютеров с возможностью удаленного доступа.

6. Подготовлено специализированное программное обеспечение для ИВС, подсистема обработки информации.

7. Разработаны специализированная база данных к ИВС, система подготовки обработки данных для ИВС.

8. Разработан Интерфейс к ИВС.

9. Проведены тестирование, оценка эффективности и оптимизация работы созданной ИВС.

Основным назначением систем, созданных по разработанной технологии, является анализ и решение сложных обратных задач и задач управления для нелинейных математических моделей геофизической гидротермодинамики, в которых помимо функций, описывающих состояние системы, "дополнительными" неизвестными могут быть функции граничных условий и источников.

Основной областью применения таких систем является решение задач математического моделирования и прогнозирования основных гидрофизических полей Мирового океана и отдельных его акваторий (океанов и морей) с использованием в качестве исходных данных информации, получаемой из базы данных "Мировой океан – ИВМ РАН" или другими базами данных.

Эти системы в совокупности с последующими специальными разработками позволят перейти к более успешному решению ряда прикладных и практических задач, вытекающих из нужд экономики, национальной безопасности и т. д.

Научные руководители работ — академик Марчук Г.И., д.ф.-м.н. Агошков В.И.

3.2. В области математического моделирования

Разработаны составные элементы технологии обработки данных гиперспектрального аэрозондирования с применением в соответствующих вычислительных процедурах данных наземных лесотаксационных и других обследований выбранной территории вместе с усовершенствованными модельными описаниями взаимодействия солнечного излучения с пологом леса неоднородной структуры. При реализации технологии используются результаты распознавания лесных экосистем разного породного состава на основе нового подхода к анализу смещения области перехода от полосы поглощения хлорофилла к максимуму спектральной отражательной способности растительности.

Аннотация

Разработаны методы, алгоритмы и расчетные программы распознавания природно-техногенных объектов и восстановления параметров, характеризующих состояние лесной растительности для элементов разрешения, относящихся к этому классу объектов при обработке гиперспектральных изображений. Основу распознавания объектов составляют вычислительные процедуры обучения выбранного классификатора при заданной априорной информации относительно соответствующих объектов. Выделяются разные классы объектов, в том числе лесная растительность разного породного состава. Далее производится обращение основного функционала уходящего излучения, регистрируемого аппаратурой гиперспектрального зондирования, с целью восстановления параметров состояния лесной растительности (объема фитомассы листвы/хвои и др.). В итоге открываются перспективы параметризации средообразующей роли лесов в моделях климата через проективное покрытие территории — основной характеристики плотности полога леса и "ажурности" крон деревьев.

Научный руководитель работ — д.ф.-м.н. Козодеров В.В.

4. Результаты исследований по актуальным направлениям, полученные сотрудниками ИВМ РАН

В 2011 году в ИВМ РАН проводились исследования по актуальным направлениям вычислительной математики, математического моделирования и их приложениям.

В области вычислительной математики получены следующие результаты.

Проект "Матричные методы и интегральные уравнения"

Проведен анализ методов формирования разложений ТТ и НТ и прояснены сходство и различие данных разложений.

Показано, что ТТ-разложения матриц естественным образом возникают при рекурсивном применении представлений в виде суммы кронекеровских произведений в случае систематического использования общих базисов. Получены оценки QTT-рангов при обращении специальных классов матриц с малыми QTT-рангами.

Изучено применение формата QTT при конструировании многоуровневой теплицевой матрицы по заданному многомерному вектору и при умножении ее на заданный вектор, что соответствует свертке двух многомерных векторов. Установлено, что малые QTT-ранги векторов наследуются порождаемой ими многоуровневой теплицевой матрицей. На основе этого факта предложены эффективные алгоритмы свертки, сложность которых зависит от размера векторов логарифмически (член-корр. РАН Тыртышников Е.Е.).

Предложен эффективный метод ТТ-Solve приближенного решения линейных систем в ТТ-формате (к.ф.-м.н. Оселедец И.В. совместно с Долговым С.В.).

Построен метод вычисления основного колебательного состояния на основе метода DMRG. Проведено сравнение результатов расчета с пакетом GAMESS и показано, что метод DMRG+QTT дает систематически лучшие результаты. ТТ-формат применен для приближенного численного решения уравнения Фоккера-Планка для полимеров (к.ф.-м.н. Оселедец И.В.).

Предложен адаптивный метод крестовой интерполяции в ТТ-формате (к.ф.-м.н. Оселедец И.В., к.ф.-м.н. Савостьянов Д.В.).

Предложен алгоритм вычисления преобразования Фурье для многомерных векторов, представленных в QTT формате. Показано, что хотя матрица Фурье

не обладает (и не может быть с разумной точностью приближена) малоранговым представлением в QTT формате, алгоритм БПФ может быть эффективно адаптирован к этой структуре данных (к.ф.-м.н. Савостьянов Д.В.).

Результат Кирхбергера о характеристике наилучшего Чебышевского приближения для полиномов перенесен на многоиндексные массивы (тензоры). Установлена связь между алгоритмом Ремеза и поиском подматриц наибольшего объема, позволяющая использовать матричные алгоритмы для нахождения полинома наилучшего приближения в Чебышевской норме (к.ф.-м.н. Горейнов С.А.).

Разработаны методы поиска и анализа "ловушек" (trapping sets) для блочных кодов малой плотности проверки на четность (LDPC codes), включая нерегулярные коды, высокоскоростные (high code rates) квазициклические коды и протокоды; построена модель линейной системы, позволяющая получать количественные оценки на появление плато ошибок в LDPC кодах (к.ф.-м.н. Зама-рашкин Н.Л.).

Метод неполной крестовой аппроксимации применен и адаптирован к решению динамических задач. Для ускорения вычислений сложных ядер интегральных уравнений применено сжатие многомерных данных с помощью ТТ (Tensor Train) формата (к.ф.-м.н. Ставцев С.Л.).

Решена проблема описания коммутирующих комплексных ганкелевых матриц как задача комплексификации проблемы описания нормальных ганкелевых матриц (к.ф.-м.н. Чугунов В.Н.).

Проект "Сопряженные уравнения и методы теории управления в нелинейных задачах математической физики"

Разработан "метод фиктивных источников (управлений)" решения обратных задач геофизической гидродинамики для полудискретной динамической системы общей циркуляции Мирового океана, полученной на основе применения алгоритмов расщепления, с использованием ассимиляции данных наблюдений.

На основе использования функциональных пространств A_N , A_S , $A_N S$ исследована однозначная разрешимость задач для математических моделей циркуляции жидкости на сфере, в сферическом слое или на их подмножествах, включающих полюсные точки (модели общей циркуляции Мирового океана и его акваторий) (д.ф.-м.н. Агошков В.И.).

Разработаны методы аппроксимации ковариационных операторов ошибок оптимального решения в нелинейных задачах вариационного усвоения данных для восстановления неизвестных параметров модели. Разработан ансамблевый

метод вычисления ковариационных операторов с компенсацией, позволяющей уменьшить объем выборки (д.ф.-м.н. Шутяев В.П., совместно с ЛеДиме Ф., Геджадзе И.).

Разработаны алгоритмы построения фундаментальных функций управления для исследования ошибок в задаче об усвоении данных наблюдений для трехмерной модели термодинамики океана, исследованы коэффициенты чувствительности оптимального решения к погрешностям данных наблюдений (д.ф.-м.н. Шутяев В.П.).

Проведено исследование и численное решение задачи вариационной ассимиляции на основе усвоения данных наблюдений о температуре с профилирующих буев ARGO для модели гидротермодинамики в акватории Мирового океана. Проведены численные эксперименты по вариационной ассимиляции данных о температуре с буев ARGO (вертикальных профилей) в выбранный период времени с использованием реальных данных наблюдений за этот период времени (д.ф.-м.н. Агошков В.И., к.ф.-м.н. Пармузин Е.И., асп. Захарова Н.Б.).

Сформулирована и исследована обратная задача о потоках тепла и соответствующая ей задача вариационной ассимиляции данных о температуре поверхности моря (SST) для модели динамики Черного моря. Разработан алгоритм решения задачи. Приведены численные эксперименты по вариационной ассимиляции данных наблюдений SST в акватории Черного и Азовского морей (д.ф.-м.н. Агошков В.И., к.ф.-м.н. Пармузин Е.И.).

Автоматизирован комплекс программ для обработки и интерполяции данных профилирующих буев ARGO на равномерные сетки. Построены поля температуры Мирового океана по данным с различных источников: синхронизованы данные со спутников, системы буев ARGO и климатические данные из атласов Левитуса (асп. Захарова Н.Б.).

Проект "Оптимальные методы в задачах вычислительной математики"

Разработана техника для исследования отображения периодов, возникающего в Чебышевской конструкции для экстремальных многочленов. В пространстве вещественных гиперэллиптических кривых рода три с одним вещественным овалом найдены слои из нескольких компонент.

В связи с конформными отображениями прямоугольных многоугольников найден образ пространства вещественных кривых рода два с тремя вещественными овалами при отображении, сопоставляющем кривой его матрицу периодов (в связанном с кривой базисе 1-циклов) (д.ф.-м.н. Богатырев А.Б.).

Дано теоретическое объяснение зависимости линейного критического числа Рейнольдса течения Пуазейля в канале прямоугольного сечения от отношения сторон (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М. совместно с Демьянко К.В.).

Предложен новый алгоритм для численного решения эрмитовых систем дифференциально-алгебраических уравнений на основе многочленов Лаггера с приложениями в задачах микроэлектроники (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М. совместно с Овчинниковым Г.В.).

Проект "Прямые и обратные задачи моделирования пространственно-временной динамики иммунных и инфекционных процессов"

Проведен системный анализ процессов развития инфекции вирусами иммунодефицита человека. Разработана структура многомасштабной математической модели ВИЧ инфекции.

На основе стохастических версий систем ОДУ проведено исследование чувствительности динамики инфекции вирусами гепатита к действию случайных факторов. Оценены характеристики спонтанного выведения вируса в зависимости от типа случайных возмущений и их интенсивности (д.ф.-м.н. Бочаров Г.А.).

Проект "Математическое моделирование процесса противoinфекционной защиты: энергетика и адаптация"

Оценены параметры математической модели канцерогенеза от питания, физической активности и возраста.

Разработаны модели и методы анализа эпидемиологических данных по заболеваемости туберкулезом и инфекции ВИЧ (д.ф.-м.н. Романюха А.А.).

Проведен анализ изменчивости компонентного состава тела и параметров импеданса тела в норме и при заболеваниях (к.ф.-м.н. Руднев С.Г.).

Проведено исследование математических методов и моделей, применяемых при изучении распространения клещей и клещевых инфекций и моделирование динамики распространения и заболеваемости клещевым Лайм-боррелиозом (к.ф.-м.н. Каркач А.С.).

Разработан метод оценки социально-экономической неоднородности эпидемиологической ситуации по туберкулезу, позволяющий объяснить значительные расхождения в выявляемой заболеваемости в различных ведомствах РФ.

Разработана методика оценки связи резистентности микроорганизмов к антибиотикам и их генотипа на основании анализа филогенетических расстояний

и филогенетических деревьев. Методика апробирована на отечественных данных по гонококку (к.ф.-м.н. Авилов К.К.).

Проведен анализ данных по влиянию препаратов, снижающих потребности организма в энергии (миметиков, ограничения калорийности питания), на энергетический гомеостаз экспериментальных животных. Предложена модификация модели энергетического гомеостаза для описания влияния этих препаратов на компоненты модели (к.ф.-м.н. Санникова Т.Е.).

Проект "Построение и исследование численных методов решения задач динамики океана и вязкой несжимаемой жидкости"

Для разностной схемы, аппроксимирующей со вторым порядком по пространственным переменным систему уравнений динамики океана на сетке В.И.Лебедева в единичном кубе, доказана сходимость решений разностной задачи к решению дифференциальной со скоростью $O(\tau + h^{3/2})$, т.е. с такой же, что и для параболического уравнения с краевыми условиями Неймана (д.ф.-м.н. Кобельков Г.М.).

Доказано, что для функций с незнакоопределенным гессианом существует семейство квази-оптимальных сеток совершенно разной адаптивной структуры (д.ф.-м.н. Василевский Ю.В.).

Исследованы свойства расчетных схем и численных методов, используемых при моделировании глобального кровотока и влияния на него сосудистых патологий, вызванных заболеванием или хирургическим вмешательством (д.ф.-м.н. Василевский Ю.В. совместно с Симаковым С., Саламатовой В., Добросердовой Т., Ивановым Ю.).

Разработанная технология моделирования трехмерных течений несжимаемой жидкости со свободной поверхностью была перенесена и верифицирована для случая неньютоновских вязкопластических жидкостей (гели, лавины, оползни). Проведено тестирование различных проекционных схем решения трехмерных уравнений Навье-Стокса и выбрана наилучшая (д.ф.-м.н. Василевский Ю.В. совместно с Ольшанским М., Никитиным К., Тереховым Е.).

Разработана технология адаптивного конечно-элементного решения краевых задач на основе реберных апостериорных оценок ошибки (д.ф.-м.н. Василевский Ю.В. совместно с Агузалом А. и Липниковым К.).

Разработана модель переноса примеси в пористых средах для работы на неструктурированных многогранных сетках. В модели использована схема расщепления по физическим процессам. Оператор диффузии аппроксимируется с помощью O-схемы метода конечных объемов. Для оператора конвекции при-

меняется метод конечных объемов с кусочно-линейным восполнением. При построении кусочно-линейного восполнения используется метод активного множества для решения задачи оптимизации (к.ф.-м.н. Капырин И.В.).

Разработана конечно-элементная модель для решения уравнений мелкой воды на треугольных сетках (к.ф.-м.н. Данилов А.А.).

Проведено численное моделирование стационарного распределения интерферона в лимфоузле с учетом геометрических особенностей вторичных лимфоидных органов (д.ф.-м.н. Бочаров Г.А., к.ф.-м.н. Данилов А.А.).

Разработана математическая модель биоимпедансного анализа (к.ф.-м.н. Данилов А.А., к.ф.-м.н. Руднев С.Г. совместно с Саламатовой В.Ю.).

Разработана модификация модели течения вязкой несжимаемой жидкости на случай течения вязкопластичной жидкости, а также проведены пробные эксперименты по моделированию последствий природных и техногенных катастроф: прорыв Саяно-Шушенской ГЭС и схода оползня на верхний бьеф плотины (к.ф.-м.н. Никитин К.Д.).

В области математического моделирования физических процессов получены следующие результаты.

Проект "Математические задачи теории климата"

Исследованы механизмы формирования пространственных спектров и горизонтальных масштабов флуктуаций температуры и скорости в развивающемся конвективном пограничном слое атмосферы (акад. Дымников В.П., к.ф.-м.н. Глазунов А.В.).

Сформулированы уравнения и алгоритмы решения задачи моделирования циркуляции термосферы на высотах 90-500 км. Уравнения модели включают в себя параметризации притока солнечной энергии, энергии за счет обрушения гравитационных волн, идущих из нижних слоев атмосферы, энергии взаимодействия заряженных частиц с нейтральными, молекулярную диффузию (акад. Дымников В.П., Кулямин Д.В.)

Исследована структура фазового потока параболического уравнения с нормальной нелинейностью на торе. Доказана теорема о возможности нелокальной стабилизации параболических уравнений с нормальной нелинейностью с помощью стартового управления с обратной связью, сосредоточенного в заданной подобласти тора. Исследован вопрос о локальной стабилизации решения системы Навье-Стокса в окрестности стационарного решения посредством распределенного управления с обратной связью, сосредоточенного в замкнутой подоб-

ласти пространственной области, заполненной жидкостью (д.ф.-м.н. Фурсиков А.В.).

Получено обобщение метода сжимающих отображений на случай отображений с произвольной скоростью сжатия. Показано, что предложенные условия нельзя ослабить. Предложен и обоснован метод сведения задач асимптотической стабилизации в условиях неточно заданных начальных данных к проектированию на неустойчивое многообразие (д.ф.-м.н. Корнев А.А.).

Доказана разрешимость системы эллиптических уравнений в классе положительных (не обязательно интегрируемых) функций, когда конечное множество состоит из двух элементов. Получено достаточное условие существования решения, являющегося плотностью вероятности. Разработан алгоритм приближенного решения системы (к.ф.-м.н. Ноаров А.Н.).

Разработан комплекс новых методов исследования атмосферной циркуляции и ее чувствительности к малым внешним воздействиям, с помощью которого решен ряд важных практических задач (к.ф.-м.н. Грицун А.).

Проект "Моделирование климата и его изменений"

Проведены расчеты по моделированию изменений климата в рамках программы CMIP5. С помощью модели климата получены оценки потенциальной предсказуемости естественных колебаний климата на временных масштабах 10-30 лет.

Создана версия модели климата с разрешением 1.25x1 градус и 21 уровень в атмосфере и 0.167x0.125 градуса и 40 уровней в океане. Модель реализована на суперкомпьютере "Ломоносов" (д.ф.-м.н. Володин В.М.).

Дано развитие совместной химико-климатической модели атмосферы с целью уточнения связи между изменениями температуры атмосферы и изменениями концентрации озона. Проведено исследование влияния аэрозоля вулканического происхождения на газовый состав и на термический режим атмосферы. Исследовано влияние концентрации аэрозоля, радиуса аэрозольных частиц, высоты выброса вулканов на температуру тропосферы и нижней стратосферы (к.ф.-м.н. Галин В.Я.).

С помощью σ -модели ИВМ РАН со смещенными полюсами с разрешением $1^\circ \times 0.5^\circ \times 40$ проведены расчеты климатической изменчивости циркуляции Мирового океана с атмосферным воздействием, рассчитанным по данным CORE.

Проведены расчеты распространения загрязняющих веществ в Тихом океане от японского побережья из-за аварии на АЭС "Фукусима-1", произошедшей 11.03.2011 г. Проведены и проанализированы результаты воспроизведения цир-

куляции Черного моря с помощью модели с пространственным разрешением ~ 4 км. Результаты численного моделирования показывают хорошее соответствие данным наблюдений, а так же результатам расчета динамики Черного моря по модели МГИ НАНУ (д.ф.-м.н. Дианский Н.А.).

Проведены климатические расчеты с новым блоком переноса химических трассеров в климатической модели атмосферы ИВМ РАН. При сравнении численных результатов со спутниковыми данными наблюдений HALOE (Halogen Occultation Experiment) показано улучшение в воспроизведении метана, озона, хлороводорода (к.ф.-м.н. Кострыкин С.В.).

Проект "Математическое моделирование региональных природно-климатических процессов"

Разработана мезомасштабная модель для исследования катабатических течений при наличии в потоке твердых частиц. Численные алгоритмы модели основаны на методе расщепления (применена схема Кранка-Николсон), использовании дискретного преобразования Фурье для решения уравнения Пуассона и метода прогонки для решения систем линейных алгебраических уравнений с трехдиагональными матрицами, возникающих на различных этапах расщепления. С моделью выполнен ряд экспериментов и проведен анализ их результатов, который продемонстрировал вычислительную эффективность используемых алгоритмов (член-корр. РАН Лыкосов В.Н.).

При помощи численной модели с детальным пространственным разрешением (LES) проведены расчеты турбулентной термической конвекции при больших соотношениях горизонтального и вертикального размеров расчетной области (26:26:1). Получены спектральные распределения дисперсии флуктуаций потенциальной температуры и дисперсии компонент скорости в диапазонах, соответствующих масштабам от нескольких десятков метров до нескольких десятков километров. Показано, что горизонтальные масштабы, соответствующие характерным размерам крупных ячеек, растут пропорционально высоте пограничного слоя и приблизительно равны этой высоте. Обнаружены энергетически значимые участки спектра крупномасштабных флуктуаций потенциальной температуры, для которых с хорошей точностью выполняются степенные зависимости $S \sim k^{-1/3}$ и $S \sim k^{-4/3}$.

Проведены аналогичные расчеты турбулентной конвекции в ограниченной по высоте области, целиком занятой конвекцией (встречная конвекция Рэлея-Бенара и конвекция при нагреве нижней границы). Показано, что при таком конвективном процессе горизонтальные масштабы и дисперсия флуктуаций тем-

пературы растут до тех пор, пока размер флуктуаций не достигает размера расчетной области (д.ф.-м.н. Глазунов А.В.).

Разработана крупномасштабная часть динамико-статистической модели оценки климатических характеристик для использования в качестве граничных условий в региональной модели, которая позволяет восстанавливать параметры атмосферы с высоким пространственным разрешением.

Проведено сравнение точности восстановления приземной температуры в Московском регионе на сети метеостанций линейным и нелинейным (искусственные нейронные сети) методами. Показано, что для данной задачи нелинейный метод позволяет повысить точность восстановления на 14 процентов (д.ф.-м.н. Чавро А.И.).

Разработан алгоритм автоматической коррекции сдвига спектральных каналов. Алгоритм реализован в виде компьютерной программы и позволяет корректировать динамический сдвиг до 10 каналов для сцен, содержащих растительные объекты. Проведен сравнительный анализ базовых классификаторов: метрические классификаторы, байесовские классификаторы (в том числе линейный и квадратичный дискриминантный анализ) и метод опорных векторов. Получены результаты тематической обработки гиперспектральных данных измерительных кампаний 2010 года с использованием собственного программного обеспечения и с помощью стандартного пакета ENVI (к.ф.-м.н. Дмитриев Е.В.).

Проект "Создание вычислительного ядра для модели атмосферы нового поколения"

Выполнены расчеты исторических сезонных прогнозов для каждого из сезонов 1989-2010 гг. с помощью совместной модели атмосферы ПЛАВ и сигма-модели океана ИВМ РАН. Результаты показывают положительный эффект совместной модели в тропиках, слабый положительный эффект на поле давления на уровня моря во внетропической части Северного полушария (д.ф.-м.н. Толстых М.А.).

Создан двумерный (в вертикальной плоскости) негидростатический динамический блок модели сжимаемой атмосферы. Основу динамического блока модели атмосферы составляют негидростатические уравнения сжимаемой атмосферы в нормированной z -системе по вертикали, предложенные в (Girard, 2005). Метод дискретизации уравнений динамического блока модели атмосферы разработан на основе устойчивой двухслойной по времени полулагранжевой схемы SETTLS, полунявной схемы интегрирования по времени и децентрирования псевдвторого порядка (Temperton, 2001) (к.ф.-м.н. Фадеев Р.Ю.).

Разработан полулагранжев алгоритм численного решения трехмерного уравнения переноса на сфере на редуцированной сетке (по горизонтали) в z-системе координат (по вертикали), сохраняющий массу переносимой величины. Разработана параллельная версия алгоритма с использованием технологии OpenMP. При счете на 8 ядрах удалось добиться ускорения в 6,7 раз по сравнению со счетом на одном ядре (д.ф.-м.н. Толстых М.А., асп. Шашкин В.В.).

Проект "Проблемы параллельной эффективности программных комплексов на основе исследования их информационных свойств"

Проведено исследование подклассов линейного класса реализации полулагранжевой модели атмосферы, выполнена формализация критериев отнесения к ним и инструментов их преобразований (к.ф.-м.н. Фролов А.В.).

Проект "Исследование крупно- и мезомасштабной динамики вод Мирового океана и окраинных морей России на основе моделирования и анализа данных наблюдений"

Выполнен подробный анализ основных направлений моделирования, их современного состояния и поставлены проблемы, которые ждут своего решения (акад. Саркисян А.С.).

Создана 3-мерная модель Мирового океана $1/10 \times 1/10 \times 49$. Проведены тестовые расчеты в режиме реалистичного атмосферного воздействия CORE. В модель включены новые параметризации подсеточных турбулентных процессов (член-корр. РАН Ибраев Р.А. совместно с Ушаковым К.В., Хабеевым Р.Н.).

Разработан алгоритм работы совместной модели прогноза океан-лед-атмосфера высокого пространственного разрешения на массивно-параллельных компьютерах (член-корр. РАН Ибраев Р.А. совместно с Калмыковым В.).

Создана новая версия модели FEMAO в варианте невысокого пространственного разрешения. Главные отличия этой версии — использование нового уравнения состояния, использование более сложной параметризации вертикальной турбулентности, модифицированные формулировки для граничных условий на открытых границах (с использованием спутниковых данных по уровню океана) и на верхней границе океана, использование переменного коэффициента вихревой диффузии в параметризации вихревого переноса скаляра (д.ф.-м.н. Яковлев Н.Г.).

Проект "Математическое моделирование динамики океана и вариационная ассимиляция данных наблюдений"

Решена задача моделирования циркуляции Мирового океана с четырехмерной вариационной ассимиляцией полей температуры и солёности. Уравнения модели записаны в системе координат на сфере с Северным полюсом, смещенным в точку континента (60 в.д., 60.5 с.ш.). Модель состоит из двух частей: прямой прогностической модели и ее сопряженного аналога. Численный алгоритм решения прямой и сопряженной модели основан на методе многокомпонентного расщепления. Метод включает расщепление по физическим процессам и геометрическим координатам.

Разработана численная модель динамики Черного и Азовского морей. Проведен численный расчет гидрофизических полей Черного и Азовского морей с пространственным разрешением 4 км и 40 уровнями по вертикали. Результаты показывают хорошее соответствие данным наблюдений, а так же расчетам динамики Черного моря по модели МГИ НАНУ (д.ф.-м.н. Залесный В.Б.).

В модель циркуляции океана ИВМ РАН (разрешение 0.25°) добавлена модель турбулентности, основанная на эволюционных уравнениях для кинетической энергии турбулентности и частоты её диссипации. Впервые применены алгоритмы расщепления на диффузию-перенос и генерацию-диссипацию. Проведены предварительные эксперименты для акватории Атлантики-Арктики с тестирования на станции погоды в зоне шторм-треков Северной Атлантики (д.ф.-м.н. Мошонкин С.Н.).

Проведены численные эксперименты по изучению механизмов накопления и высвобождения запаса пресной воды в Северном Ледовитом океане согласно условиям международного проекта АОМIP-6 (Arctic Ocean Model Intercomparison Project). Использовалась базовая сигма-модель динамики Северного Ледовитого и Атлантического океанов с разрешением $0.25^\circ \times 0.25^\circ \times 27$ уровней (к.ф.-м.н. Багно А.В.).

Проведены численные расчеты глобальной циркуляции с атмосферным воздействием, рассчитанным по данным CORE, σ -модели ИВМ РАН со смещенными полюсами с разрешением $1^\circ \times 0.5^\circ \times 40$. Проведены численные эксперименты с моделью совместной циркуляции Северного Ледовитого океана, Северной Атлантики (от 20° ю.ш.) и Берингова моря (модель ИВМ РАН, разрешение $(1/4)^\circ$ по широте и долготе; 27 σ -уровней) (к.ф.-м.н. Гусев А.В.).

Проект "Математическое моделирование газовой и аэрозольной динамики и кинетики в атмосфере в региональном масштабе и задачи окружающей среды"

Проведены исследования по усовершенствованию базовой многокомпонентной модели газовой и аэрозольной динамики в тропосфере и стратосфере с включением новых физических и химических механизмов. В модель включены следующие новые блоки: модель низкотемпературных гетерогенных химических реакций с учетом процессов на поверхности и в объеме жидких сульфатных частиц, а также неидеальных свойств водных растворов переохлажденной серной кислоты; вычисление изменчивости ионного состава жидких сульфатных частиц в зависимости от размера частиц.

Исследованы кинетические и физико-химические характеристики формирования слоя Юнге в стратосфере (д.ф.-м.н. Алоян А.Е., к.ф.-м.н. Арутюнян В.О.).

Построена новая модель для исследования кинетики, химических и фотохимических механизмов газофазных и гетерогенных процессов трансформации эмитируемых в атмосферу различных классов первичных органических веществ естественного и антропогенного происхождения, в том числе, микрокомпонентов, эмитируемых очагами горения биомассы. Эти механизмы включены в трехмерную модель переноса и трансформации в атмосфере газовых и аэрозольных примесей в локальном и региональном масштабах. Проводились предварительные модельные численные эксперименты, и дается анализ полученных результатов (д.ф.-м.н. Алоян А.Е., к.ф.-м.н. Арутюнян В.О. совместно с Ермаковым А.Н.).

Построена новая модель для исследования кинетических и химических механизмов, описывающих газофазные и гетерогенные процессы трансформации эмитируемых в атмосферу различных классов первичных органических веществ естественного и антропогенного происхождения, в том числе микрокомпонентов, эмитируемых очагами горения биомассы. (д.ф.-м.н. Алоян А.Е., к.ф.-м.н. Арутюнян В.О.)

Проект "Определение объёма биомассы растительного покрова по данным аэрокосмического мониторинга"

В рамках взаимодействия между МГУ им. М.В.Ломоносова и ИВМ РАН, с одной стороны, и НПО "Лептон г. Зеленоград (разработчики гиперспектральной аппаратуры с числом каналов около 200) и Тверским государственным уни-

верситетом (обеспечивает летные испытания аппаратуры и получение наземных обследований выбранной территории), с другой стороны, показаны новые возможности распознавания природно-техногенных объектов при обработке гиперспектральных аэроизображений. Научная новизна отрабатываемых элементов технологии обработки данных гиперспектрального зондирования в том, что в соответствующих вычислительных процедурах задействуются наземные экспериментальные данные вместе с усовершенствованными модельными описаниями взаимодействия солнечного излучения с пологом леса разной структуры вместо традиционных моделей переноса излучения в растительном покрове, имеющих существенные ограничения (д.ф.-м.н. Козодёров В.В., к.ф.-м.н. Егоров В.Д.).

5. Премии, награды и почетные звания, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2011 году

1. Премия имени С.О.Макарова за выдающиеся научные труды, открытия и изобретения в области океанологии присуждена академику Саркисяну Артему Саркисовичу.

2. Медаль Российской академии наук в области математики присуждена студенту 2 курса магистратуры ФПФЭ МФТИ Казееву Владимиру Алексеевичу за работу "Минимизационные методы в задаче малоранговой канонической аппроксимации тензоров".

3. Диплом победителя программы "Участник Молодежного Научно-Инновационного Конкурса" ("У.М.Н.И.К.") Министерства образования и науки РФ присужден аспиранту кафедры Овчинникову Георгию Викторовичу.

4. Гранты Президента Российской Федерации молодым кандидатам наук присуждены Оселедцу Ивану Валерьевичу (научный руководитель — чл.-корр. РАН Тыртышников Е.Е.) и Гусеву Анатолию Владимировичу (научный руководитель — д.ф.-м.н. Дианский Н.А.).

5. Лауреатом гранта по программе "Лучшие аспиранты РАН" Благотворительного фонда содействия отечественной науке (учредители: РАН, "Сибнефть", "Русский Алюминий") стала Захарова Наталья Борисовна.

6. Премия ИВМ РАН имени Александра Соколова присуждена аспирантам ВМК МГУ Заячковскому Антону Олеговичу и Гиниатулину Сергею Валерьевичу за разработку информационно-вычислительной системы вариационной ассимиляции данных.

6. Премия за 1 место в конкурсе научно-исследовательских работ студентов и аспирантов на 54-й научной конференции МФТИ присуждена студенту кафедры Кауркину Максиму Николаевичу.

6. Международные научные связи

6.1. Двусторонние договоры

В 2011 году ИВМ РАН имел двусторонние договоры:

в рамках межакадемического соглашения Российской академии наук с Болгарской академией наук

— договор с Институт океанологии, г.Варна (безвалютный обмен). Тема: "Разработка модели термогидродинамических процессов Черного и Азовского морей высокой точности для оценки трансграничных переносов в открытой акватории и на шельфе" (рук. акад. Саркисян А.С.);

в рамках научно-технического сотрудничества РАН:

— с Эстонским морским институтом (г.Таллин) по теме "Математическое моделирование и анализ морских систем." (рук. д.ф.-м.н. Залесный В.Б. и проф. Р.Тамсалу).

В 2011 году в ИВМ РАН была 1 поездка по безвалютному обмену в рамках межакадемических соглашений о сотрудничестве (Болгария).

6.2. Командирование в зарубежные страны

В 2011 году ученые ИВМ РАН активно сотрудничали со своими иностранными коллегами. В частности, состоялась 70 поездка сотрудников ИВМ РАН в зарубежные страны, в том числе:

Австрия – 9	Китай – 1
Абхазия – 2	Польша – 5
Армения – 1	США – 7
Болгария – 1	Турция – 1
Великобритания – 5	Украина – 14
Германия – 10	Франция – 4
Италия – 3	Чехия – 2
Иран – 1	Швейцария – 2
Испания – 1	Эстония – 1

На длительные командировки — до 3-х месяцев — приходится 2 командировки.

Финансирование поездок:

В 2011 году большая часть зарубежных поездок осуществлялась за счёт средств проектов программ фундаментальных исследований Президиума РАН и грантов РФФИ. Менее четверти зарубежных командировок было полностью или частично профинансировано принимающей стороной. На средства научных школ и спец.проектов пришлось менее 10% поездок.

6.3. Посещение ИВМ РАН иностранными учеными

В 2011 году ИВМ РАН принял 26 иностранных ученых из следующих стран:

Болгария – 1

Великобритания – 3

США – 1

По безвалютному обмену - 1.

7. Научно-организационная деятельность ИВМ РАН

7.1. Сведения о тематике исследований

Основными направлениями научной деятельности ИВМ РАН являются: вычислительная математика, математическое моделирование и их приложения.

В рамках этих направлений была определена тематика исследований:

- фундаментальные исследования в области вычислительной математики; разработка эффективных методов решения задач математической физики, разработка теории численных методов линейной алгебры, теории сопряженных уравнений, теории параллельных вычислений;
- создание математической теории климата, численное моделирование циркуляции атмосферы и океана, построение глобальных климатических моделей;
- анализ и моделирование сложных систем (окружающая среда, экология, медицина).

7.2. План НИР ИВМ

Фактически план НИР ИВМ в 2011 году состоял из 59 проектов, в том числе 15 проектов выполнялись по программам Президиума и отделений РАН, 16 проектов — по бюджету РАН, 3 — как договоры с различными организациями, 3 международных договора, 22 госконтракта ФЦП. ИВМ РАН имел 43 гранта РФФИ. Все проекты прошли госрегистрацию в ЦИТиС.

ИВМ РАН имел также грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы академика Дымникова В.П. и по поддержке молодых российских учёных (к.ф.-м.н. Оселедец И.В., к.ф.-м.н. Гусев А.В.).

7.3. Научные кадры

Всего научных сотрудников – 51 (в т.ч. совместители: академик Марчук Г.И., д.ф.-м.н. Кобельков Г.М., д.ф.-м.н. Фурсиков А.В., д.ф.-м.н. Корнев А.А., д.ф.-м.н. Козодёров В.В.), вне бюджета 1 научный сотрудник.

Среди научных сотрудников:

докторов наук – 26 (в т.ч. 6 членов РАН: академики Марчук Г.И., Дымников В.П., Саркисян А.С., чл.-корр. Лыкосов В.Н., чл.-корр. Тыртышников Е.Е., чл.-корр. Ибраев Р.А.),

кандидатов наук – 25,

научных сотрудников без степени – 0,

аспирантов – 10.

Движение кадров: 1. Данилов А.А. переведён в штат на должность научного сотрудника. 2. Никитин К.Д. переведён на должность научного сотрудника. 3. Егоров В.Д. переведен на должность старшего научного сотрудника.

Защитили диссертации: докторскую – Грицун А.С.

7.4. Подготовка научных кадров

ИВМ РАН имеет лицензию Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки на ведение образовательной деятельности (серия АА № 001048, регистрационный № 1026 от 02.02.2011).

В аспирантуре на начало года было 7 аспирантов. Вновь принято 4. На конец года в ИВМ 10 аспирантов.

В ИВМ базируется кафедра математического моделирования физических процессов МФТИ (зав.кафедрой акад. Дымников В.П.). Практику в ИВМ проходили 12 студентов 1-2 курсов и 35 студентов 3-6 курсов МФТИ, а также 3 аспиранта.

Кроме того, практику в ИВМ проходили 25 студентов 3-5 курсов и 6 аспирантов кафедры вычислительных технологий и моделирования факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им.М.В.Ломоносова (зав.кафедрой акад. Марчук Г.И.).

При ИВМ РАН действует диссертационный совет по защите диссертаций на соискание учёной степени доктора и кандидата наук. Совет Д.002.045.01 был утвержден приказом Рособнадзора № 1484-1212 от 18.07.2008 по трём специальностям: 01.01.07, 25.00.29, 05.13.18. Председатель совета — академик Г.И.Марчук, учёный секретарь — д.ф.-м.н. Г.А.Бочаров.

В 2011 году состоялось 2 защиты докторских диссертаций (1 — соискатель ИВМ РАН, 1 — соискатель ВЦ РАН).

7.5. Ученый совет ИВМ

Ученый совет ИВМ утвержден решением Бюро Отделения математики РАН 14 сентября 2010 г.

В 2011 г. проведено 22 заседания Учёного совета.

На заседаниях:

- уточнялись направления научных исследований,
- утверждался план НИР, основные научные результаты,
- заслушивались и утверждались отчёты научных сотрудников за 2010 г.,
- проводилась аттестация аспирантов,
- утверждался отчёт о работе института,
- рассматривались вопросы работы аспирантуры и докторантуры,
- утверждались индивидуальные планы и темы диссертационных работ аспирантов,
- принимались решения о проведении конференций,
- принимались решения о длительных командированиях научных сотрудников,
- рассматривались вопросы о работе кафедр и др.

8. Семинары

8.1. Межинститутские семинары

Межинститутский семинар "Актуальные проблемы вычислительной математики и математического моделирования"

(руководители: академики Г.И.Марчук и В.П.Дымников)

В 2011 году было проведено 6 заседаний семинара:

1. "Полимеры и нанотехнологии", *Хохлов А.Р.* (МГУ им.М.В.Ломоносова).
2. "Математические модели электрон-транспортных процессов в биологии", *Рубин А.Б.* (Биофак МГУ им.М.В.Ломоносова).
3. "Задачи группового (коллективного) управления", *Куржанский А.Б.* (ВМК МГУ им.М.В.Ломоносова).
4. "О проблемах образования в России", *Смолин О.Н.* (ГД РФ).
5. "Математические методы в обратных задачах оптики нанопокровов", *Тихонравов А.В.* (НИВЦ МГУ им.М.В.Ломоносова).
6. "Актуальные проблемы создания и внедрения суперкомпьютерного моделирования в науку и промышленность", *Шагалиев Р.М.* (г.Саров).

8.2. Институтские семинары

В 2011 году работало 5 регулярных институтских семинаров:

1) Семинар "Математическое моделирование геофизических процессов" (рук. академик Дымников В.П.).

2) Семинар "Методы решения задач вариационной ассимиляции данных наблюдений и управление сложными системами" (рук. академик Марчук Г.И., д.ф.-м.н. Агошков В.И., д.ф.-м.н. Залесный В.Б.).

3) Семинар "Вычислительная математика и приложения" (член-корр. РАН Тыртышников Е.Е., д.ф.-м.н. Агошков В.И., д.ф.-м.н. Богатырёв А.Б., д.ф.-м.н. Василевский Ю.В., д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М.).

4) Семинар "Вычислительная математика, математическая физика, управление" (рук. д.ф.-м.н. Кобельков Г.М., д.ф.-м.н. Фурсиков А.В.).

5) Семинар "Математическое моделирование в иммунологии и медицине" (рук. акад. Марчук Г.И., д.ф.-м.н. Романюха А.А.).

9. Публикации сотрудников в 2011 году

Сотрудниками ИВМ РАН опубликованы в 2011 году 126 работ, в том числе:

- 1 монография;
- 36 статей в центральных научных журналах России;
- 46 статей в иностранных журналах.

В 2011 году вышла из печати книга:

1. Корнев А.А. Лекции по курсу "Численные методы". – М.: Изд-во попечительского совета механико-математического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, 2011, 167с.

В 2011 году опубликованы следующие научные статьи:

1. Горейнов С.А., Тыртышников Е.Е. Квазиоптимальность скелетного приближения матрицы в чебышевской норме // ДАН России. 2011. Т. 438, № 5. С.593-594.
2. Zamarashkin N.L., Tyrtysnikov E.E., Chugunov V.N. Functions generating normal Toeplitz matrices // Mathematical Notes. 2011. V. 89, №4. P.480-483.
3. Goreinov S.A., Tyrtysnikov E.E. Quasioptimality of skeleton approximation of a matrix in the Chebyshev norm // Doklady Mathematics. 2011. V. 83, №3. P.1-2.
4. Khoromskij B.N., Oseledets I.V. QTT-approximation of elliptic solution operators in high dimensions // Rus. J. Numer. Anal. Math. Model. 2011. V. 26, №3. P.303-322.
5. Oseledets I.V., Tyrtysnikov E.E. Algebraic wavelet transform via quantum tensor train decomposition // SIAM J. Sci. Comput. 2011. V. 31, №3. P.1315-1328.
6. Oseledets I.V. Tensor-train decomposition // SIAM J. Sci. Comput. 2011. V. 33, №5. P.2295-2317.

7. Dolgov S.V., Oseledets I.V. Solution of linear systems and matrix inversion in the TT-format. – Preprint 19. – Leipzig: MIS MPI, 2011.
http://www.mis.mpg.de/preprints/2011/preprint2011_19.pdf
8. Dolgov S.V., Khoromskij B.N., Oseledets I.V., Tyrtyshnikov E.E. Low-rank tensor structure of solutions to elliptic problems with jumping coefficients. – Preprint 12. – Leipzig: MIS MPI, 2011.
http://www.mis.mpg.de/preprints/2011/preprint2011_12.pdf.
9. Oseledets I.V. DMRG approach to fast linear algebra in the TT-format // Comput. Meth. Appl. Math. 2011. V. 10, №3. P.382-393.
10. Oseledets I.V., Tyrtyshnikov E.E., Zamarashkin N.L. Tensor-train ranks of matrices and their inverses // Comput. Meth. Appl. Math. 2011. V. 10, №3. P.394-403.
11. Oseledets I.V. Improved Karatsuba-like formulas in GF(2) // IEEE Trans. Computers. 2011. V. 60, №8. P.1212-1216.
12. Savostyanov D.V., Oseledets I.V. Fast adaptive interpolation of multi-dimensional arrays in tensor train format: Proceedings of NDS-2011 Conference : University of Poitiers, September 2011.
13. Savostyanov D.V., Tyrtyshnikov E.E., Zamarashkin N.L. Fast truncation of mode ranks for bilinear tensor operations // Numer. Lin. Alg. Appl. 18(6).
doi: 10.1002/nla.765
14. Savostyanov D.V. QTT-rank-one vectors with QTT-rank-one and full-rank Fourier images // LAA. Published electronically. doi:10.1016/j.laa.2011.11.008
15. Ставцев С.Л. Построение квадратурных формул наивысшей алгебраической точности для интегрирования осциллирующих функций // Вестник ХНУ. Серия "Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизированные системы управления". 2010. Выпуск 14, № 925. С.198-206.
16. Ставцев С.Л. Ускорение вычислений гиперсингулярных интегралов при решении задачи дифракции // Труды XV международного симпозиума МДОЗМФ-2011. 2011. С.358-362.
17. Кулешов С.А., Салимова А.Ф., Ставцев С.Л. Лекции по аналитической геометрии. Лекция 11 // Математическое образование. 2010. №3-4. С.51-63.

18. Замарашкин Н.Л., Тыртышников Е.Е., Чугунов В.Н. О функциях, порождающих нормальные теплицевы матрицы // Матем. заметки. 2011. Т. 89, 4. С.503-507.
19. Чугунов В.Н. О параметризации классов нормальных ганкелевых матриц // ЖВМ и МФ. 2011. Т. 51, 11. С.1823-1836.
20. Марчук Г.И., Агошков В.И., Ипатова В.М. Теория разрешимости начально-краевых задач и задач ассимиляции данных для основных уравнений океана // Труды МФТИ. 2011. Т. 3, № 1(9). С.93-101.
21. Agoshkov V.I., Zalesny V.B. Variational data assimilation technique in mathematical modeling of ocean dynamics // Pure and Applied Geophysics. 2011. DOI:10.1007/s00024-011-0372-5.
22. Agoshkov V.I., Kostrikin S.V., Semenenko A.Yu. Inverse problem for a model of magnetic hydrodynamics // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2011. V. 26, №1. P.1-15.
23. Агошков В.И., Кострыкин С.В., Семенов А.Ю. Задача ассимиляции "образа" поверхностных скоростей в одной модели магнитной гидродинамики // Сборник научных статей "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 2011. V.8, №3. С.82-92.
24. Assovskii M.V., Agoshkov V.I. Numerical simulation of general World Ocean dynamics subject to tide-forming forces // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2011. V. 26, №2. P.113-141.
25. Agoshkov V.I., Parmuzin E.I., Zakharova N.B. The study and numerical solution of the inverse problem of heat flows in the ocean dynamics model based on ARGO buoys data // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2011. V. 26, №3. P.231-261.
26. Новиков И.С., Агошков В.И. Об одной задаче о локальных источниках и локальных наблюдениях // Вычислительные и информационные технологии для наук об окружающей среде. Избранные труды международной молодежной школы и конференции CITES-2011. Томск, Россия, 3-13 июля 2011 г. С.40-43.
27. Агошков В.И. Обобщенная постановка одной задачи геофизической гидродинамики и теорема единственности // Тезисы докладов международной

- конференции ”Дифференциальные уравнения и смежные вопросы ”, посвященной 110-летию со дня рождения И.Г.Петровского, МГУ им.М.В.Ломоносова, 29 мая - 4 июня 2011, Москва, Россия.
28. Агошков В.И., Ассовский М.В., Гиниатулин С.В., Гусев А.В., Захарова Н.Б., Заячковский А.О., Лебедев С.А., Пармузин Е.И. Разработка специализированной информационно-вычислительной системы вариационной ассимиляции данных наблюдений в моделях гидротермодинамики океанов и морей // Сборник тезисов докладов Всероссийской конференции ”Проведение научных исследований в области обработки, хранения, передачи и защиты информации ” по результатам проектов, реализованных в рамках Федеральных целевых программ ”Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009-2013 годы, ”Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России” на 2007-2012 годы в области информационно-телекоммуникационных технологий. 2011, Москва, 25-27 октября, с.175.
 29. Агошков В.И., Пармузин Е.И., Ассовский М.В., Гиниатулин С.В., Захарова Н.Б., Заячковский А.О. Информационно-вычислительная система вариационной ассимиляции данных наблюдений в моделях гидротермодинамики Мирового океана // Тезисы докладов на научной конференция, посвященной 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова. Москва, ф-т ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова, 14-23 ноября 2011 г. – М.: Издат. отдел ф-та ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2011, с.45-46.
 30. Агошков В.И., Заячковский А.О. Исследование и алгоритмы решения класса задач об оптимальном курсе корабля на основе теории рисков // Тезисы докладов на научной конференция, посвященной 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова. Москва, ф-т ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова, 14-23 ноября 2011 г. – М.: Издат. отдел ф-та ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2011, с.46-47.
 31. Zakharova N., Agoshkov V., Parmuzin E. Inverse problem on the reconstruction of the vertical heat exchange coefficient in a model of World Ocean hydrodynamics // Geophysical Research Abstracts. 2011. V. 13. EGU General Assembly, 2011. EGU2011-280.
 32. Agoshkov V. Method of ”fictitious controls” and solution of inverse problems of the geophysical hydrodynamics using variational data assimilation // Geophy-

- sical Research Abstracts. EGU2011-1563. 2011. V. 13. EGU General Assembly 2011.
33. Agoshkov V.I., Kostrikin S.V., Semenenko A.Yu. Inverse and "velocity image" assimilation problems for a model of magnetic hydrodynamics // Geophysical Research Abstracts. EGU2011-759. 2011. V. 13. EGU General Assembly 2011.
 34. Parmuzin E.I., Agoshkov V.I., Zakharova N.B. Study and numerical solution of the inverse and variational data assimilation problem on finding the heat flux in the ocean dynamics model // Geophysical Research Abstracts. EGU2011-912. 2011. V. 13. EGU General Assembly 2011.
 35. Марчук Г.И., Шутяев В.П. Сопряженные уравнения и итерационные алгоритмы в задачах вариационного усвоения данных // Труды ИММ УрО РАН. 2011. Т. 17, 2. С.136-150.
 36. Gejadze I.Yu., Copeland G.J.M., Le Dimet F.-X., Shutyaev V.P. Computation of the analysis error covariance in variational data assimilation problems with nonlinear dynamics // Journal of Computational Physics. 2011. V. 230. P.7923-7943.
 37. Shutyaev, V.P., Gejadze, I.Yu. Adjoint to the Hessian derivative and error covariances in variational data assimilation // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2011. V. 26 (2). P.179-188.
 38. Shutyaev V.P., Le Dimet F.-X. Fundamental control functions and error analysis in variational data assimilation // Pure and Applied Geophysics (2011), doi: 10.1007/s00024-011-0371-6 -10pp.
 39. Shutyaev V., Gejadze I., Le Dimet F.-X. Optimal solution error covariances in nonlinear problems of variational data assimilation // Geophysical Research Abstracts. 2011. V. 13. 1594-1.
 40. Zalesny V.B., Zakharova N.B., Gusev A.V. Four-dimensional problem of variational initialization of hydrophysical fields of the World Ocean // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2011. V. 26, Issue 2. P.209-229.
 41. Bogatyrev A. Conformal mapping of rectangular heptagons. 2011. Препринт ArXiv: 1109.0888.
 42. Bogatyrev A.B. Rational functions admitting double decompositions. 2011. Препринт arXiv: 1012.4577.

43. Богатырев А.Б. Элементарная конструкция штребелевых дифференциалов // Матем. Заметки. 2011. 91:1. 143-146.
44. Bogatyrev A.B. Elementary construction of Jenkins-Schtrebel differentials. 2011. Препринт arXiv:1012.4585.
45. Nechepurenko Yu.M, Sadkan M. A low-rank approximation for computing the matrix exponential norm // SIAM J. Matr. Anal. Appl. 2011. V. 32, №2. P.349-363.
46. Нечепуренко Ю.М. Технология численного анализа гидродинамической устойчивости // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. Т. 3, № 4. С.1015-1016.
47. Демьянко К.В., Нечепуренко Ю.М. О зависимости линейной устойчивости течений Пуазейля в прямоугольном канале от отношения длин сторон сечения // Доклады АН. 2011. Т. 440, № 5. С.618-620.
48. Нечепуренко Ю.М. Методы редукции линейных систем управления / Ситуационные центры и системы виртуального окружения для комплексной безопасности и антитеррористической защищенности. – М.: ВНИИАЭС, 2011.
49. Bocharov G., Quiel J., Luzyanina T. Alon H., Chiglintsev E., Chereshev V., Meier-Schellersheim M., Paul W., Grossman Z. Feedback regulation of proliferation versus differentiation explains the dependence of antigen-stimulated CD4 T-cell expansion on precursor number // Proc. Natl. Acad. Sci. USA 108(8):3318-23. 2011.
50. Quiel J., Caucheteux S., Laurence A., Singh N., Bocharov G., Ben-Sasson S.Z., Grossman Z., Paul W.E. Antigen-stimulated CD4 T cell expansion is inversely, log-linearly related to precursor number even in the physiologic range of responding cells // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 108(8). 3312-7. 2011.
51. Bocharov G., Danilov A., Vassilevski Yu., Marchuk G., Chereshev V., Ludewig B. Reaction-diffusion modelling of interferon distribution in secondary lymphoid organs // Math. Model. Nat. Phenom. 2011. 6(7). 13-26.
52. Banks T.H., Clayton Thompson W., Sutton K.L., Bocharov G., Doumie M., Schenkel T., Argilagué J., Giest S., Peligero C., Meyerhans A. A new model for the estimation of cell proliferation dynamics using CFSE data // J. Immunological Methods. 2011. 373. 143-160.

53. Martinez J.P, Bocharov G., Ignatovich A., Reiter J., Dittmar M.T, Wain-Hobson S., Meyerhans A. Fitness ranking of individual mutants drives patterns of epistatic interactions in HIV-1 // PLoS One. 2011. 6(3). P.18375.
54. Бочаров Г.А., Данилов А.А., Василевский Ю.В., Марчук Г.И., Черешнев В.А., Людевиц Б. Моделирование защитного поля интерферона в лимфоидных органах с учетом их структурно-функциональной организации // Доклады АН, Физиология. 2011. Т. 439, № 3. С.413-415.
55. Bocharov G., Danilov A., Vassilevski Yu., Marchuk G., Chereshev V., Ludewig B. Simulation of the interferon-mediated protective field in lymphoid organs with their spatial and functional organization taken into consideration // Doklady Biological Sciences. 2011. 439. 194-196.
56. Alvarez M.A., Arbelaez P., Bastos F.I., Berkhout B., Bhattacharya B., Bocharov G., Chereshev V., et al. Research priorities for HIV/M. Tuberculosis co-infection // The Open Infectious Diseases Journal. 2011. V. 5.(Suppl 1-M2) P.14-20.
57. Романюха А.А., Санникова Т.Е., Дрынов И.Д. Возникновение эпидемий острых респираторных заболеваний // Вестник РАН. 2011. Т. 81, № 2. 122-126.
58. Носова Е.А., Обухова О.В., Романюха А.А. Распространение ВИЧ и социальная дезадаптация населения России // Русский журнал СПИД, рак и общественное здоровье. 2010. Т. 14, № 2. 13-25.
59. Романюха А.А., Носова Е.А. Модель распространения ВИЧ-инфекции в результате социальной дезадаптации / Управление большими системами. Выпуск 34. – М.: ИПУ РАН, 2011. 227-253.
60. Коновалова М.В., Вашура А.Ю., Година Е.З., Николаев Д.В., Руднев С.Г., Третьяк А.В., Хомякова И.А., Цейтлин Г.Я. Биоимпедансное исследование состава тела у детей и подростков с острым лимфобластным лейкозом в состоянии ремиссии // Педиатрия. 2011. Т. 90, №4. С.31-36.
61. Коновалова М.В., Анисимова А.В., Вашура А.Ю., Година Е.З., Николаев Д.В., Руднев С.Г., Старунова О.А., Хомякова И.А., Цейтлин Г.Я. Биоимпедансное исследование состава тела детей, излеченных от онкологических заболеваний // Материалы 6-й международной научной школы "Наука и инновации-2011", 18-24 июля 2011 г. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2011. 261-267.

62. Николаев Д.В., Василевский Ю.В., Данилов А.А., Ерюкова Т.А., Колесников В.А., Руднев С.Г., Саламатова В.Ю., Смирнов А.В. Моделирование биоимпедансных измерений организма человека // Материалы 6-й международной научной школы "Наука и инновации-2011", 18-24 июля 2011 г. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2011. 301-308.
63. Данилов А.А., Саламатова В.Ю., Василевский Ю.В., Смирнов А.В., Руднев С.Г., Николаев Д.В. Математическое моделирование биоимпедансных измерений. Применение к задаче оценки гидратации лёгких // Материалы 13-й научно-практической конференции "Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы", 23 марта 2011 г. – М.: ГКГ МВД России, 2011. 150-162.
64. Орквасов М.Ю., Иванов Г.Г., Ян-Борисова Е.Ю., Примаченко И.В., Бобринская И.Г., Дьяченко А.И., Ерюкова Т.А., Колесников В.А., Руднев С.Г., Николаев Д.В. Методика и программа мониторингового контроля гидратации лёгких // Материалы 13-й научно-практической конференции "Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы", 23 марта 2011 г. – М.: ГКГ МВД России, 2011. 195-201.
65. Баранова-Намазова Л.С., Корнеева И.Т., Поляков С.Д., Николаев Д.В., Руднев С.Г., Смирнов А.В., Сорокин А.А. Оценка состояния тренированности спортсменов с использованием биоимпедансного анализа состава тела (новая медицинская технология). – М.: НИИ профилактической педиатрии и восстановительного лечения НЦЗД РАМН. 2011. 46 с. (ФС №2011/180 от 05.07.2011).
66. Karkach A.S. Adaptive trade-off between reproduction and survival in Mediterranean fruit flies induced by changing dietary conditions. ESMTB'11, Krakow, Poland, June 26 - July 3, 2011.
67. Авилов К.К. Математические модели в эпидемиологии туберкулеза // Тезисы Международной конференции "Современные проблемы математики, информатики и биоинформатики", посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР А.А.Ляпунова, г.Новосибирск, 11-14 октября 2011 г., с.51.
68. Romanyukha A.A., Sannikova T.E., Drynov I.D. The origin of acute respiratory epidemics // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2011. V. 81, №1. 31-34.

69. Друца А.В., Кобельков Г.М. О сходимости разностных схем для уравнений крупномасштабной динамики океана // ДАН. 2011. Т. 440, № 6. С.727-730.
70. Nikitin K., Olshanskii M., Terekhov K., Vassilevski Yu. A numerical method for the simulation of free surface flows of viscoplastic fluid in 3D // J. Comp. Math. 2011. 29(6). 605-622.
71. Vassilevski Yu., Simakov S., Salamatova V., Ivanov Yu., Dobroserdova T. Blood flow simulation in atherosclerotic vascular network using fiber-spring representation of diseased wall // Math. Model. Nat. Phenom. 2011. 6(5). 333-349.
72. Agouzal A., Lipnikov K., Vassilevski Yu. Families of meshes minimizing P_1 interpolation error for functions with indefinite Hessian // Russian J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2011. 26(4). 337-352.
73. Vassilevski Yu., Simakov S., Salamatova V., Ivanov Yu., Dobroserdova T. Vessel wall models for simulation of atherosclerotic vascular networks // Math. Model. Nat. Phenom. 2011. 6(7). 82-99.
74. Agouzal A., Lipnikov K., Vassilevski Yu. On optimal convergence rate of finite element solutions of boundary value problems on adaptive anisotropic meshes // Mathematics and Computers in Simulation. 2011. 81(10). 1949-1961.
75. Vassilevski Yu., Simakov S., Salamatova V., Ivanov Yu., Dobroserdova T. Numerical issues of modelling blood flow in networks of vessels with pathologies // Russian J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2011. 26(6). 605-622.
76. Bolshov L., Linge I., Капырин I., Vassilevski Yu., Rastorguev A. Development of models to forecast radionuclide migration in the geological environment for safety cases of radioactive waste repositories in the Russian Federation // Труды конференции "Waste Management 2011", February 27 - March 3, 2011, Phoenix, USA, 7p.
77. Bocharov G.A., Danilov A.A., Vassilevski Yu.V., Marchuk G.I., Chereshev V.A., Ludewig B. Simulation of the interferon-mediated protective field in lymphoid organs with their spatial and functional organization taken into consideration // Doklady Biological Sciences. 2011. V. 439. P.194-196.
78. Danilov A.A., Vassilevski Yu.V. Mesh generation technology for domains with small structural elements // Proc. of Computational & Mathematical Biomedical Engineering. 2011. P.221-224.

79. Vassilevski Yu., Kapyrin I., Danilov A., Nikitin K. Application of nonlinear monotone finite volume schemes to advection-diffusion problems // *Finite Volumes for Complex Applications VI – Problems & Perspectives*. 2011. V. 1. P.761-769.
80. Danilov A., Vassilevski Yu. Benchmark 3D: A monotone nonlinear finite volume method for diffusion equations on polyhedral meshes // *Finite Volumes for Complex Applications VI – Problems & Perspectives*. 2011. V. 2. P.193-203.
81. Дымников В.П. Проблемы моделирования климата и его изменений // "Нелинейные волны -2010". – Н-Новгород: Изд-во Института прикладной физики, 2011.
82. Белоцерковский О.М., Дымников В.П. и др. О численном моделировании некоторых задач взаимодействия литосферы, гидросферы и атмосферы Земли // *Труды ИАП РАН, Москва*. 2011. С.14-71.
83. Fursikov A.V., Kornev A.A. Feedback stabilization for Navier-Stokes equations: Theory and Calculations // *Partial Differential Equations and Fluid Mechanics*. 2011. P.1-44.
84. Ноаров А.И. К обоснованию проекционного метода для стационарного уравнения Фоккера-Планка // *Ж. Вычисл. Матем. и Матем. Физ.* 2011. Т. 51, № 4. С.647-653.
85. Грицун А.С. Связь периодических траекторий и мод изменчивости баротропной модели крупномасштабной динамики атмосферы // *Доклады АН*. 2011. Т. 438, № 1. С.105-109.
86. Володин Е.М., Кострыкин С.В., Рябошапка А.Г. Моделирование изменения климата вследствие введения серосодержащих веществ в стратосферу // *Изв. РАН, ФАО*. Т. 47, № 4. С.467-476.
87. Юрова А.Ю., Володин Е.М. Совместное моделирование климата с учетом динамики растительного покрова // *Изв. РАН, ФАО*. Т. 47, № 5. С.579-588.
88. Volodin E.M., Kostrykin S.V., Ryaboshapko A.G. Climate response to aerosol injection at different stratospheric locations // *Atmos. Sci. Lett.* 2011. V. 12. P.381-385.
89. Володин Е.М. О природе некоторых сверхэкстремальных аномалий летней температуры / Анализ условий аномальной погоды на территории России летом 2010 года // *Сборник докладов*. Москва. С.48-57.

90. Мошонкин С.Н., Алексеев Г.В., Дианский Н.А., Гусев А.В., Залесный В.Б. Моделирование климатической изменчивости притока вод Атлантики в Северный Ледовитый океан и запаса пресных вод в круговороте Бофорта // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47, № 5. С.678-692.
91. Мошонкин С.Н., Алексеев Г.В., Гусев А.В., Дианский Н.А., Залесный В.Б., Пнюшков А.В. Моделирование климатических процессов в Арктическом бассейне / Вклад России в МПГ 2007/08. Первые результаты // Том "Метеорологические и геофизические исследования". – М.: Европейские издания, 2011, 130-149.
92. Толстых М.А., Дианский Н.А., Гусев А.В., Киктев Д.Б. Воспроизведение атмосферной циркуляции на сезонных масштабах с помощью совместной модели атмосферы и океана // Сб. трудов международной научной конференции "Параллельные вычислительные технологии". 2011. С.322-333.
93. Толстых М.А., Дианский Н.А., Гусев А.В., Киктев Д.Б. Совместная модель атмосферы и океана для сезонного прогноза // Избранные труды международной молодежной школы и конференции "CITES-2011" по вычислительным и информационным технологиям для наук об окружающей среде. 2011.
94. Moshonkin S.N., Alekseev G.V., Bagno A.V., Gusev A.V., Diansky N.A., Zalesny V.B. Numerical simulation of the North Atlantic-Arctic Ocean-Bering Sea circulation in the 20th century // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modeling. 2011. V. 26, №2. P.161-178.
95. Кострыкин С.В., Хапаев А.А., Якушкин И.Г. Вихревые структуры в квазидвумерных течениях вязкой вращающейся жидкости // ЖЭТФ. 2011. 139, 2. 395-407.
96. Кострыкин С.В. Модификация и внедрение схемы "кабаре" в совместную климатическую модель ИВМ РАН // Избранные труды Международной молодежной школы и конференции CITES-2011, Томск, Россия, 3-13 июля 2011, 85-88.
97. Степаненко В.М., Мачульская Е.Е., Глаголев М.В., Лыкосов В.Н. Моделирование эмиссии метана из озер зоны вечной мерзлоты // Известия РАН, Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47, № 2. С.275-288.

98. Lykossov V.N., Krupchatnikov V.N. Dynamic meteorology // Russian National Report for International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences of the International Union of Geodesy and Geophysics on the XXV General Assembly (Melbourne, Australia, June 28 - July 7, 2011), Moscow, 2011, p.125-170.
99. Каданцев Е.В., Чавро А.И. Использование методов искусственных нейронных сетей для решения обратных задач климатологии // Нейрокомпьютеры. 2011. № 10.
100. Чавро А.И., Каданцев Е.В. Нелинейный метод решения обратных задач климатологии // Вычислительные и информационные технологии для наук об окружающей среде: Избранные труды Международной молодежной школы и конференции CITES-2011. Томск, Россия, 3-13 июля 2011 г.
101. Kozoderov V.V., Dmitriev E.V. Remote sensing of soils and vegetation: pattern recognition and forest stand structure assessment // International Journal of Remote Sensing. 2011. DOI:10.1080/01431161.2010.507262.
102. Дмитриев Е.В., Козодеров В.В., Кондранин Т.В. Распознавание объектов для территорий, охваченных лесными пожарами, по данным авиационной гиперспектрометрии // Труды МФТИ. 2011. Т.2, № 3(7). С.133-140.
103. Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Каменцев В.П. Исследование лесных и торфяных пожаров по данным гиперспектрального аэрозондирования // Исследование Земли из космоса. 2011. № 5. С.70-79.
104. Кондранин Т.В., Козодеров В.В., Казанцев О.Ю., Бобылев В.И., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Каменцев В.П., Борзяк В.В. Проблемы классификации гиперспектральных авиакосмических изображений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – М.: Изд-во "ДоМир", 2011, вып.8, т.1, с.90-98.
105. Козодеров В.В., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Борзяк В.В. Вычислительные аспекты построения классификаторов разной сложности при обработке гиперспектральных аэрокосмических изображений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – М.: Изд-во "ДоМир", 2011, вып.8, т.3, с.55-63.
106. Дмитриев Е.В., Козодеров В.В., Каменцев В.П., Соколов А.А. Тематическая обработка данных гиперспектральной авиационной съемки лесных

пожаров // Вычислительные и информационные технологии для наук об окружающей среде: избранные труды Международной молодежной школы и конференции CITES-2011, Томск, Россия, 3-13 июля 2001 г. С.46-49.

107. Кондранин Т.В., Козодеров В.В., Дмитриев Е.В. Распознавание природно-техногенных объектов по данным гиперспектральных систем аэрокосмического зондирования / Математические методы распознавания образов: 15-я всероссийская конференция "Математические методы распознавания образов" (ММРО-15), Петрозаводск, 11-17 сентября 2011 г. // Сборник докладов. – М.: МАКС Пресс, 2011. С.551-554.
108. Козодеров В.В., Дмитриев Е.В. Вычислительная технология обработки данных гиперспектрального аэрокосмического зондирования // Сборник докладов XIV Всероссийской школы-семинара "Современные проблемы математического моделирования". Дюрсо Краснодарского края, изд. Южного Федерального университета, 2011, с.93-102.
109. Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Сушкевич Т.А., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Каменцев В.П., Стрелков С.А., Борзяк В.В., Григорьева П.П., Григорьев А.Ф. Разработка информационных технологий и вычислительных систем распознавания природно-техногенных объектов по гиперспектральным аэрокосмическим изображениям. V Белорусский космический конгресс, 2011, изд. Национальной академии наук Беларуси, с.9-11.
110. Козодеров В.В., Дмитриев Е.В., Каменцев В.П., Каркач А.С. Программно-алгоритмическое обеспечение решения задачи распознавания природно-техногенных объектов по гиперспектральным аэрокосмическим изображениям // Тезисы в сборнике 9-й всероссийской конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". – М.: Изд-во Института космических исследований РАН, 2011, с.36.
111. Кондранин Т.В., Козодеров В.В., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Борзяк В.В. Макет аппаратно-программной системы обработки данных гиперспектрального аэрокосмического зондирования // Тезисы в сборнике 8-й всероссийской конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". – М.: Изд-во Института космических исследований РАН, 2011, с.38.
112. Толстых М, Богословский Н.Н., Шляева А.В., Мизяк В.Г. Оперативная технология расчета глобальных прогнозов с помощью полулагранжевой

модели атмосферы ПЛАВ // Труды Гидрометцентра России. 2011. Вып. 346. 12с.

113. Толстых М.А., Мизяк В.Г. Параллельная версия полулагранжевой модели ПЛАВ с горизонтальным разрешением порядка 20 км // Труды Гидрометцентра России. 2011. ISSN 0371-7089. Вып. 346. 11с.
114. Шляева А.В., Мизяк В.Г., Толстых М.А. Параллельная реализация локального ансамблевого фильтра Калмана для усвоения атмосферных данных // Наука и образование (эл. издание). 2001.
115. Fadeev R.Yu. The reduced grid with variable latitude resolution for the global semi-Lagrangian numerical weather prediction model // Research activities in atmospheric and oceanic modelling. 2011. WMO/TD-N1578, №41. P.6-05.
116. Шашкин В.В., Толстых М.А. Полулагранжева модель мелкой воды на сфере на редуцированной сетке, сохраняющая массу // Избранные труды международной молодежной школы и конференции по вычислительным и информационным технологиям для наук об окружающей среде "CITES-2011", Томск, 3-13 июля 2011 г., с.57-59.
117. Terekhov K.M., Volodin E.M., Gusev A.V. Methods and efficiency estimation of parallel implementation of the σ -model of general ocean circulation // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2011. V. 26. Issue 2. P.189-208.
118. Гусев А.В. Численная модель гидродинамики океана в криволинейных координатах для воспроизведения циркуляции Мирового океана // Труды семинара "Вычислительные технологии в естественных науках: системы глобального масштаба". – М.: Изд-во ИКИ РАН, 2011, 30-48.
119. Gusev A., Diansky N., Volodin E., Zalesny V. Ocean model INMOM as an oceanic component of the INM RAS Earth climate model INMCM // Geophysical Research Abstracts. V. 13. EGU2011-337-1. 2011.
120. Baklanov A., Aloyan A., Mahura A., Arutyunyan V. Source-receptor relationship for atmospheric pollutants using approaches of trajectory modelling, cluster, probability fields analyses and adjoint equations // Atmospheric Pollution Research. 2011. 2. P.400-408.
121. Алоян А.Е., Ермаков А.Н., Арутюнян В.О. Математическое моделирование формирования сульфатных аэрозолей в тропосфере и нижней стратосфере // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2011. № 4. С.54-66.

122. Козодеров В.В., Егоров В.Д. Распознавание растительности по данным гиперспектрального аэрозондирования // Исследование Земли из космоса. 2011. № 3. С.40-48.
123. Kozoderov V.V., Egorov V.D. Vegetation pattern recognition using hyperspectral air sounding data // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2011. V. 47, №9. P.1135-1142.
124. Козодеров В.В. Способ распознавания образов природно-техногенных объектов и оценки параметров их состояния по гиперспектральным данным аэрокосмического зондирования // Патент на изобретение № 2422858. Зарегистрировано в Государственном Реестре изобретений РФ 27 июня 2011 г.
125. Козодеров В.В., Кулешов А.А. Математическое моделирование и аэрокосмический мониторинг лесных пожаров // Сборник докладов XIV всероссийской школы-семинара "Современные проблемы математического моделирования". Дюссо Краснодарского края, Изд-во Южного Федерального университета, 2011, с.103-112.
126. Козодеров В.В. Проблемы распознавания природно-техногенных объектов по данным гиперспектрального аэрокосмического зондирования // Сборник трудов Международного симпозиума "Атмосферная радиация и динамика". – Спб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2011, с.56.

10. Конференции: организация и участие

ИВМ РАН был одним из организаторов следующих конференций в 2011 году:

1. Третья международная конференция по матричным методам в математике и приложениях, Москва (Россия), 22-25 июня 2011 г.
2. II научная конференция "Математические модели и численные методы в биоматематике". 11 января 2011 г., Москва, ИВМ РАН.
3. Международная конференция "Computational Methods in Multi-dimensional Applications". Лейпциг, Германия, 9-11 марта 2011 г.
4. Римско-Московская школа по матричным методам и прикладной линейной алгебре, Рим, Италия, 19-30 сентября 2011 г.
5. XXIV-Международная научная конференция Математические Методы в Технике и Технологиях (ММТТ 24), Саратов (Россия), 21-24 апреля 2011 г.
6. Международная конференция ILAS 2011, Брауншвайг (Германия), 22-26 августа 2011 г.
7. Международная конференция "Научный сервис в сети интернет: экзафлопное будущее", Абрау-Дюрсо (Россия), 19-24 сентября 2011 г.
8. 24-я двухгодичная конференция по численному анализу, Глазго (Великобритания), 28 июня-1 июля 2011 г.
9. Международная конференция МДОЗМФ 2011 "Методы дискретных особенностей в задачах математической физики", 10-19 июня 2011 г.
10. Российско-украинская конференция "Гидродинамическое моделирование динамики Черного моря", Севастополь, МГИ НАН Украины, 20-24 сентября 2011 г.
11. Международный семинар "Черное море как имитационная модель океана", Севастополь, МГИ НАН Украины, 19 сентября 2011 г.
12. Международная молодежная школа и конференция CITES-2011 "Вычислительные и информационные технологии для наук об окружающей среде", Томск, Россия, 3-13 июля 2011 г.

13. Международный семинар ” Черное море как имитационная модель океана”, Киев, НАН Украины, 30 мая - 1 июня 2011 г.
14. Римско-московская школа по матричным методам и прикладной линейной алгебре 12-13 сентября 2011 г., INM RAS, Moscow.
15. Международная конференция ”Компьютерное моделирование динамики вод морей и Мирового океана: достижения и проблемы”, Севастополь, 20-24 сентября, 2011 г.
16. Международная акция фонда ”Знание” по программе сотрудничества в области науки и образования с молодыми республиками Закавказья, Сухуми (Абхазия), 9-14 октября 2011 г.
17. 3-й международный научный семинар ”Математические модели и численные методы в биоматематике”. 27-28 октября 2011 г., Москва, ИВМ РАН.
18. 54 научная конференция МФТИ, Московская область, г. Долгопрудный, МФТИ, 21-25 ноября 2011 г.

Сотрудники института приняли участие в 92 конференциях:
 конференции в России – 49,
 международные конференции за рубежом – 43.
 Всего докладов – 196.

Участие сотрудников ИВМ РАН в конференциях

1. Международная конференция ”Computational Methods in Multi-dimensional Applications”. Лейпциг, Германия, 9-11 марта 2011 г.
 - *Тыртмышников Е.Е. Tensor approximations in Leipzig and Moscow.*
 - *Оселедец И.В. Advanced operations in TT-format and QTT-formats.*
2. Римско-Московская школа по матричным методам и прикладной линейной алгебре, Рим, Италия, 19-30 сентября 2011 г.
 - *Тыртмышников Е.Е. Some topics in algebraic equations. Курс из 8 лекций.*
 - *Горейнов С.А. Chebyshev's ideas in matrix approximation problems. Курс лекций.*

3. 27th GAMM-Seminar on Approximation of Multiparametric Functions, Лейпциг (Германия), 26-28 января 2011 г.
 - *Савостьянов Д.В., Оселедец И.В. New cross interpolation algorithm for TT format using maximum-volume principle.*
 - *Оселедец И.В. QTT-approach to the solution of high-dimensional problems.*
4. XXIV-Международная научная конференция "Математические методы в технике и технологиях" (ММТТ 24), Саратов (Россия), 21-24 апреля 2011 г.
 - *Оселедец И.В. Вычислительные тензорные методы в физике, химии, математике.*
5. Международная конференция Householder XVIII, Тахо (США), 12-17 июня 2011 г.
 - *Оселедец И.В. Tensor train decomposition.*
6. Международная конференция "Tensor approximation in high dimension", Бонн (Германия), 2-6 августа 2011 г.
 - *Оселедец И.В. Multiparametric model reduction in the TT-format.*
 - *Савостьянов Д.В. FFT and cross interpolation schemes for QTT format.*
7. Международная конференция HDA 2011, Бонн (Германия), 26-30 июня 2011 г.
 - *Оселедец И.В. TT approach to the solution of high-dimensional problems.*
 - *Савостьянов Д.В., Оселедец И.В. New cross interpolation algorithm and Krylov/Wedderburn scheme for TT format.*
8. Международная конференция ILAS 2011, Брауншвайг (Германия), 22-26 августа 2011 г.
 - *Тыртмышников Е.Е. Tensor decompositions and approximations.*
 - *Оселедец И.В. Multiparametric model reduction in the TT-format.*
9. Международная конференция "Научный сервис в сети интернет: экзафлопное будущее", Абрау-Дюрсо (Россия), 19-24 сентября 2011 г.

- Толстых М.А., Терехов А.В., Поливанов Н.С. Реализация массивно-параллельной глобальной модели атмосферы нового поколения.
 - Оселедец И.В. Вычислительные тензорные методы в физике, химии, математике.
10. Третья международная конференция по матричным методам в математике и приложениях, Москва (Россия), 22-25 июня 2011 г.
- Тыртышников Е.Е. *The blessing of dimensionality: new perspectives for multidimensional computations.*
 - Vassilevski Yu. *A family of quasi-optimal meshes generated by matrix decompositions.*
 - Нечепуренко Ю.М., Овчинников К.В. *An algorithm for solving the Hermitian ODAEs systems.*
 - Chugunov V.N. and Ikramov Kh.D. *The conjugate-normal Toeplitz problem.*
 - Савостьянов Д.В. *FFT in logarithmic complexity using QTT format.*
 - Danilov A., Salamatova V. *Comparison of solvers for FEM modelling of bioelectrical impedance analysis.*
11. 24-я двухгодичная конференция по численному анализу, Глазго (Великобритания), 28 июня-1 июля 2011 г.
- Савостьянов Д.В. *Rank-one QTT vectors with rank-one and full-rank Fourier images.*
12. Международная конференция по многомерным системам, Пуатье (Франция), 5-7 сентября 2011 г.
- Савостьянов Д.В., Оселедец И.В. *Tensor train decomposition.*
 - Савостьянов Д.В., Оселедец И.В. *Fast adaptive interpolation of multi-dimensional arrays in tensor train format.*
13. Международная конференция МДОЗМФ 2011 "Методы дискретных особенностей в задачах математической физики 10-19 июня 2011 г.
- Тыртышников Е.Е. *Тензоры и вычисления.*
 - Ставцев С.Л. *Ускорение вычисления гиперсингулярных интегралов при решении задачи дифракции.*

14. EGU General Assembly, Vienna, Austria, 3-8 April, 2011.

- *Zakharova N., Agoshkov V., and Parmuzin E. Inverse problem on the reconstruction of the vertical heat exchange coefficient in a model of World Ocean hydrodynamics.*
- *Parmuzin E., Agoshkov V., and Zakharova N. Study and numerical solution of the inverse and variational data assimilation problem on finding the heat flux in the ocean dynamics model.*
- *Agoshkov V. Method of "fictitious controls" and solution of inverse problems of the geophysical hydrodynamics using variational data assimilation.*
- *Agoshkov V.I., Kostrikin S.V., Semenenko A.Yu., Inverse and "velocity image" assimilation problems for a model of magnetic hydrodynamics.*
- *Stepanenko V., Bogomolov V., Okladnikov I., Yurova A., Gordov E., Lykosov V. The modeling and monitoring framework for assessment of methane and carbon dioxide sinks and sources in the regional climate system of Western Siberia.*
- *Shutyaev, V., Gejadze I., Le Dimet, F.-X. Optimal solution error covariances in nonlinear problems of variational data assimilation.*
- *Gusev A., Diansky N., Volodin E., and Zalesny V. Ocean model INMOM as an oceanic component of the INM RAS Earth climate model INMCM.*
- *Gorchakov V., Ryabchenko V., Diansky N., and Pugalova S. Modeling the seasonal and inter-annual variability of physical and ecosystem characteristics in the upper layer of the Central-Eastern North Atlantic.*

15. Российско-украинская конференция "Гидродинамическое моделирование динамики Черного моря", Севастополь, МГИ НАН Украины, 20-24 сентября 2011 г.

- *Агошков В.И., Захарова Н.Б., Лебедев С.А. Структура и состав Базы данных Информационно-вычислительной системы вариационной ассимиляции данных наблюдений для мониторинга и прогнозирования динамики Черного и Азовского морей.*
- *Агошков В.И., Ассовский М.В., Лебедев С.А., Пармузин Е.И. Численное решение некоторых задач вариационной ассимиляции данных наблюдений в модели гидротермодинамики Черного моря.*
- *Трухчев Д., Ибраев Р.А. Численное моделирование динамики Черного и Азовского морей с высоким разрешением.*

- *Zakharova N.B., Agoshkov V.I., and Parmuzin E.I. Inverse problem on the reconstruction of the vertical heat exchange coefficient in a model of World Ocean hydrodynamics.*
- *Толстых М.А., Дианский Н.А., Гусев А.В., Киктев Д.Б. Воспроизведение атмосферной циркуляции на сезонных масштабах с помощью совместной модели атмосферы и океана.*
- *Дианский Н.А., Гусев А.В. Воспроизведение циркуляции Северной Атлантики с высоким пространственным разрешением.*
- *Дианский Н.А., Фомин В.В. Численная модель ИВМ РАН циркуляции Черного и Азовского морей.*
- *Заячковский А.О., Агошков В.И., Ассовский М.В., Гиниатуллин С.В., Захарова Н.Б., Пармузин Е.И., Информационно-вычислительная система вариационной ассимиляции данных наблюдений в моделях гидротермодинамики океанов и морей: интерфейс "ИВС - ИВМ РАН".*
- *Заячковский А.О., Агошков В.И., Ассовский М.В., Гиниатуллин С.В., Захарова Н.Б., Пармузин Е.И., Информационно-вычислительная система вариационной ассимиляции данных наблюдений в моделях гидротермодинамики океанов и морей: структура "ИВС - ИВМ РАН".*

16. Международный семинар "Черное море как имитационная модель океана", Севастополь, МГИ НАН Украины, 19 сентября 2011 г.

- *Агошков В.И., Пармузин Е.И. Ассимиляция данных в моделях динамики океанов и морей ИВМ РАН.*
- *Залесный В.Б., Иванов В.А., Кортаев Г.К. Моделирование динамики Черного моря.*

17. Всероссийская конференция "Ломоносовские чтения" 2011, 14-23 ноября, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

- *Дымников В.П., Глазунов А.В., Лыкосов В.Н. Моделирование пространственных спектров атмосферной турбулентности.*
- *Агошков В.И., Пармузин Е.И., Ассовский М.В., Гиниатуллин С.В., Захарова Н.Б., Заячковский А.О. Информационно-вычислительная система вариационной ассимиляции данных наблюдений в моделях гидротермодинамики Мирового океана.*

- *Агошков В.И., Заячковский А.О. Исследование и алгоритмы решения класса задач об оптимальном курсе корабля на основе теории рисков.*
- *Кобельков Г.М., Друца А.В. О существовании решения "в целом" для уравнений динамики океана в областях с неровным дном.*
- *Бочаров Г.А., Телятников И.С. Математическое моделирование динамики квазивидов ВИЧ.*
- *Ибраев Р.А., Кострыкин С.В., Кауркин М.Н. Реализация схемы КА-БАРЕ в модели Мирового океана в трехполярной системе координат.*

18. Международная молодежная школа и конференция CITES-2011 "Вычислительные и информационные технологии для наук об окружающей среде", Томск, Россия, 3-13 июля 2011 г.

- *Дымников В.П. Математические задачи теории климата.*
- *Новиков И.С., Агошков В.И. Об одной задаче о локальных источниках и локальных наблюдениях.*
- *Грицун А.С. Методы исследования чувствительности атмосферной циркуляции к малым внешним воздействиям.*
- *Володин Е.М. Физико-математические основы моделирования климата.*
- *Kostykin S.V. Modification and implementation of the CABARET scheme in the Coupled Climate Model INM RAS.*
- *Лыкосов В.Н. Суперкомпьютерные технологии моделирования климатической системы.*
- *Stepanenko V., Bogomolov V., Okladnikov I., Yurova A., Gordov E., Lykosov V. The modeling and monitoring approaches to assessment of methane and carbon dioxide sinks and sources in the regional climate system of Western Siberia.*
- *Чавро А.И., Каданцев Е.В. Нелинейный метод решения обратных задач климатологии.*
- *Дмитриев Е.В., Козодеров В.В., Каменцев В.П., Соколов А.А. Тематическая обработка данных гиперспектральной авиационной съемки лесных пожаров.*
- *Толстых М.А., Дианский Н.А., Гусев А.В., Киктев Д.Б. Совместная модель атмосферы и океана для сезонного прогноза.*

- *Шашкин В.В., Толстых М.А. Полулагранжева модель мелкой воды на сфере на редуцированной сетке, сохраняющая массу.*
- *Шляева А.В., Толстых М.А. Локальная ансамблевая схема усвоения данных наблюдений для прогноза погоды: тесты на модели мелкой воды.*
- *Фадеев Р.Ю., Толстых М.А. Метод численного решения негидростатических уравнений сжимающейся атмосферы при решении проблем предсказания погоды.*
- *Фадеев Р.Ю. Численные методы расчета регионального переноса примеси. Яковлев Н.Г. Численное моделирование динамики вод и морского льда Северного Ледовитого океана.*

19. Международный семинар "Черное море как имитационная модель океана", Киев, НАН Украины, 30 мая - 1 июня 2011 г.

- *Агошков В.И. Вариационная ассимиляция данных наблюдений в модели циркуляции Черного моря.*
- *Марчук Г.И., Залесный В.Б., Агошков В.И. Управление сложными системами и проект Черное море как имитационная модель океана.*
- *Марчук Г.И., Залесный В.Б. Модель циркуляции Черного моря, основанная на методах расщепления.*

20. XXIV Международная научная конференция "Математические методы в технике и технологиях" ММТТ-24, 30 мая - 2 июня 2011 г., Киев, Украина, Национальный технический университет Украины.

- *Тыртышников Е.Е. Тензоры и вычисления.*
- *Марчук Г.И., Залесный В.Б., Агошков В.И. Прямые и сопряженные задачи математического моделирования динамики Мирового океана.*
- *Марчук Г.И., Агошков В.И., Залесный В.Б. Обратные задачи и задачи вариационной ассимиляции данных наблюдений для сложных математических моделей геофизической гидродинамики.*

21. Международная конференция "Дифференциальные уравнения и смежные вопросы", посвященная 110-летию со дня рождения И.Г.Петровского, МГУ им.М.В.Ломоносова, 29 мая - 4 июня 2011 г., Москва.

- *Агошков В.И. Обобщенная постановка одной задачи геофизической гидродинамики и теорема единственности.*
 - *Фурсиков А.В. Полулинейные параболические уравнения нормального типа: свойства динамики и нелокальная стабилизация посредством стартового управления.*
22. Autumn School of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing, China, 12-19 October, 2011.
- *Agoshkov V.I. Adjoint operators and equations.*
 - *Agoshkov V.I. Adjoint equations and optimal control approaches in inverse and data assimilation problems.*
 - *Agoshkov V.I. Study and solution of the inverse and variational data assimilation problems in the geophysical hydrodynamics.*
 - *Agoshkov V.I. New methods for study and numerical solution of the tides dynamics problems.*
23. Двадцать вторая ежегодная выставка информационных и коммуникационных технологий SofTool, 25-28 октября 2011 г. Москва, ВВЦ, павильон № 69.
- *Агошков В.И., Ассовский М.В., Гиниатулин С.В., Гусев А.В., Захарова Н.Б., Заячковский А.О., Лебедев С.А., Пармузин Е.И. Специализированная информационно-вычислительная система вариационной ассимиляции данных наблюдений в моделях гидротермодинамики океанов и морей.*
24. Всероссийская с международным участием конференция "Проведение научных исследований в области обработки, хранения, передачи и защиты информации Москва, ВВЦ, 25-28 октября 2011 г.
- *Агошков В.И., Ассовский М.В., Гиниатулин С.В., Гусев А.В., Захарова Н.Б., Заячковский А.О., Лебедев С.А., Пармузин Е.И. Специализированная информационно-вычислительная система вариационной ассимиляции данных наблюдений в моделях гидротермодинамики океанов и морей.*
 - *Агошков В.И., Ассовский М.В., Гиниатулин С.В., Гусев А.В., Захарова Н.Б., Заячковский А.О., Лебедев С.А., Пармузин Е.И. Информационно-вычислительная система вариационной ассимиляции данных*

наблюдений в моделях гидротермодинамики океанов и морей: Структура, Теоретические основы, Реализация.

25. London Mathematical Society EPSRC Durham Symposium "Mathematics of Data Assimilation", Durham (UK), August 1-11, 2011.

- *V. Shutyaev. Optimal solution error covariances in variational data assimilation.*

26. Международная конференция "Компьютерное моделирование динамики вод морей и Мирового океана: достижения и проблемы Севастополь, 20-24 сентября, 2011 г.

- *Саркисян А.С. Численные методы и расчёты течений в морях и океанах.*
- *Марчук Г.И., Залесный В.Б. Моделирование циркуляции Мирового океана с 4-х мерной вариационной ассимиляцией полей температуры и солёности.*
- *Шутяев В.П. On optimal solution errors in variational data assimilation.*
- *Ибраев Р.А., Калмыков В.В., Ушаков К.В., Хабеев Р.Н. Вихреразрешающая $1/10^\circ$ модель Мирового океана.*
- *Ушаков К.В., Ибраев Р.А. Компьютерная модель динамики вод Мирового океана: результаты расчетов по проекту CORE.*
- *Яковлев Н.Г. Компьютерное моделирование Северного Ледовитого океана: баланс физики и вычислительных технологий.*

27. Международная акция фонда "Знание" по программе сотрудничества в области науки и образования с молодыми республиками Закавказья, Сухуми (Абхазия), 9-14 октября 2011 г.

- *Шутяев В.П. Сопряженные уравнения и итерационные алгоритмы в задачах вариационного усвоения данных.*
- *Фадеев Р.Ю. Линукс как основа для вычислений.*

28. 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment. The GEOSS Era: Towards Operational Environmental Monitoring, 10-15 April 2011, Sydney, Australia.

- *Lebedev S.A. Zakharova N.B., Shauro S.N. Monthly Anomalies and Trends of the Southern Ocean Temperature, Salinity and Sea Level based on ARGO Buoy and Remote Sensing Data.*
29. XXV IUGG General Assembly Earth on the Edge: Science for a Sustainable Planet, 28 June - 7 July 2011, Melbourne, Australia.
- *Lebedev S.A. Zakharova N.B., Shauro S.N. Interannual variability of the Antarctic Circumpolar Current position based on remote sensing data.*
30. Franz Peherstorfer memorial conference, CAOTA -2011, Linz (Austria) 24-29 July 2011.
- *Bogatyrev A.B. Effective methods for optimal stability polynomials.*
31. Международная конференция: XI международная школа-семинар "Модели и методы аэродинамики", Украина, Евпатория, 3-12 июня 2011 г.
- *Нечепуренко Ю.М., Демьянко К.В. О влиянии отношения сторон на устойчивость течений в бесконечных каналах прямоугольного сечения.*
32. Международная конференция: "Супервычисления и математическое моделирование" (XIII Международный семинар), Саров, 3-7 октября, 2011 г.
- *Нечепуренко Ю.М., Бойко А.В. О перспективном программном обеспечении расчетов ламинарно-турбулентного перехода.*
 - *Нечепуренко Ю.М., Бойко А.В. Технология численного анализа гидродинамической устойчивости.*
33. Международная конференция: "Математические идеи П.Л.Чебышева и их приложение к современным проблемам естествознания", Обнинск, 14-18 мая 2011 г.
- *Нечепуренко Ю.М., Овчинников К.В. Решение эрмитовых систем дифференциально-алгебраических уравнений на основе функций Лагерра.*
 - *Кобельков Г.М. О сходимости разностных схем для уравнений динамики океана.*

34. Международная конференция: "Ситуационные центры и системы виртуального окружения для комплексной безопасности и антитеррористической защищенности", SC-VRТетто 2011, Москва, 23 ноября, 2011 г.
- *Нечепуренко Ю.М. Неялпуновские сценарии аварий и катастроф.*
35. Всероссийская конференция: "Аэродинамика и прочность конструкций летательных аппаратов", посвященная 70-летию СибНИА им. С.А. Чаплыгина, Новосибирск, 20-21 сентября 2011 г.
- *Нечепуренко Ю.М., Бойко А.В. Численное программное обеспечение для анализа перехода к турбулентности.*
36. Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Нижний Новгород, 24-30 августа 2011 г.
- *Нечепуренко Ю.М. Технология численного анализа гидродинамической устойчивости.*
37. XIV Всероссийский форум с международным участием им. Академика В.И. Иоффе "Дни иммунологии в Санкт-Петербурге", Санкт-Петербург, 23-26 мая 2011 г.
- *Бочаров Г.А., Черешнев В.А., Бажан С.И. Системный анализ механизмов и патогенеза ВИЧ-инфекции.*
38. III Международный симпозиум "Взаимодействие нервной и иммунной систем в норме и патологии", Санкт-Петербург, 7-10 июня 2011 г.
- *Бочаров Г.А., Черешнев В.А., Бажан С.И., Гайнова И.А. Multiscale approach to HIV infection modelling.*
39. Международная конференция "Математические методы и моделирование в науках о живом и биомедицине", 15-19 августа 2011 г., Эдитепейский университет, г. Силе-Стамбул, Турция.
- *Бочаров Г.А. Mathematical models of antiviral immune responses: a multiscale approach.*
40. VI Всемирный конгресс по иммунопатологии и респираторной аллергии, VIII Конгресс СНГ по аллергологии иммунологии, V Всероссийский конгресс по иммунологии, 15-18 сентября 2011 г., Москва.

- *Бочаров Г.А. Kinetic mechanisms of immune response regulation.*
41. Конференция Российско-Американского Научного Форума. 16-18 ноября 2011 г., Москва, Россия.
- *Бочаров Г.А., Карамов Э.В., Сидорович И.Г., Черешнев В.А. Biomedical Aspects of the Russia HIV/AIDS Prevention Program.*
42. 54 научная конференция МФТИ, Московская область, г. Долгопрудный, МФТИ, 21-25 ноября 2011 г.
- *Тыртышников Е.Е. Будущее вычислительной математики: от векторов и матриц к тензорам.*
 - *Бочаров Г.А., Телятников И.С. Математическое моделирование динамики квазивидов ВИЧ.*
 - *Кауркин М.Н. Реализация схемы КАБАРЕ в модели Мирового океана в трехполярной системе координат.*
 - *Демьянко К.В. О зависимости линейной устойчивости течений Пуазейля в прямоугольном канале от отношения длин сторон сечения.*
 - *Клюшнев Н.В. Высокпроизводительная реализация линейного анализа гидродинамической устойчивости течений жидкостей и газов.*
 - *Мортиков Е.В. Численное моделирование течения вязкой несжимаемой жидкости в областях сложной конфигурации с помощью метода погруженной границы на графических процессорах.*
 - *Новиков И.С., Асеев Н.А. Исследование и численное решение некоторых задач о локальных источниках при локальных или интегральных наблюдениях.*
 - *Терехов К.М., Чернышенко А.Ю. Решение уравнений Навье-Стокса на адаптивных иерархических сетках типа восьмеричное дерево и приближение границ с помощью сколотых ячеек.*
43. VI Московский международный конгресс "БИОТЕХНОЛОГИЯ: состояние и перспективы развития". 21-25 марта 2011 г., Москва.
- *Романюха А.А. Математическое моделирование транспорта веществ в клетке.*

44. 2nd International Symposium on Dynamic Energy Budget Theory, Португалия, Лиссабон. 13-15 апреля, 2011 г.
- *Романюха А.А., Каркач А.С. Model of homeostasis maintenance in fruit flies.*
45. Международная конференция "Современные проблемы математики, информатики и биоинформатики", Новосибирск. 11-14 октября 2011 г.
- *Романюха А.А. Поддержание гомеостаза и энергетика. Математическая модель регуляции.*
46. 1st Workshop on Mathematical and Computational Oncology. Erice (Italy). 26-30 сентября 2011 г.
- *Sannikova T., Romanjukha A., Anisimov V. Homeostasis and oncogenesis: mathematical model.*
47. 13-я научно-практическая конференция "Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы", Главный клинический госпиталь МВД России, Москва, 23 марта 2011 г.
- *Руднев С.Г., Данилов А.А., Саламатова В.Ю., Василевский Ю.В., Смирнов А.В., Николаев Д.В. Математическое моделирование биоимпедансных измерений. Применение к задаче оценки гидратации лёгких.*
48. Международный семинар "Математические модели регуляции метаболизма и состава тела" NIMBioS, 12-15 июля 2011 г., Ноксвилл, США.
- *Руднев С.Г., Романюха А.А., Яшин А.И. Mathematical modeling of immune system development: connections to body mass growth and metabolic rate.*
49. 6-я международная научная школа "Наука и инновации-2011". 18-24 июля 2011 г, Йошкар-Ола.
- *Руднев С.Г., Николаев Д.В., Василевский Ю.В., Данилов А.А., Ерюкова Т.А., Колесников В.А., Саламатова В.Ю., Смирнов А.В. Моделирование биоимпедансных измерений организма человека.*

- Руднев С.Г., Коновалова М.В., Анисимова А.В., Вашура А.Ю., Година Е.З., Николаев Д.В., Старунова О.А., Хомякова И.А., Цейтлин Г.Я. *Биоимпедансное исследование состава тела детей, излеченных от онкологических заболеваний.*
50. 3-й международный научный семинар "Математические модели и численные методы в биоматематике". 27-28 октября 2011 г., Москва, ИВМ РАН.
- Руднев С.Г., Данилов А.А., Василевский Ю.В., Саламатова В.Ю., Николаев Д.В., Смирнов А.В. *Биоимпедансный анализ: основы метода и вычислительные технологии.*
 - Санникова Т.Е. *Математическая модель энергетического гомеостаза человека.*
51. 8th European Conference on Mathematical and Theoretical Biology (ECMTB 2011). Польша, Краков. 26 июня - 3 июля 2011 г.
- Каркач А.С., Романюха А.А. *Model of metabolic maintenance and its application to fruitflies.*
 - Avilov K.K. *Case detection rate: what can be estimated without prevalence surveys?*
52. Международная конференция "Современные проблемы математики, информатики и биоинформатики", посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР А.А. Ляпунова, г. Новосибирск, 11-14 октября 2011 г.
- Авиллов К.К., Романюха А.А. *Математические модели в эпидемиологии туберкулеза.*
 - Каркач А.С. *Математические модели в задачах контроля клещевых инфекций на примере Лайм-боррелиоза.*
53. VI Международная научно-практическая конференция "Современные информационные технологии и ИТ-образование". Россия, Москва, МГУ им.М.В.Ломоносова, 12-14 декабря 2011 г.
- Кобельков Г.М., Кобельков С.Г., Мещеряков А.В., Подколзин И.А., Друца А.В. *Распределенная система сбора данных и централизованная обработка в режиме реального времени.*

54. Международная конференция "Интеллектуальные системы и компьютерные технологии". Москва, 6-9 декабря 2011 г.
- *Кобельков Г.М., Друца А.В., Арушанян И.О. О численном решении уравнений динамики приливных волн.*
55. International Conference "Domain Decomposition Methods 20". 8 февраля 2011 г., San Diego, USA.
- *Vassilevski Yu. Hybrid DDM for the diffusion equation with heterogeneous coefficient.*
56. SIAM conference on Mathematical and Computational Issues in the Geosciences. 22-24 марта 2011 г., Long Beach, USA.
- *Vassilevski Yu. Numerical issues of two-phase flows in heterogeneous media with full permeability tensor.*
 - *Vassilevski Yu. Monotone finite volume discretization of two-phase black oil equations on polyhedral cells.*
57. Римско-московская школа по матричным методам и прикладной линейной алгебре, 12-13 сентября 2011 г., INM RAS, Moscow.
- *Vassilevski Yu. A brief introduction to approximate solution of boundary value problems". Курс лекций (12 часов).*
58. Международная конференция "Суперкомпьютерные технологии математического моделирования". 28-30 ноября 2011 г., Якутск.
- *Василевский Ю.В. Ускорение неявных схем с использованием упрощенных моделей и Грид-вычислений.*
59. Международная конференция "Waste Management 2011", February 27 - March 3, 2011, Phoenix, USA.
- *Bolshov L., Linge I., Kapyrin I., Vassilevski Yu., Rastorguev A. Development of models to forecast radionuclide migration in the geological environment for safety cases of radioactive waste repositories in the Russian Federation.*
60. Семинар "Классификация РАО для целей захоронения", 1-3 марта 2011 г., ИБРАЭ РАН, Москва.

- *Капырин И.В., Василевский Ю.В. Классификация РАО для целей захоронения и методология обоснования безопасности захоронений.*
61. Межотраслевой семинар "Обоснование безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов на базе современных моделей переноса радионуклидов в геологических формациях и инженерных барьерах", 25-26 мая 2011 г, ИБРАЭ РАН, Москва.
- *Капырин И.В., Уткин С.С. Современное состояние и перспективы развития вычислительных технологий для геофильтрационных и геомиграционных расчетов.*
62. Научный семинар "Математическое моделирование технологий ядерного топливного цикла. Модели и коды". 7-10 ноября 2011 г., Челябинская обл., г. Снежинск, РФЯЦ-ВНИИТФ.
- *Капырин И.В., Уткин С.С., Савельева Е.А., Расторгуев А.В. Математическое моделирование для обоснования обращения с особыми радиоактивными отходами.*
63. Международная конференция "Modeling and Numerical Methods for Flow and Transport in Porous Media". Орсе, Франция, 23 ноября 2011 г.
- *Nikitin R., A monotone nonlinear finite volume method for advection-diffusion equations and multiphase flows.*
64. II научная конференция "Математические модели и численные методы в биоматематике". 11 января 2011 г., Москва, ИВМ РАН.
- *Данилов А.А., Василевский Ю.В., Саламатова В.Ю. Решение трёхмерных задач биоимпедансного анализа и моделирования иммунных процессов в областях с малыми структурными элементами.*
65. II международная конференция "Computational & Mathematical Biomedical Engineering" (СМВЕ-2011). 31 марта 2011 г., Вашингтон, США, Университет Джорджа Мейсона.
- *Danilov A.A., Vassilevski Yu.V. Mesh generation technology for domains with small structural elements.*

66. XIV Всероссийская молодежная конференция "Современные проблемы математического моделирования". 16 сентября 2011 г., п. Дюрсо, Южный федеральный университет.
- *Василевский Ю.В. Технологии приближенного решения краевых задач на неструктурированных сетках. А. Данилов. Технология построения неструктурированных сеток.*
67. VI международная конференция "Finite Volumes for Complex Applications" (FVCA6). 9 июня 2011 г., Прага, Чехия, Чешский технический университет.
- *Danilov A., Vassilevski Yu. Benchmark 3D: A monotone nonlinear finite volume method for diffusion equations on polyhedral meshes.*
 - *Nikitin K., Danilov A., Kapyrin I., Vassilevski Yu. Application of nonlinear monotone finite volume schemes to advection-diffusion problems.*
68. Международная конференция "Дифференциальные уравнения в математической физике", посвященная 65-летию проф. А.И.Комеча, 12-14 мая 2011 г., ИППИ РАН, Москва.
- *Фурсиков А.В. Нормальные полулинейные параболические уравнения: динамика и нелокальная стабилизация с обратной связью.*
69. Международная конференция "Workshop on Stabilization of Dynamical Systems and Processes", 13-17 июня 2011 г., Эдинбург, Великобритания.
- *Фурсиков А.В. Semilinear parabolic equations of normal type: dynamical properties and nonlocal feedback stabilization.*
70. 7-th International Congress of Industrial and Applied Mathematics (ICIAM2011), 18-22 июля 2011 г., Ванкувер, Канада
- *Фурсиков А.В. Mathematical fluid dynamics.*
71. Международная конференция по дифференциальным уравнениям "Equadiff 2011 1-5 августа 2011 г., Лоугбороу, Великобритания
- *Фурсиков А.В. The structure of phase flow and nonlocal feedback stabilization for semilinear parabolic equations of normal type.*

72. 6-я международная конференция по дифференциальным и функционально-дифференциальным уравнениям, Москва, 18-20 августа 2011 г.
- *Фурсиков А.В. Parabolic equations of normal type: Structure of Phase Flow and nonlocal stabilization.*
73. 25-th IFIP TC 7 Conference on System Modeling and Optimization, 12-16 сентября, 2011г., Берлин, Германия
- *Фурсиков А.В. The structure of phase flow and nonlocal feedback stabilization for semilinear parabolic equations of normal type.*
74. Международная конференция "Математика климатической систем", г.Ридинг, Англия, 12-16 сентября 2011 г.
- *Грицун А.С. Unstable periodic orbits in models of the low frequency atmospheric variability.*
 - *Грицун А.С. Connection of periodic orbits and variability patterns in a barotropic atmospheric system.*
75. Ассамблея IUGG (International Unit on Geodesy and Geophysics). Мельбурн, Австралия. 28 июня - 6 июля 2011 г.
- *Volodin E.M., Kostykin S.V., Ryaboshapko A.G. Modeling geoengineering with sulfate stratospheric aerosols at the end of 21 century using climate - chemistry - carbon cycle model.*
 - *Volodin E.M. The role of upstream soil drought in generation of strongest heat waves.*
 - *Volodin E.M., Yurova A.Yu. Connection between asymmetry of monthly mean summer temperature and strongest heat waves: present day climate and future changes.*
76. Международная конференция "Проблемы адаптации к изменениям климата". 7-9 ноября 2011 г., Москва.
- *Володин Е.М., Кострыкин С.В., Рябошапка А.Г. Моделирование изменений климата вследствие введения серосодержащих веществ в стратосферу с помощью модели земной системы.*

77. Международный симпозиум стран СНГ "Атмосферная Радиация и Динамика" (МСАРД-2011), 21-24 июня 2011 г., Санкт-Петербург.
- *Галин В.Я., Смышляев С.П. Тестирование совместной химико-климатической модели на предмет воспроизведения температурного тренда стратосферы за 1979-1997 годы.*
78. International conference "Climate Changes in Polar and Subpolar Regions". 17-19 мая 2011 г., Москва, Россия.
- *Moshonkin S.N., V.B. Zalesny, A.V. Gusev, N.A. Diansky, A.V. Bagno. Numerical modeling of the 20th century variability of the North Atlantic - Arctic Ocean-Bering Sea circulation.*
 - *Lykosov V.N. Modeling and Parameterization of Atmosphere - Land Interaction Processes in Subarctic Region.*
 - *Iakovlev N. On the physical processes in the Arctic Ocean which may become important in the case of the changing climate.*
79. International Council for the Exploration of the Sea (ICES). Annual Meeting. Gdansk, Poland, 19-23 September 2011.
- *Ryabchenko V., Gorchakov V., Diansky N., Dvornikov A., Pugalova S.. Modeling the inter-annual variability of ocean circulation and marine ecosystem in the Canary upwelling system.*
80. PICES. Annual Meeting. Khabarovsk, Russia. 14-23 Oct. 2011.
- *Diansky N. and Zalesny V. Numerical simulation of the large-scale ocean circulation on the base of multicomponent splitting method.*
 - *Stepanov D.V., Diansky N.A. Study of the low-frequency variability of the Japan/East Sea circulation by numerical simulations.*
81. XX Научная сессия Совета РАН по нелинейной динамике, Москва, 26-27 декабря 2011 г.
- *Кострыкин С.В., Хапаев А.А., Якушкин И.Г. Вихревые структуры в квазидвумерных течениях вязкой вращающейся жидкости.*

82. Научно-техническая конференция по проблемам гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири (к 40-летию образования СибНИГМИ), 19-20 апреля 2011 г., Новосибирск, Россия.
- *Лыкосов В.Н., Крупчатников В.Н. Математическое моделирование региональных особенностей климатической системы.*
83. Научная конференция "Математика и математическое образование. Роль математики в инновационном развитии современного общества", 30 июня - 3 июля 2011 г., Новосибирск, Россия.
- *Лыкосов В.Н. Суперкомпьютерное моделирование климатических процессов.*
84. Математические методы распознавания образов: 15-я Всероссийская конференция "Математические методы распознавания образов" (ММРО-15), г. Петрозаводск, 11-17 сентября 2011 г.
- *Кондранин Т.В., Козодеров В.В., Дмитриев Е.В., Каржач А.С. Распознавание природно-техногенных объектов по данным гиперспектральных систем аэрокосмического зондирования.*
85. XIV Всероссийская школа-семинар "Современные проблемы математического моделирования". Дюрсо Краснодарского края. 12-17 сентября 2011 г.
- *Козодеров В.В., Дмитриев Е.В. Вычислительная технология обработки данных гиперспектрального аэрокосмического зондирования.*
86. V Белорусский космический конгресс, 25-27 октября 2011 г., Минск, Беларусь.
- *Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Сушкевич Т.А., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Каменцев В.П., Стрелков С.А., Борзяк В.В., Григорьева П.П., Григорьев А.Ф. Разработка информационных технологий и вычислительных систем распознавания природно-техногенных объектов по гиперспектральным аэрокосмическим изображениям.*
87. 27-я сессия Рабочей группы по численному экспериментированию (WGNE) Всемирной программы исследования климата ВМО, США, 17-21 октября 2011 г.

- Толстых М.А. *Recent developments in operational weather forecasting in Hydrometcentre of Russia.*
 - Толстых М.А. *Recent developments in numerical methods.*
88. Шестая Сибирская конференция по параллельным и высокопроизводительным вычислениям, Томск 15-17 ноября 2011 г.
- Толстых М.А., Шляева А.В., Мизяк В.Г. *Разработка системы моделирования атмосферы с горизонтальным разрешением 10 км.*
89. Workshop "The Caspian Sea Level Change: Human Impact and Impact of Sea Level", 21-27 May 2011, Tehran, Iran.
- Ibrayev R. *Seasonal variability of the Caspian Sea three-dimensional circulation, sea level and air-sea interaction.*
90. Международный семинар, программа EU Central Baltic INTERREG IVA, проект "Minimization risks of maritime oil transport by holistic safety and security strategies (MIMIC)". Таллинн, декабрь 2011 г.
- Aps R., Ambjork S., Fetisov M., Kuikka S., Montewka J., Rytkonen J., Suursaar U., Zalesny V. *Towards safe and secure sea transportation of oil in the Gulf of Finland.*
91. XV Всероссийская школа-конференция молодых ученых "Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы", г. Борок, 30 мая-04 июня 2011 г.
- Алоян А.Е., Ермаков А.Н., Арутюнян В.О. *Формирование сульфатных аэрозолей в тропосфере и стратосфере Земной атмосферы.*
 - Володин Е.М. *Механизмы формирования экстремальной жары на примере лета 2010 года.*
92. Международная научная конференция "Проблемы адаптации к изменению климата", Москва, 7-9 ноября 2011 г.
- Алоян А.Е., Ермаков А.Н., Арутюнян В.О. *Формирование сульфатных аэрозолей в тропосфере и нижней стратосфере.*

11. Тезисы научных докладов на отчетной сессии 2011 года

1. Вычислительная математика

Ю.М. Нечепуренко

Анализ, решение и редукция дифференциально-алгебраических систем

Дано теоретическое объяснение зависимости линейного критического числа Рейнольдса течения Пуазейля в канале прямоугольного сечения от отношения сторон [1].

Закончена разработка и обоснование алгоритма быстрого вычисления приближенных решений эрмитовых дифференциально-алгебраических систем на основе многочленов Лаггера, который можно интерпретировать, как метод редукции таких систем во временном пространстве [2]. Предложенный алгоритм основан на оригинальном преобразовании исходной системы к эквивалентной системе обыкновенных дифференциальных уравнений и разложении матричной экспоненты в ряд по многочленам Лаггерра. Получена оценка погрешности приближенного решения. Выполнены численные эксперименты с дифференциально-алгебраическими системами, возникающими при анализе неидеальности соединений в интегральных схемах.

Разработан новый алгоритм сведения линейных дифференциально-алгебраических систем управления специального вида, возникающих, например, после аппроксимации линеаризованных уравнений гидродинамики по пространственным переменным, к системам обыкновенных дифференциальных уравнений. Этот алгоритм требует для задач гидродинамики в 20 раз меньше арифметических операций, чем известный подход, и допускает эффективную реализацию на многопроцессорных компьютерах [3]. Подготовлен аналитический обзор современных алгебраических методов редукции, т.е. понижения размерности, для линейных систем управления [4].

Значительное внимание было уделено пропаганде разрабатываемой совместно с А.В. Бойко (ИТПМ СО РАН) технологии исследования аэрогидродинами-

ческой устойчивости среди специалистов в области создания численного программного обеспечения расчета аэродинамики летательных аппаратов. Выполнен анализ мировых достижений в области численных методов определения положения ламинарно-турбулентного перехода и сформулирована концепция аналогичного программного обеспечения следующего поколения, основанного на более эффективных новых численных методах, развиваемых авторами [5-8].

Эрмитовое спектральное псевдообращение, предложенное в 2010 г., сформулировано и обосновано в более общем виде, что существенно расширило область его применимости. Этот аппарат был использован для построения новых алгоритмов анализа, решения и редукции эрмитовых дифференциально-алгебраических систем [9].

Список литературы

- [1] Демьянко К.В., Нечепуренко Ю.М. О зависимости линейной устойчивости течений Пуазейля в прямоугольном канале от отношения длин сторон сечения // Доклады АН. 2011. Т. 440, № 5. С.618-620.
- [2] Нечепуренко Ю.М., Овчинников Г.В. Решение эрмитовых систем дифференциально-алгебраических уравнений на основе многочленов Лагерра // ЖВМ и МФ (на рецензировании).
- [3] Нечепуренко Ю.М. О редукции линейных дифференциально-алгебраических систем управления // Доклады АН. (на рецензировании).
- [4] Нечепуренко Ю.М. Методы редукции линейных систем управления / Ситуационные центры и системы виртуального окружения для комплексной безопасности и антитеррористической защищенности. М.: ВНИИАЭС, 2011. (В печати.)
- [5] Нечепуренко Ю.М. Технология численного анализа гидродинамической устойчивости // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. Т.3, № 4., С.1015-1016.
- [6] Бойко А.В., Нечепуренко Ю.М. О перспективном программном обеспечении расчетов ламинарно-турбулентного перехода / XIII Международный семинар "Супервычисления и математическое моделирование". Тезисы. – Саров: Изд-во ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", 2011, 45-46.

- [7] *Нечепуренко Ю.М., Бойко А.В.* Технология численного анализа гидродинамической устойчивости / XIII Международный семинар "Супервычисления и математическое моделирование". Тезисы. – Саров: Изд-во ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", 2011, 97-98.
- [8] *Бойко А.В., Нечепуренко Ю.М.* Численное программное обеспечение для анализа перехода к турбулентности / Всероссийская конференция "Аэродинамика и прочность конструкций летательных аппаратов", посвященная 70-летию СибНИА им. С.А. Чаплыгина. Тезисы докладов. – Новосибирск: Изд-во СибНИА, 2011.
- [9] *Нечепуренко Ю.М.* Эрмитовое спектральное псевдообращение и его приложения // Мат.заметки. (Представлено в печать.)

А.Б. Богатырев, О.А. Григорьев

Исследование отображения периодов, возникающего в чебышевской конструкции

Чебышевская конструкция описывает многочлены $P(x)$, у которых все – за исключением немногих (g) – критические значения простые со значениями ± 1 .

$$g = \sum_{x: P(x) \neq \pm 1} \text{ord } P'(x) + \sum_{x: P(x) = \pm 1} \left[\frac{1}{2} \text{ord } P'(x) \right],$$

Построение: *Всякому многочлену $P(x)$ сопоставим двулистную риманову поверхность $M = M(E) = \left\{ (x, w) \in \mathbf{C}^2 : w^2 = \prod_{s=1}^{2g+2} (x - e_s) \right\}$, с ветвлением в точках $E = \{e_s\}_{s=1}^{2g+2}$, где многочлен принимает значения ± 1 с нечётной кратностью (т.е. в общем случае простые значения).*

Можно показать, что род римановой поверхности $g(M)$ совпадает с числом экстремальности $g(P)$ многочлена.

Чебышевское представление многочленов-1.

Вопросы:

- 1) Какие кривые порождены многочленами?
- 2) Как из кривой восстановить породивший её многочлен?

Выделенный дифференциал на кривой $d\eta_M$: простые полюса на бесконечности с вычетами ± 1 и чисто мнимыми периодами.

$$d\eta_M = (x^g + \dots) \frac{dx}{w}.$$

Чебышевское представление многочленов-2.

Теорема.

Гиперэллиптическая кривая $M(E)$ порождена многочленом степени n если и только если

$$\int_C d\eta_M \in \frac{2\pi i}{n} \mathbf{Z}, \quad \forall C \in H_1(M, \mathbf{Z}).$$

Когда это так, многочлен восстанавливается по формуле

$$P(x) = \pm \cos\left(ni \int_{(e,0)}^{(x,w)} d\eta_M\right), \quad e \in E.$$

Примеры: Сфера $g = 0$ даёт многочлены Чебышёва;

Торы $g = 1$ дают 1-параметрическое семейство многочленов Золотарёва.

Отображение периодов-1.

Пространство модулей \mathcal{H}_g^k : гиперэллиптические кривые рода g с k вещественными овалами.

$$\dim \mathcal{H}_g^k = 2g; \quad \pi_1(\mathcal{H}_g^k) = Br_{g-k+1}$$

Отображение периодов $\mathcal{H}_g^k \rightarrow \mathbf{R}^g$ локально задается формулой

$$\Pi(E) := \int_{C_s^-} d\eta_{M(E)}, \quad s = 1, \dots, g.$$

Глобального отображения не существует из-за перепутывания циклов.

Отображение периодов-2. Глобальное отображение периодов существует на развертке пространства модулей (как универсальная накрывающая) $\tilde{\mathcal{H}}_g^k \cong \cong \mathbf{R}^{2g}$.

Вопросы:

Ответы:

<p>Гладкость слоёв отображения</p> <p>Образ отображения</p> <p>Взаимодействие с косами</p> <p>Связность слоёв</p> <p>Топология слоёв</p>	<p>Слой гладкие</p> <p>Явно описан (набор симплексов)</p> <p>Коммутируют (предст. Бурау)</p> <p>Могут быть несвязными</p> <p>Вычислено при $g \leq 3$ – клетки</p>
--	---

Список литературы

- [1] *Богатырев А.Б.* Конформное отображение прямоугольных семиугольников (представлено в Мат. сборник).
- [2] *Bogatyrev A.* Conformal mapping of rectangular heptagons ArXiv: 1109.
- [3] *Bogatyrev A.B.* Rational functions admitting double decompositions, arXiv: 1012.4577.
- [4] *Богатырев А.Б.* Элементарная конструкция штробелевых дифференциалов // Матем. Заметки 91:1 (2012), 143- 146.
- [5] *Bogatyrev A.B.* Extremal Polynomials and Riemann Surfaces// Springer Monographs in Mathematics. ISBN 978-3-642-25633-2 (print).

В.Н. Чугунов

Многоуровневое иерархическое измельчение и разгрубление сетки

Рассмотрим задачи, связанные с изучением нестационарных процессов с движущимися особенностями: движение фронта зоны загрязнения, распространение трещины, формирование зоны предразрушения.

Требуются сетки, которые можно было бы быстро перестраивать для того, чтобы отражать происходящие изменения.

Способ решения — построения в рассматриваемой области последовательности треугольных сеток на плоскости или тетраэдральных в пространстве Ω_h^n , $n = 0, 1, \dots$, удовлетворяющих следующим свойствам:

- Любая сетка Ω_h^n является конформной.
- Начальная сетка Ω_h^0 может быть произвольной.
- Каждая сетка при $n \geq 1$ получается из предыдущей с помощью операций многоуровневого измельчения или разгрубления некоторых сеточных элементов. Эти операции порождают последовательность иерархических сеток. Совокупность треугольников или тетраэдров, подвергаемых измельчению или разгрублению, определяется особенностями задачи, желаниями пользователя и требованием сохранения конформности получающихся сеток.

Операции измельчения и разгрубления иерархических сеток подчиняются следующей совокупности принципов:

1. Операция измельчения сетки может быть применена к произвольной начальной конформной триангуляции или тетраэдризации области.
2. Операция разгрубления сетки может быть применена только к тем элементам сетки, которые были ранее измельчены. Таким образом, элемент сетки Ω_h^n , $n > 0$, совпадающий с некоторым элементом Ω_h^0 , не может быть разгрублен.
3. Описываемые алгоритмы позволяют совершать локальные измельчения и разгрубления, что дает возможность строить сетки, сгущающиеся в подобласти.
4. Получаемые в результате сетки обладают тем свойством, что минимальный угол любого треугольника не может быть меньше половины минимального из углов треугольников начальной сетки. Аналогично, минимальный двугранный угол любого тетраэдра не может быть меньше половины минимального из двугранных углов тетраэдров начальной сетки.
5. Операции измельчения и разгрубления выполняются достаточно быстро; число совершаемых действий растет линейно с увеличением количества треугольников или тетраэдров в сетке, к которой применяются рассматриваемые операции.

В двумерном случае измельчение триангуляции представляет собой процесс последовательного многократного применения операции бисекции определенного треугольника на два треугольника, основанной на методе разбиения по помеченному ребру (метод Бэнша [2]). Процесс разгрубления — восстановление сеток, к которым применялось измельчение.

Основной базисной операцией при измельчении тетраэдральной сетки является бисекция тетраэдра, разбивающая его на два тетраэдра. При этом используется обобщение метода Бэнша для измельчения тетраэдров — подход, предложенный Арнольдом и соавторами ([1]).

Список литературы

- [1] *Arnold D., Mukherjee A., Pouly L.* Locally adapted tetrahedral meshes using bisection. // *SIAM J. Sci. Comput.* 2000. V. 22. №2. P.431-448.

- [2] *Bänsch E.* Local mesh refinement in 2 and 3 dimensions. // IMPACT of Computing in Science and Engrg. 1991. V. 3. P.181-191.

Д.В. Савостьянов

Метод вычисления преобразования Фурье

Получены результаты вычисления преобразования Фурье для векторов, представленных в QTT формате. Показано, что хотя матрица Фурье не обладает (и не может быть с разумной точностью приближена) малоранговым представлением в QTT формате, алгоритм БПФ может быть эффективно адаптирован к этой структуре данных. Сложность полученного метода для m -мерных векторов размера $n = 2^d$ по каждому измерению составляет $\mathcal{O}(m^2 d^2 r^3)$, где r означает максимальный ранг QTT векторов на входе, выходе и на промежуточных шагах алгоритма. Таким образом, для векторов с ограниченным r полученный алгоритм имеет логарифмическую в квадрате сложность по размеру вектора. Полученная сложность совпадает со сложностью супербыстрого квантового алгоритма Фурье. Таким образом, можно говорить, что получена эффективная на некотором классе функций классическая модель квантового алгоритма преобразования Фурье.

Полностью описан класс векторов, для которых $r = 1$. Приведен пример вектора с QTT рангами, равными единице, Фурье-образ которого имеет полные QTT ранги что согласуется с «полноранговостью» матрицы Фурье. Исследованы ε -ранги QTT образов различных векторов и экспериментально обнаружено, что они могут быть невелики даже при ε близких к машинной точности. Таким образом, получено частичное описание класса векторов, на которых QTT-FFT эффективно моделирует квантовый алгоритм QFT, и экспериментальные свидетельства о том, что класс таких векторов достаточно широк.

Кроме того, предложен новый алгоритм аппроксимации многомерных массивов в TT-формате на основании вычисления небольшого, адаптивно выбранного, подмножества элементов в нем. Достоинство нового метода, по сравнению с уже имеющимся, в том, что ранги TT-представления не должны быть заданы заранее — они могут быть адаптивно подобраны по заданному параметру точности в ходе вычислений. Таким образом, новый алгоритм оказывается более гибок к выбору начального приближения.

На основании проведенных исследований подготовлены к печати следующие работы.

Список литературы

- [1] *Dolgov S., Khoromskij B., Savostyanov D.* Multidimensional Fourier transform in logarithmic complexity using QTT approximation // JFA, submitted.
- [2] *Savostyanov D.V.* QTT-rank-one vectors with QTT-rank-one and full-rank Fourier images // LAA, to appear.
- [3] *Savostyanov D.V., Oseledets I.V.* Fast adaptive interpolation of multi-dimensional arrays in tensor train format // Proc. nDS-2011 Conf., September 2011, Poitiers.

В.И. Агошков, Е.И. Пармузин, Н.Б. Захарова

Численное решение задачи вариационной ассимиляции температуры поверхности моря в модели динамики Черного моря

Сформулирован и исследован численный алгоритм решения задачи вариационной ассимиляции данных о температуре поверхности моря с целью восстановления вертикальных потоков тепла с использованием трехмерной модели гидротермодинамики Черного моря, разработанной в ИВМ РАН. Разработаны и обоснованы алгоритмы численного решения задачи, создан блок ассимиляции данных, который был включен в трехмерную модель. Проведены численные эксперименты на примере акватории Черного моря и представлены предварительные результаты расчета турбулентных потоков тепла на поверхности моря по предлагаемому алгоритму.

Данный алгоритм ассимиляции температуры позволяет получать более точное поле температуры на поверхности Черного моря по сравнению с результатами, когда процесс ассимиляции не применяется.

Список литературы

- [1] *Агошков В.И., Пармузин Е.И., Захарова Н.Б.* The study and numerical solution of the inverse problem of heat flows in the ocean dynamics model based on ARGO buoys data // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2011. 26, №3. P.231-262.

- [2] Дианский Н.А., Залесный В.Б., Фомин В.В. Численная модель гидродинамики Черного и Азовского морей // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2012. 27, №1.
- [3] Агошков В.И., Ассовский М.В., Лебедев С.А. Численное моделирование гидротермодинамики Черного моря с учетом приливообразующих сил // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2012. 27, №1.
- [4] Пармузин Е.И., Агошков В.И. Численное решение задачи вариационной ассимиляции температуры поверхности моря в модели динамики Черного моря // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2012. 27, №1.

И.В. Капырин

Модели геофильтрации и геомиграции радионуклидов в грунтовых водах

Разработана модель переноса примеси в пористых средах для работы на неструктурированных многогранных сетках. В модели использована схема расщепления по физическим процессам. Оператор диффузии аппроксимируется с помощью O-схемы метода конечных объемов. Для оператора конвекции применяется метод конечных объемов с кусочно-линейным восполнением.

При построении кусочно-линейного восполнения используется метод активного множества для решения задачи оптимизации.

Продолжались исследования моделей насыщенно-ненасыщенной фильтрации. В сотрудничестве с асп. А.С.Галиновым построена стационарная модель насыщенно-ненасыщенной фильтрации для окрестности промышленного уран-графитового реактора, выводимого из эксплуатации по варианту захоронения на месте.

Проводились исследования в области методологии обоснования безопасности захоронений радиоактивных отходов, анализировались принципы оценки безопасности на долгий временной период (сотни тысяч – миллионы лет).

Ю.В. Василевский

Приближенное решение диффузионных уравнений на конформных сетках разных типов

Для адаптивного построения квази-оптимальных (возможно анизотропных) треугольных сеток на основе нового метода восстановления метрики по реберным оценкам ошибки экспериментально подтверждена оптимальная асимптотика падения градиентной ошибки конечно-элементных решений ряда краевых задач с увеличением числа сеточных ячеек [1]. Показано, что для функций с незнакоопределенным гессианом существует параметрическое семейство квази-оптимальных сеток совершенно разной адаптивной структуры [2].

Разработанная ранее технология моделирования трехмерных течений несжимаемой жидкости со свободной поверхностью была перенесена и верифицирована для случая неньютоновских вязкопластических жидкостей [3].

Совместно с С.Симаковым, В.Саламатовой, Т.Добросердовой, Ю.Ивановым предложен новый подход к численному моделированию влияния атеросклероза сонных артерий на кровообращение в человеческом организме [4,5,6]. Подход основан на методе формирования уравнения состояния стенки кровеносного сосуда с патологией, определяющего зависимость сосудистого просвета от перепада давлений снаружи и внутри сосуда. Для расчета уравнения состояния разработаны численные модели упругости для стенок сосудов с патологиями.

Совместно с К.Липниковым и А.Даниловым продолжается работа по совершенствованию двумерной и трехмерной библиотек программ для приближенного конечно-элементного решения краевых задач на симплицальных адаптивных сетках sf.net/projects/ani2d, sf.net/projects/ani3d. За 50 месяцев доступности библиотеки `ani3d` в сети было осуществлено более 2700 загрузок (двумерная библиотека `ani2d` за 7 лет была загружена 4650 пользователями).

Список литературы

- [1] *Agouzal A., Lipnikov K., Vassilevski Yu.* On optimal convergence rate of finite element solutions of boundary value problems on adaptive anisotropic meshes // *Mathematics and Computers in Simulation.* 2011. 81(10). 1949-1961.
- [2] *Agouzal A., Lipnikov K., Vassilevski Yu.* Families of meshes minimizing P_1 interpolation error for functions with indefinite Hessian // *Russian J. Numer. Anal. Math. Modelling.* 2011. 26(4). 337-352.
- [3] *Nikitin K., Olshanskii M., Terekhov K., Vassilevski Yu.* A numerical method for the simulation of free surface flows of viscoplastic fluid in 3D // *J. Comp.Math.* 2011. 29(6). 605-622.

- [4] *Vassilevski Yu., Simakov S., Salamatova V., Ivanov Yu., Dobroserdova T.* Blood flow simulation in atherosclerotic vascular network using fiber-spring representation of diseased wall // *Math. Model. Nat. Phenom.* 2011. 6(5). 333-349.
- [5] *Vassilevski Yu., Simakov S., Salamatova V., Ivanov Yu., Dobroserdova T.* Vessel wall models for simulation of atherosclerotic vascular networks // *Math. Model. Nat. Phenom.* 2011. 6(7). 82-99.
- [6] *Vassilevski Yu., Simakov S., Salamatova V., Ivanov Yu., Dobroserdova T.* Numerical issues of modelling blood flow in networks of vessels with pathologies // *Russian J. Numer. Anal. Math. Modelling.* 2011. 26(6). 605-622.

А.А. Данилов

Разработка методов и алгоритмов построения неструктурированных сеток

1. Разработаны методы и алгоритмы построения неструктурированных сеток для тела мужчины. Полученные в результате выполнения НИР расчетные сетки для тела мужчины были использованы при конечно-элементном моделировании задач биоимпедансного анализа. Биоимпедансный анализ – это контактный метод измерения электрической проводимости биологических тканей, который дает возможность определить широкий спектр морфологических и физиологических параметров организма. Биоимпедансные методы позволяют оценить степень гидратации тканей и нарушений водного баланса, контролировать состояние липидного, белкового и водного обмена организма, также позволяют определять гемодинамические показатели в отдельных сегментах организма. Метод основан на измерении импеданса (полного электрического сопротивления) всего тела или отдельных сегментов тела с использованием специальных приборов – биоимпедансных анализаторов.

НИР была посвящена методам построения высокоразрешающей сеточной модели тела человека и численному решению задачи определения электрического поля и выходных напряжений в человеческом теле с неоднородной проводимостью при заданном размещении токовых и потенциальных электродов. Эта работа является очередным этапом в разработке информационно-вычислительных технологий для численного моделирования протекания токов в человеческом теле с неоднородной проводимостью. Распределение потенциала электрического

поля описывается уравнением Пуассона с переменными коэффициентами:

$$\begin{aligned} \operatorname{div}(\mathbf{C}\nabla U) &= 0 && \text{в } \Omega, \\ \mathbf{J}_n &= I_{\pm}/S && \text{на } \Gamma_{\pm}, \\ \mathbf{J}_n &= 0 && \text{на } \partial\Omega \setminus \Gamma_{\pm}, \end{aligned}$$

где U – потенциал электрического поля, \mathbf{C} – тензор удельной проводимости, $\mathbf{E} = \nabla U$ – напряженность поля, $\mathbf{J} = \mathbf{C}\mathbf{E}$ – плотность тока, I_{\pm} – зондирующий ток, S – площадь контакта электрода.

Для построения расчетных сеток использовался набор из свободных пакетов ITK-SNAP, CGAL и Ani3D. Для численного решения уравнения и постобработки полученных результатов использовались пакеты Ani3D и Paraview.

2. Разработаны методы и алгоритмы построения неструктурированных треугольных сеток для мирового океана и Черного моря на сфере, и была реализована конечно-элементная модель уравнений мелкой воды с конечно-элементной парой $P2 - P1_{DG}$, в которой для высот используются кусочно квадратичные базисные функции, и кусочно линейные разрывные элементы для поля скоростей.

Новая нелинейная схема для задачи трехфазной фильтрации и численная модель течения вязкой и вязкопластичной жидкости со свободной границей

Рассматриваются две задачи описывающие различные физические процессы: многофазную фильтрацию в пористой среде и течение вязкой или вязкопластичной жидкости со свободной границей.

На основании новой нелинейной дискретизации уравнения конвекции-диффузии [1] разработана модель многофазной фильтрации в пористой среде, описывающая процесс разработки нефтегазового месторождения [2]. Новая монотонная схема используется для дискретизации потоков Дарси, описывающих течение в неоднородной пористой среде. Результаты численных экспериментов показывают, что в случае неортогональных сеток и полных анизотропных тензоров абсолютной проницаемости нелинейная схема позволяет более точно и реалистично рассчитывать распространение фронта обводнения и время водяного прорыва, чем традиционная двухточечная линейная схема.

Предлагается экономичная технология моделирования течения вязкой и вязкопластичной несжимаемой жидкости со свободной границей в топологически сложных областях [3,4]. Рассматриваемый класс задач включает движение морских волн, заливание и обтекание объектов, падение капель и образование брызг, сход снежных лавин и оползней. Моделирование подобных явлений представляет собой технологически сложную задачу в связи с необходимостью отслеживать динамику жидкости в области с постоянно изменяющейся границей. Эффективное решение подобных задач требует использования динамических адаптивных расчетных сеток высокого разрешения и экономичных методов численного моделирования совместной динамики жидкости и свободной поверхности.

Течение вязкой несжимаемой жидкости описывается уравнениями Навье-Стокса в области $\Omega(t) \in \mathbf{R}^3$ с границей, изменяющейся во времени: $\partial\Omega(t) = \Gamma_D \cup \Gamma(t)$, где Γ_D – меняющаяся часть неподвижной границы, а $\Gamma(t)$ – свободная граница.

Описываемая технология является компромиссом между сложностью, реалистичным поведением и контролем над потоком. В ее основе лежит проекционный метод, используемый для приближенного решения системы уравнений Навье-Стокса. Для работы со свободной поверхностью предлагается использовать два взаимодополняющих подхода: метод частиц и метод функции уровня.

Для моделирования вязкопластичных течений построена дискретизация реологической модели Гершеля-Балкли, связывающая эффективную вязкость и предел текучести жидкости.

Результаты численного моделирования течений вязкой и вязкопластичной несжимаемой жидкости со свободной поверхностью формируют коллекцию видеоматериалов: www.inm.ras.ru/research/freesurface.

Список литературы

- [1] *Nikitin K.D., Vassilevski Yu.V.* A monotone finite volume method for advection-diffusion equations on unstructured polyhedral meshes in 3D // Russ. J. Numer. Anal. and Math. Model. 2010. V.25, №4. P.335-358.
- [2] *Никитин К.Д.* Нелинейный метод конечных объемов для задач многофазной фильтрации // Математическое моделирование. 2010. Т. 22, № 11. С.131-147.
- [3] *Nikitin K.D., Vassilevski Yu.V.* Free surface flow modelling on dynamically refined hexahedral meshes // Russ. J. Numer. Anal. Math. Model. 2008. V. 23, № 5. P.469-485.
- [4] *Nikitin K., Olshanskii M., Terekhov K., Vassilevski Yu.* A numerical method for the simulation of free surface flows of viscoplastic fluid in 3D // J. Comp.Math. 2011. 29(6). 605-622.

Г.А. Бочаров

Прямые и обратные задачи моделирования пространственно-временной динамики иммунных и инфекционных процессов

В 2011 году были продолжены исследования по развитию методов прямого [1, 2] и обратного [3] моделирования динамики иммунных процессов [4, 5] и вирусных заболеваний [6, 7]. Разработана уточненная модель для оценивания параметров скоростей деления и апоптоза клеток по данным флуоресцентного анализа и проточной цитометрии [8], сформулированная на основе уравнений в частных производных гиперболического типа. Учет в модели кинетики потери

метки по закону Гомпертца и явления аутофлуоресценции клеток существенно улучшает качество описания данных и точность идентификации параметров. Исследована зависимость оценок коэффициентов скоростей деления-гибели для клеток разных поколений в зависимости от числа узлов сетки, используемых для дискретизации функций выражающих зависимость скоростей от структурирующей переменной и показана их робастность.

Построены стохастические версии математической модели вирусного гепатита В, учитывающие действие случайных факторов в уравнении динамики численности вирусной популяции [9]. Соответствующие системы являются стохастическими дифференциальными уравнениями Ито. Рассмотрены аддитивные и мультипликативные (параметрические) варианты введения случайных возмущений. С целью анализа явления «спонтанного выздоровления» при хронической инфекции вирусным гепатитом В исследовано влияние возмущений на решения модели, соответствующие двум различным вариантам хронического течения гепатита — с малой (и большой) вирусной нагрузкой и численностью Т-лимфоцитов. Разработана методология анализа, включающая в себя построение выборок пространства параметров, анализа интенсивности мультипликативного шума, числа реализаций случайных траекторий, оценку числа искомых вариантов динамики. Показано, что в широких пределах изменений интенсивности шума, вероятность спонтанного выздоровления весьма мала, и частота соответствующих решений не превышает 10%, увеличение амплитуды аддитивного шума на порядок увеличивает частоту спонтанного выздоровления в 2 раза, сочетание аддитивного и мультипликативного шума-форсинга приводит к более частому выздоровлению, чем при аддитивном воздействии шума.

Завершен системный анализ данных о процессах развития инфекции вирусами иммунодефицита человека на различных уровнях реализации, включая: молекулярно-биологические механизмы репликации ВИЧ, иммунологические процессы при ВИЧ инфекции и изменение эндокринной регуляции иммунофизиологических процессов организма [10]. Выделины ключевые стадии размножения вируса в CD4+ Т-лимфоцитах и макрофагах, которые являются потенциальными мишенями для действия противовирусных препаратов и установлена направленность изменений эндокринной регуляции, обмена веществ и иммуногенеза при ВИЧ инфекции. Разработана структура многомасштабной математической модели ВИЧ инфекции.

Исследования проводились при поддержке Программы Президиума РАН *Фундаментальные науки медицине* (№5П) и гранта РФФИ (№ 11-01-00117а).

Список литературы

- [1] *Боcharов Г., Данилов А., Василевский Ю., Марчук Г.И., Черешнев В.А., Людевиц Б.* Моделирование защитного поля интерферона в лимфоидных органах с учетом их структурно-функциональной организации // ДАН. 2011. 439(3). 413-415.
- [2] *Bocharov G., Danilov A., Vassilevski Yu., Marchuk G., Chereshnev V., Ludewig B.* Reaction-Diffusion Modelling of Interferon Distribution in Secondary Lymphoid Organs // *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*. 2011. 6(7). 13-26.
- [3] *Luzyanina T., Chiglitsev E., Bocharov G.* (2012). Critical issues in the numerical treatment of the parameter estimation problems in immunology // *J. Computational Mathematics*. 2011. (в печати.)
- [4] *Bocharov G., Quiel J., Luzyanina T., Alon H., Chiglitsev E., Chereshnev V., Meier-Schellersheim M., Paul W., Grossman Z.* Feedback regulation of the relative rates of proliferation and differentiation explains the dependence of antigen-stimulated CD4 T-cell expansion on precursor number // *PNAS USA*. 2011. 108(8). 3318-3323.
- [5] *Quiel J., Caucheteux S., Laurence A., Singh N., Bocharov G., Ben-Sasson S.Z., Grossman Z., Paul W.* Antigen-stimulated CD4 T cell expansion is inversely, log-linearly related to precursor number even in the physiologic range of responding cells // *PNAS USA*. 2011. 108(8). 3312-3317.
- [6] *Martinez J.P., Bocharov G., Ignatovich A., Reiter J., Dittmar M.T., Wain-Hobson S., Meyerhans A.* Fitness Ranking of Individual Mutants Drives Patterns of Epistatic Interactions in HIV-1 // *PLoS ONE*. 2011. 6(3). 18375.
- [7] *Alvarez M.A., Arbelaez Patricia, Bastos Francisco Ignacio, Berkhout Ben, Bhattacharya Basudev, Bocharov G., Chereshnev V., et al.* Research Priorities for HIV/M. Tuberculosis Co-Infection // *The Open Infectious Diseases Journal*. 2011. 5(Suppl 1-M2). 14-20.
- [8] *Banks H.T., Thompson Clayton W., Sutton K.L., Bocharov G., Doumie M., Schenkel T., Argilaguet J., Giest S., Peligero C., Meyerhans A.* A new model for the estimation of cell proliferation dynamics using CFSE data // *J. Immunol. Methods*. 2011. 373. 143-160.

- [9] *Luzyanina T., Bocharov G.* Stochastic modelling of the impact of random forcing on persistent hepatitis B virus infection // *Mathematics & Computers in Simulation* (в печати).
- [10] *Черешнев В.А., Бажан С.И., Бахметьев Б.А., Гайнова И.А., Бочаров Г.А.* Системный анализ патогенеза ВИЧ инфекции // *Успехи современной биологии.* 2012.(в печати.)

С.Г. Руднев

Характеристика изменчивости компонентного состава тела у детей в норме и при заболеваниях

Проведен сравнительный анализ изменчивости компонентного состава тела и параметров импеданса тела у здоровых детей (контрольная группа) и у детей, излеченных от онкологических заболеваний (основная группа). Получено, что около половины детей основной группы имеют выраженные нарушения трофологического статуса и повышенный уровень отложенного сердечно-сосудистого риска. Можно предположить, что при хронических заболеваниях катаболической направленности величину фазового угла импеданса можно использовать для прогноза результатов лечения и оценки эффективности реабилитации. Эти и другие результаты были получены в совместных исследованиях с сотрудниками НИИ антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова и ФНКЦ ДГОИ Росздрава. Статистические выводы были сделаны на основе методов непараметрической статистики, а также дисперсионного и компонентного анализов.

На базе НИИ фтизиопульмонологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова планируются исследования изменчивости и прогностической значимости компонентного состава тела и параметров импеданса у больных туберкулезом.

Список литературы

- [1] *Коновалова М.В., Вашура А.Ю., Година Е.З., Николаев Д.В., Руднев С.Г., Третьяк А.В., Хомякова И.А., Цейтлин Г.Я.* Биоимпедансное исследование состава тела у детей и подростков с острым лимфобластным лейкозом в состоянии ремиссии // *Педиатрия.* 2011. Т. 90, № 4. С. 31-36.

- [2] Коновалова М.В., Анисимова А.В., Вашура А.Ю., Година Е.З., Николаев Д.В., Руднев С.Г., Старунова О.А., Хомякова И.А., Цейтлин Г.Я. Биоимпедансное исследование состава тела детей, излеченных от онкологических заболеваний // Материалы 6-й международной научной школы "Наука и инновации-2011" (18-24 июля 2011 г.). – Йошкар-Ола: МарГУ, 2011, с.261-267.

2. Моделирование глобальных изменений природной среды и климата

А.В. Фурсиков

Исследование нелокальной стабилизации параболических уравнений

1. Доказана нелокальная стабилизация посредством стартового управления для параболического уравнения с нормальной нелинейностью, построенного по уравнению Бюргерса, т.е. параболического уравнения с нелинейным оператором $b(v)$, отображающим вектор v в коллинеарный ему вектор. Это уравнение имеет следующий вид:

$$\partial_t v - \partial_{xx} v - \Phi(v)v = 0, \quad \text{где} \quad \Phi(v) = \frac{\int_{-\pi}^{\pi} v^3 dx}{\int_{-\pi}^{\pi} v^2 dx}$$

(рассмотрен случай периодических краевых условий). Стартовое управление сосредоточено в произвольной фиксированной подобласти пространственной области задания уравнения, т.е. окружности.

2. Получен ряд результатов по локальной стабилизации с обратной связью системы уравнений Навье-Стокса. Оказалось, что операторы обратной связи у стартового управления и распределенного управления, т.е. управления в правой части уравнения в случае системы Озеена отличаются лишь множителем. При этом полученное распределенное управление стабилизирует не только систему Озеена, но также и систему Навье-Стокса.

Для системы Озеена получена стабилизация посредством импульсного управления, когда на величину импульсов наложено ограничение.

Список литературы

- [1] *Fursikov A.V.* The simplest semilinear parabolic equation of normal type // Mathematical control and Related Fields(MCRF),(online) 23p.
- [2] *Fursikov A.V.* On one semilinear parabolic equation of normal type // Proceedings volume "Mathematics and life sciences", De Gruyter, p.1-13.

В.Я. Галин

Химико-климатическая модель атмосферы

Исследовалась причина несоответствия изменений температуры и озона на высоте около 50 км данным наблюдений и результатам других известных моделей. Было проведено большое число численных экспериментов по оценке влияния радиации, динамики, параметризации сопротивления гравитационных волн, солнечной активности, граничных условий, схемы переноса примесей на изменения температуры и озона на указанной высоте. Ни один из них не показал значимый вклад в нужные тренды в атмосфере.

Оказалось, что большую роль в этой проблеме играют фреоны. Эта роль была открыта американскими химиками, за что им была присуждена нобелевская премия. Фреоны возникают у поверхности Земли в результате деятельности людей, без видимых изменений поднимаются до высот стратосферы и только там вступают в химические реакции. Включение в нашу модель эффекта фреонов дала возможность разрешить задачу несоответствия результатов модели данным наблюдения, привело к устранению серьезной ошибки модели.

Е.М. Володин

Развитие модели климата ИВМ РАН

Проанализирована вероятность возникновения экстремально высоких летних температур в модели климата и природе в современном климате, а также в модели климата при глобальном потеплении. Показано, что на континентах северного полушария в умеренных широтах существуют области, где повышение самых высоких летних температур при глобальном потеплении происходит

примерно в 2 раза быстрее, чем повышение средней за лето температуры. Механизм этого обусловлен взаимодействием аномалий температуры воздуха и влагосодержания почвы.

С моделью климата проведен ансамбль десятилетних расчетов с различных начальных данных с целью оценки потенциальной предсказуемости естественной изменчивости климата. Показано, что большой потенциальной предсказуемостью обладают меридиональные потоки тепла в глобальном океане и в отдельных бассейнах. Так, отношение сигнала к шуму для потока тепла в приполярных широтах Южного океана составляет 5-10, а для потока тепла в Северной Атлантике 1-2. Температура поверхности предсказуема гораздо хуже. Отношение сигнала к шуму большее единицы можно видеть только в умеренных широтах Южного океана и в отдельных местах на севере Тихого и Атлантического океанов.

С моделью климата проведен ансамбль численных экспериментов по прогнозированию естественных колебаний климата на срок до 30 лет, с реальных данных океана, наблюдавшихся в начале 1995 г. (данные реанализа SODA). Начальное состояние атмосферы никак не привязывалось к наблюдениям начала 1995 г. и было взято из модельного преиндустриального эксперимента. Всего было проведено 10 численных экспериментов, в которых варьировалось начальное состояние атмосферы. Показано, что 9 из 10 членов ансамбля предсказывают отрицательный индекс тихоокеанского десятилетнего колебания (ТДК) в течение 1996-2000 гг. Показано также, что 8 из 10 членов ансамбля предсказывают положительную аномалию температуры в атлантическом секторе Арктики в 1996-2010 гг.

Создана и реализована на суперкомпьютере "Ломоносов" новая версия модели климатической системы, с разрешением в атмосфере 1.25x1 градус и 21 уровень, в океане 0.167x0.125 градуса и 40 уровней. Оптимальное количество процессоров для счета такой модели составляет порядка 1000. Модель находится в стадии отладки.

Н.А. Дианский

Применение σ -модели общей циркуляции океана для расчётов термохалинного состояния и течений в различных акваториях Мирового океана

Проведены расчеты климатической изменчивости циркуляции Мирового океана с атмосферным воздействием, рассчитанным по данным CORE в период

1958-2010 гг. с помощью гидродинамического моделирования с реальным атмосферным воздействием по σ -модели ИВМ РАН со смещенными полюсами с разрешением $1^\circ \times 0.5^\circ \times 40$.

Результаты расчетов климатической циркуляции Мирового океана сроком на 100 лет хорошо согласуются с наблюдениями и результатами других моделей с близкими характеристиками.

Расчеты по воспроизведению глобальной циркуляции океана с 1948 по 2007 гг. с использованием атмосферных данных CORE за указанный период показали, что индекс Атлантической термохалинной циркуляции (АТХЦ) имеет ярко выраженные декадные изменения, согласованные с изменением меридионального переноса тепла. Индекс АТХЦ имеет приблизительно десятилетний сдвиг по отношению с индексом Атлантической мультideкадной осцилляции (АМО).

Проведены расчеты распространения загрязняющих веществ (ЗВ) в Тихом океане от японского побережья из-за аварии на АЭС "Фукусима-1", произошедшей 11.03.2011 г. Для расчета циркуляции использовалась σ -модель ИВМ РАН, настроенная на акваторию Тихого океана от экватора до Берингова пролива с высоким пространственным разрешением $(1/8)^\circ$, способная воспроизводить мезомасштабную изменчивость океана. Расчет реального атмосферного воздействия проводился по данным анализа NCEP, получаемым из Гидрометцентра РФ. При этом проводилось упрощенное усвоение наблюдаемой ТПО. Характер переноса ЗВ от АЭС "Фукусима-1" показал, что радиоактивное загрязнение будет распространяться в восточном направлении и не представляет угрозы для российской территории. Более того, превышение фонового значения загрязнения, даже при завышенном сценарии выброса ЗВ, наблюдается только в узкой области у японского побережья шириной не более 50 км.

Проводились серии расчетов циркуляции Северной Атлантики с помощью σ -модели $0.16^\circ \times 0.08^\circ \times 20$ разрешения. Вихреразрешающая модель существенно лучше воспроизводит вихревую структуру и положение течения Гольфстрим, в котором скорости в вихреразрешающей модели приблизительно в 1,5 раза больше чем в модели с вихредопускающим разрешением 0.25° . Так в модели с разрешением $0.16^\circ \times 0.08^\circ$ образуются вихри и меандры, которые слабо выражены в модели с разрешением 0.25° .

Проведены и проанализированы результаты воспроизведения циркуляции Черного моря с помощью модели с пространственным разрешением ~ 4 км. Результаты численного моделирования показывают хорошее соответствие данным наблюдений, а также результатам расчета динамики Черного моря по модели МГИ НАНУ.

Продолжены работы по изучению особенностей циркуляции Японского моря

в рамках проекта РФФИ 11-05-90722 по стажировке н.с. Степанова Д.В. из Тихоокеанского океанологического института (ТОИ) им. В.И. Ильичева ДВО РАН.

Список литературы

- [1] *Мошонкин С.Н., Алексеев Г.В., Дианский Н.А., Гусев А.В., Залесный В.Б.* Моделирование климатической изменчивости притока вод Атлантики в Северный Ледовитый океан и запаса пресных вод в круговороте Бофорта // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т.47, № 5. С.678-692.
- [2] *Мошонкин С.Н., Алексеев Г.В., Гусев А.В., Дианский Н.А., Залесный В.Б., Пнюшков А.В.* Моделирование климатических процессов в Арктическом бассейне / Вклад России в МПГ 2007/08. Первые результаты // Метеорологические и геофизические исследования. – М.: Европейские издания, 2011, 130-149.
- [3] *Толстых М.А., Дианский Н.А., Гусев А.В., Киктев Д.Б.* Воспроизведение атмосферной циркуляции на сезонных масштабах с помощью совместной модели атмосферы и океана // Труды международной научной конференции "Параллельные вычислительные технологии". 2011. С.322-333.
- [4] *Толстых М.А., Дианский Н.А., Гусев А.В., Киктев Д.Б.* Совместная модель атмосферы и океана для сезонного прогноза // Избранные труды международной молодежной школы и конференции "СITES-2011" по вычислительным и информационным технологиям для наук об окружающей среде. 2011.
- [5] *Moshonkin S.N., Alekseev G.V., Bagno A.V., Gusev A.V., Diansky N.A., Zalesny V.B.* Numerical simulation of the North Atlantic-Arctic Ocean-Bering Sea circulation in the 20th century // Russ. J. Numer. Anal. Math. Model. 2011. V. 26, № 2. P.161-178.
- [6] *Дианский Н.А., Гусев А.В., Фомин В.В.* Особенности распространения загрязнений в северо-западной части Тихого океана // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2012. Т.48, №2.
- [7] *Горчаков В.А., Дианский Н.А., Рябченко В.А.* Моделирование сезонной изменчивости морской экосистемы в районе Центрально-Восточной Атлантики // Океанология. 2012. (В печати.)

- [8] *Johnson M., Proshutinsky A., Aksenov Y., Nguyen A.T., Lindsay R., Haas C., Zhang J., Diansky N., Kwok R., Maslowski W., Hakkinen S., Ashik I., de Cuevas B.* Evaluation of Arctic sea ice thickness simulated by AOMIP models // *Journal of Geophysical Research - Oceans*. 2012. (В печати.)
- [9] *Zalesny V.B., Diansky N.A., Fomin V.V., Moshonkin S.N. Demyshev S.G.* Численная модель циркуляции Черного и Азовского морей // *Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling*. 2012. V. 27. (В печати.)

С.В. Кострыкин

Теоретическое и численное исследование течений в тонких слоях вязкой жидкости

Исследовались нелинейные эффекты, связанные с затуханием течений в тонком слое вязкой жидкости. Известно, что такие течения приближенно можно описать двумерными уравнениями для осредненных по вертикали величин, где вертикальная диффузия параметризуется с помощью коэффициента рэлеевского трения. Но при достаточно малых числах Рейнольдса придонный погранслоем будет достаточно узким и в приповерхностном слое жидкости возникнет циркуляция в вертикальной плоскости [1]. Как повлияет эта циркуляция на затухание жидкости? Для численного исследования этого вопроса используется модель неосесимметричного течения Кармана [2], в основе которой лежит система дифференциальных уравнений в частных производных, зависящих только от одной вертикальной координаты и времени. По построению любое решение этой системы также является точным решением 3-мерных уравнений Навье-Стокса. Данная система интегрируется по времени с использованием схемы "кабаре" [3].

Показывается, что существуют два режима затухания жидкости — нелинейный и линейный. В нелинейном режиме пока погранслоем меньше, чем глубина жидкости, течение затухает по степенному закону. В линейном режиме придонный погранслоем распространяется на весь слой жидкости и поэтому течение затухает по экспоненциальному закону от времени. Результаты численных экспериментов качественно совпадают с результатами лабораторных экспериментов, проводимых в ИФА РАН.

Известно, что качество воспроизведения климата может сильно зависеть от численного метода, используемого в климатической модели. Более того климатические модели предъявляют определенные требования к численным схемам. В частности, для схем используемых для описания переноса примеси,

предполагают их консервативность, монотонность и численную эффективность. Одним из наиболее подходящих кандидатов для решения данной задачи, по-видимому, является схема "кабаре" [3]. Многомерный вариант схемы "кабаре", обладающий свойством монотонности (положительности) [4] внедрен в химико-транспортный блок глобальной климатической модели ИВМ РАН. При сравнении с данными наблюдений HALOE показано улучшение в воспроизведении климатических характеристик некоторых атмосферных составляющих: метана, озона, хлороводорода, особенно значимое в стратосфере. Также по сравнению со старой версией улучшилось описание сезонного хода общего содержания озона в тропиках и высоких широтах.

Список литературы

- [1] *Cieslik A.R., Kamp L.P.J., Clercx H.J.H., van Heijst G.J.F.* Three-dimensional structures in a shallow flow // *Journal of Hydro-environment Research*. 2010. 4. 89-101.
- [2] *Hewitt R.E., Al-Azhari M.* Non-axisymmetric self-similar flow between two rotating disks // *J. Eng. Math.* 2009. 63. 259-277.
- [3] *Головизнин В.М., Карабасов С.А., Кобринский И.М.* Балансно-характеристические схемы с разделенными консервативными и потоковыми переменными // *Мат. моделирование*. 2003. Т. 15, № 9. С.29-48.
- [4] *Кострыжин С.В.* Модификация и внедрение схемы "кабаре" в совместную климатическую модель ИВМ РАН // *Избранные труды международной молодежной школы и конференции CITES-2011, Томск, Россия, 3-13 июля 2011*, 85-88.
- [5] *Grooth J.-U., Russell III J.M.* Technical note: A stratospheric climatology for O_3 , H_2O , CH_4 , NO_x , HCl and HF derived from HALOE measurements // *Atmos. Chem. Phys.* 2005. 5. 2797-2807.

Е.В. Дмитриев, В.В. Козодёров

Моделирование биологических и продукционных характеристик лесов Европейской части России

Проведена работа по формированию базы данных биологических и продукционных характеристик лесов Европейской части России, включающая в себя систематизацию данных по биопродуктивности лесов на территории России, предоставляемых Московским государственным университетом леса и Международным институтом прикладного системного анализа, первичную статистическую обработку данных и создание дополнительной региональной базы данных по наземным измерениям.

Для систематизации были привлечены данные по биомассе фракций лесных насаждений и модельные данные хода роста и изменения биопродуктивности. Исходные данные были представлены в специализированных форматах, обеспечивающих удобство обработки в системе Matlab. Для проведения текущих и последующих исследований были реализованы процедуры, позволяющие производить извлечение различных групп данных и первичный статистический анализ.

Основное внимание при систематизации данных было уделено исследованию репрезентативности различных подгрупп. В первую очередь это наличие достаточной статистики в интересующем нас регионе – зоне хвойно-широколиственных лесов и таежной зоне Европейской части РФ. При создании базы данных по биомассе фракций древесной растительности было показано, что в целом данный регион покрыт данными достаточно хорошо. Наибольшее число данных имеется для зоны хвойно-широколиственных лесов. Далее следуют лесостепь и таежные зоны. При рассмотрении покрытия для различных подгрупп (отдельные породы, градации бонитета, возрастные группы и т.п.), в некоторых случаях выявляется недостаточная репрезентативность. При недостаточно большой статистике в регионе интереса, можно использовать данные по таежной зоне Азиатской части и лесостепной зоне Европейской части РФ (последнее менее желательно). Таким образом, для указанных зон репрезентативность также исследуется.

Рассмотрение репрезентативности по главным породам показало, что 16-ти пород в зоне интереса хорошо представлены такие, как ель, сосна и липа. Дуб и береза представлены приемлемо. Для осины и лиственницы желательно использовать данные из зоны интереса по РФ. Мало данных по ольхе черной. Менее всего данных для ясеня. В дополнение к этому, получены данные по репрезентативности для участков, которых указан чистый породный состав. Выявлено,

что для интересующего нас региона значимую статистику, по которой можно делать какие-либо оценки имеет только сосна. Для остальных пород необходимо будет рассмотреть задачи построения параметризаций с использованием данных по всем экорегионам РФ и с использованием предположения о том, что если породный состав не указан, то мы имеем участок, содержащий только главную породу.

Однородность возрастной структуры является обнадеживающим условием при рассмотрении участков с неуказанным породным составом. Содержащиеся в базе данных количество записей по разновозрастным участкам составляет менее 3% от общего числа данных. Похожий результат получается при рассмотрении репрезентативности данных по интересующим нас древостоям семенного происхождения. Исследование репрезентативности данных по лесотипологическим характеристикам показало, что наибольшее число данных имеется для зеленомошных, разнотравных, лишайниковых, брусничных и осоковых древостоев. Таким образом, в данных по биомассе имеется статистика практически по всем основным лесным типологиям.

Показана репрезентативность по всем основным градациям бонитета. В исходной базе данных градации бонитета определены не четко. Кроме принятых подградаций высшего и низшего бонитетов (Ia, Ib, Va, Vb и т.д.), используются обозначения бонитетных интервалов, например, I-II или II-III. В связи с этим созданы таблицы репрезентативности данных по всем типам бонитета и по основным градациям бонитета, с разбиением по различным группам экорегионов и главным породам. Созданные систематизированные базы данных представлены в виде структур Matlab. Разработана блок схема и подробное описание. В целом, данные разделяются на описательную часть, цифровые данные и текстовые данные. Для каждого типа текстовых параметров выделены уникальные значения и рассчитаны соответствующие числа вхождения, что значительно облегчает их дальнейшую статистическую обработку.

Базы модельных данных также были адаптированы к использованию в системе Matlab. При систематизации и построении структур были учтены их особенности, связанные с исходными моделями. Таким образом, схема организации модельных данных отличается от данных по биомассе. Модельные данные были разделены на переменные и параметры, зависящие от этих переменных. Для каждого параметра приводится его кодовое наименование, описание, единица измерения и многомерные таблицы со значениями для каждой древесной породы. Созданы базы исходных и интерполированных данных, отдельно для нормальных насаждений и с произвольной полнотой. Обоснован выбор методики интерполяции.

Проведение первичного статистического анализа включает в себя решение задач обнаружения явных выбросов в данных, распределение по основным переменным, проверка согласованности данных. Таким образом, были построены распределения всех параметров в зависимости от возраста и полноты насаждений и показана возможность построения параметризаций биопродуктивности. Выявлены записи в которых имеются явные или вероятные выбросы тех или иных параметров. Проведена проверка на согласованность параметров. Выявлены и затабулированы несоответствия между расчетными значениями бонитета. Оценена величина несоответствия и произведена группировка записей, с возможными ошибками. Также проведено согласование таких параметров, как диаметр, высота, число стволов, сумма сечений и запас древесины. Выявленные несоответствия записаны и отображены на графиках. Проведенная работа позволяет существенно улучшить построенные базы данных.

Проведен поиск дополнительных локальных данных по наземным измерениям биологических и продукционных характеристик лесов Европейской части России. В результате созданы базы данных по выделенным лесничествам Тверского лесхоза. Выбор данного региона обусловлен тем, что наземная информация должна быть согласована с районами проведения измерительных кампаний по гиперспектральному аэрозондированию. Приведено описание имеющихся данных лесотаксации по 3-м лесничествам Тверского лесхоза: Савватьевскому, Чуприяновскому и Пушкинскому, соответствующих картосхем и планшетных карт. Также получены уникальные геоботанические описания для 33 лесных выделов указанных выше лесничеств Тверского лесхоза, включающие в себя: дату описания; название ассоциации; географическое положение; площадь, описание мезорельефа, почвы и гумусового горизонта; формулу древостоя; описание ярусов деревьев, кустарников и надпочвенного покрова, с оценкой обилия по Браун-Бланке. Получены данные фотографирования проекций и ажурности крон деревьев.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ №09-05-00171-а и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы г.к. № 14.740.11.1091.

В.Б. Залесный

Математическое моделирование динамики океана и вариационная ассимиляция данных наблюдений

1. Решена задача моделирования циркуляции Мирового океана с четырехмерной вариационной ассимиляцией полей температуры и солености. Уравне-

ния модели записаны в σ -системе координат на сфере с Северным полюсом, смещенным в точку континента (60 в.д., 60.5 с.ш.). Модель состоит из двух частей: прямой прогностической модели и ее сопряженного аналога. Численный алгоритм решения прямой и сопряженной модели основан на методе многокомпонентного расщепления. Метод включает расщепление по физическим процессам и геометрическим координатам.

Выполнены три серии вычислительных экспериментов: (1) тестовое решение задачи 4-мерной вариационной ассимиляции; (2) моделирование циркуляции Мирового океана с вариационной ассимиляцией климатических полей температуры и солености; (3) моделирование циркуляции Мирового океана с вариационной ассимиляцией климатических полей температуры и солености и данных буев Арго. Результаты расчетов показывают адекватность воспроизведения циркуляции Мирового океана с процедурой четырехмерной ассимиляции данных наблюдений.

Работа проведена в рамках бюджетной темы "Математическое моделирование динамики океана и вариационная ассимиляция данных наблюдений".

2. Разработана численная модель динамики Черного и Азовского морей. Уравнения модели записаны в сферической σ -системе координат со свободной поверхностью, в приближениях гидростатики и Буссинеска. Уравнения динамики моря записаны в симметризованной форме. Вычислительный алгоритм основан на методе расщепления по физическим процессам и пространственным координатам. Задача расщепляется на ряд энергетически сбалансированных подсистем – модулей.

Проведен численный расчет гидрофизических полей Черного и Азовского морей с пространственным разрешением ~ 4 км и 40 уровнями по вертикали. Результаты показывают хорошее соответствие данным наблюдений, а так же расчетам динамики Черного моря по модели МГИ НАНУ. Представленную модель предполагается использовать в дальнейшем при развитии системы мониторинга и оперативного прогноза циркуляции вод Черного и Азовского морей.

Работа проведена в рамках совместного проекта РАН и НАНУ "Черное море как имитационная модель океана".

Список литературы

- [1] *Марчук Г.И., Залесный В.Б.* Моделирование циркуляции Мирового океана с 4-х мерной вариационной ассимиляцией полей температуры и солености // Известия РАН, ФАО. 2012.

Численное моделирование изменчивости морского льда по данным CORE 1958-2006 гг.

Рассмотрены характеристики площади и толщины морского льда на основе расчетов за 1958-2006 гг., данных спутниковых наблюдений и новых данных сонаров вертикального направления. Использовалась сигма-модель динамики Северного Ледовитого и Атлантического океанов, записанная в повернутой сферической системе координат с разрешением $0.25^\circ \times 0.25^\circ \times 27$ уровней и модель динамики-термодинамики морского льда с упруго-вязко-пластичной реологией. Радиационные потоки и поля приводного слоя атмосферы взяты из данных CORE за 1958-2006 годы.

Спутниковые данные многоканальной микроволновой радиометрии доступны за период с ноября 1978 г. и до текущего момента. Максимальная площадь арктического морского льда по данным наблюдений составляет 12.8-14 млн. км², минимальная — 3.2-5.8 млн. км². В модели за период 1978-2006 гг. минимальная площадь чуть меньше — 3.0-5.2 млн. км². Имеющийся тренд уменьшения площади льда встречается во многих моделях и связан с завышением расчетного притока в Северный Ледовитый океан теплых атлантических вод. Область распространения морского льда (площадь области, ограниченной кромкой льда) по спутниковым данным в Северном полушарии достигает 14.5-16 млн. км² в феврале-марте и 4.5-8 млн. км² в августе-сентябре. Среднее значение этой величины в модели в сентябре на 0.3 млн. км² больше. В целом, модель хорошо воспроизводит сезонный ход площади ледового покрова. Сравнение области, занятой льдом в сентябре показало, что модель качественно воспроизводит межгодовую аномалию площади льда, но примерно раз в 5 лет расчеты дают другой знак. Это может быть связано с 5-летним климатическим циклом изменчивости многих интегральных характеристик морского льда.

В настоящее время появились массивы среднемесячных данных толщины льда за 2003-2008 гг. (Kwok e.a., 2009) на основе данных по сонарам вертикального направления (ULS) — мобильным и заякоренным, береговым станциям и дрейфующим буям. Сравнение расчетов с результатами моделей АОМIP (Proshutinsky e.a., 2011) и данными наблюдений показывает, что во всех моделях хорошо воспроизводится временной ход массы льда, но средняя по времени масса и толщина льда в моделях разные для рассматриваемой области. Это говорит о том, что атмосферный форсинг у всех идентичен, а коэффициенты термодинамики льда и океанские условия несколько различаются. Модель несколько завышает скорость роста толщины льда в период сентябрь-декабрь

в районе сибирского шельфа, где преобладает термодинамический фактор ле- дообразования. Сравнение с новыми данными по толщине льда показало, что модель хорошо воспроизводит характеристики морского льда, но завышает тол- щину льда и его массу в центральной части Арктики (море Бофорта).

Список литературы

[1] *Moshonkin S. N., G. V. Alekseev, A. V. Bagno, A. V. Gusev, N. A. Diansky, V. B. Zalesny.* Numerical simulation of the North Atlantic - Arctic Ocean - Bering Sea circulation in the 20th century // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2011. V.26. Issue 2. P.161-178.

Proshutinsky A., Aksenov Y., Clement Kinney J., Gerdes R., Golubeva E., Holland D., Holloway G., Jahn A., Johnson M., Popova E., Steele M., Watanabe E. Recent advances in Arctic ocean studies employing models from the Arctic Ocean Model Intercomparison Project // Oceanography. 2011. 24(3):102-113.

А.Е. Алоян

Математическое моделирование газовой и аэрозольной динамики в тропосфере и нижней стратосфере

1. Построена новая усовершенствованная модель динамики многокомпонент- ных газовых примесей и аэрозолей в тропосфере и нижней стратосфере с учётом кинетических процессов трансформации. В базовую модель включены следующие новые физические механизмы, ответственные за изменчивость концентра- ций газовых примесей и аэрозолей в атмосфере: а) низкотемпературные гете- рогенные химические реакции с учётом процессов на поверхности и в объёме жидких сульфатных частиц, б) изменчивость ионного состава жидких сульфат- ных частиц в зависимости от спектра размеров.

По разработанной модели проводились численные эксперименты для иссле- дования пространственно-временной изменчивости концентрации газовых при- месей и сульфатных аэрозолей с учётом спектра их размеров в Южном и Се- верном полушариях. Использовались заданные значения антропогенных (SO_2 , NO_x , CH_4) и биогенных (H_2S , CS_2 , COS , CH_3SCH_3 , CH_4) эмиссий на поверх- ности земного шара. В цепочках химических реакций участвуют 52 вещества

в газовой и 51 вещество в жидкой фазах. Численные расчёты по разработанной модели проводились на сетке ($144 \times 73 \times 20$): 144 узлов по долготе, 73 – по широте и 30 вертикальных уровней. Область достигает до высоты 46 км от поверхности земли. Используются 25 дискретных интервалов для распределения размеров аэрозольных частиц в диапазоне радиусов от 0.003 до 1.5 микрон. Поля скорости, температуры и удельной влажности взяты из базы данных Европейского центра среднесрочных прогнозов за 2002 г.

Анализ результатов численных экспериментов свидетельствует о том, что спектр и ионный состав аэрозольных частиц имеют заметный суточный ход (особенно в нижней тропосфере). Показано, что подъем от нижней к верхней границе Юнге ведет к нарастанию концентрации серной кислоты в частицах аэрозоля, а на больших высотах (~ 25 км) – к их полному испарению. В частности, рост температуры и содержания серной кислоты в аэрозольных частицах сопровождается значительным снижением растворимости этих газов. Отчасти, с этим и связано то, что явление галогенной активации впервые наблюдалось именно в Антарктиде. Расчёты проводились для срока в 5 дней. Некоторые алгоритмы базовой модели описаны в [1].

2. Построена новая усовершенствованная модель фотохимической трансформации, учитывающая выбросы газовых веществ от очагов горения биомассы. Поля течения и турбулентные характеристики атмосферы вычисляются по ранее разработанной гидродинамической модели мезомасштабных атмосферных процессов с учётом тепловых выбросов от очагов горения биомассы. В химическом блоке модели учитываются 92 газовых компонента. Расчёты проводились при заданных значениях эмиссии для 17 газовых компонентов. По разработанной модели проводились численные эксперименты для воспроизведения пространственно-временной изменчивости газового состава атмосферы при лесных и торфяных пожарах.

3. Процессы перемешивания, которым подвержены химические вещества в атмосфере, имеют широкий диапазон пространственно-временных масштабов. Их можно разделить на два типа: крупномасштабное перемешивание и перенос (описывается уравнением турбулентной диффузии и адвекции) и мелкомасштабное перемешивание (важно при протекании химических реакций). С использованием одномерной модели пограничного слоя атмосферы, уравнения энергии турбулентности и диссипации и трёхмерного уравнения турбулентной диффузии проводились исследования по оценке влияния мелкомасштабной турбулентности на скорость химических реакций. Результаты численных экспериментов показали, что если корреляционный член двух веществ положителен, то это усиливает реакцию, а при отрицательных значениях скорость реакции

замедляется. Если в атмосфере такие колебания отсутствуют или не коррелируют между собой, то средняя скорость реакции определяется средними концентрациями. Проводились также предварительные численные эксперименты по оценке влияния конвективной турбулентности на скорость химических реакций в атмосфере с использованием уравнения Навье-Стокса несжимаемой жидкости. В данном случае конвективный пограничный слой – это химическая среда, в котором газовые вещества перемешаны не полностью. Для простейших случаев оценено влияние конвективной турбулентности на химические реакции в пограничном слое атмосферы с использованием безразмерного числа Дамкёлера и числа Колмогорова–Дамкёлера. Эти исследования будут продолжены в 2012 году.

Список литературы

- [1] *Марчук Г.И., Алоян А.Е., Ермаков А.Н., Арутюнян В.О.* Математическое моделирование формирования сульфатных аэрозолей в тропосфере и нижней стратосфере // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2012. №1. С.54-66.

В.О. Арутюнян

Математическое моделирование лесных и торфяных пожаров на основе усовершенствованного химического механизма

Построена новая усовершенствованная модель фотохимической трансформации, учитывающая выбросы газовых веществ из очагов горения биомассы. Поля течения и турбулентные характеристики атмосферы вычисляются по гидродинамической модели мезомасштабных атмосферных процессов с учётом тепловых выбросов из очагов горения биомассы. Основное внимание уделено фотохимическим процессам, протекающим при торфяных пожарах, так как их описание в моделях лесных пожаров или упрощённое или же отсутствует вообще. Для более полного описания химических превращений в модели лесных и торфяных пожаров химические реакции модели были существенно расширены за счёт включения недостающих стадий с участием ряда компонентов семейств органических веществ. В химическом блоке модели учитываются 92 газовых компонента, связанные с горением биомассы. Расчёты проводились при

заданных значениях эмиссии для 17 газовых компонентов. Использованный перечень первичных компонентов семейства неметановых органических соединений и продукты их химических и фотохимических превращений с достаточной полнотой передаёт разнообразие спектра органических веществ естественного и антропогенного происхождения в атмосфере, учитывающих экстремальные ситуации лесных и торфяных пожаров.

По разработанной модели проводились численные эксперименты для воспроизведения пространственно-временной изменчивости газового состава атмосферы в периоды лесных и торфяных пожаров. Разработанный комплекс моделей может быть использован для мониторинга окружающей среды с целью оценки вторичного загрязнения атмосферы токсичными веществами вследствие фотохимической трансформации.

В.В. Козодеров

Вычислительная технология распознавания природно-техногенных объектов и восстановления параметров биологической продуктивности лесной растительности по данным гиперспектрального аэрозондирования

В настоящее время не составляет большого труда получить космические снимки разного пространственного разрешения для практически любой территории, цифровые данные этих снимков и даже программные средства (расчетные коды) их обработки. Однако если ориентироваться на прорывные технологии по использованию данных аэрокосмического зондирования, то здесь наиболее перспективны два направления: гиперспектральное зондирование, а для лесных экосистем использование также данных лазерного сканирования (активные системы) для восстановления вертикальной структуры растительного полога.

Стремление мировых корпораций к созданию космических систем как можно более высокого пространственного разрешения (лучше 1 м) при сравнительно небольшом числе спектральных каналов. Для приложений используется вычислительная среда ESRI (Environmental Systems Research Institute) - название дано американской компанией, которая существует на мировом рынке уже около 40 лет. Программная составляющая в этой среде невелика по сравнению с вкладом специалистов в области географии, геодезии, картографии и смежных наук. Роль и место данных гиперспектрального аэрокосмического зондирования не ясны, но преобладают приложения методов вычислительной математики в

среде Matlab, в которой имеются возможности гибкого расширения существующего программного обеспечения обработки данных.

В России использование данных аэрокосмического зондирования обычно увязывают с неправительственной ГИС-Ассоциацией, информационно-технологическим центром "Сканэкс" и другими дистрибьютерами зарубежной космической информации и средств ее обработки (ERDAS, ENVI и др.). Наиболее эффективные решения здесь видятся в распространении программных продуктов и информационной продукции, поставляемых из-за рубежа. Имеется необходимость повышения роли отечественных разработок, касающихся моделей формирования уходящего излучения, регистрируемого аппаратурой гиперспектрального зондирования, для распознавания природно-техногенных объектов и восстановления параметров, характеризующих биологическую продуктивность растительного покрова. Конечная цель соответствующих исследований - параметризация средообразующей роли лесной растительности в моделях климата.

На основе этих новых подходов отрабатываются составные элементы вычислительной технологии распознавания природно-техногенных объектов и восстановления параметров, характеризующих состояние лесной растительности разного породного состава (объем фитомассы листвы/хвои и др.) по гиперспектральным изображениям. При этом используется функциональное описание регистрируемых данных гиперспектрального зондирования без упрощенных представлений об однородности лесного полога, но с возможностью привлечения дополнительных экспериментальных данных (для приходящего излучения и объектов разного возраста, породного состава и т.д.). Обосновываются вычислительные процедуры распознавания объектов при обработке конкретных гиперспектральных изображений на основе обучающих выборок (samples) с оптимизацией числа спектральных каналов при заданной точности распознавания. В конечном итоге производится обращение основного функционала уходящего излучения, регистрируемого аппаратурой гиперспектрального зондирования, и восстановление указанных параметров для каждого элемента разрешения класса "лесная растительность".

В.Д. Егоров

Новый подход к распознаванию типов лесной растительности по данным дистанционного зондирования с использованием наземных данных гиперспектральных измерений

Продолжено развитие комбинированной модели распознавания типов лесной растительности и вообще распознавания типов поверхности по дистанционным

данным гиперспектральных измерений, т. е. измерений, осуществляемых аппаратурой, которая имеет десятки и сотни каналов на разных длинах волн: у нас это видимая и ближняя ИК область спектра.

Для развития предложенной в прошлом году комбинированной модели распознавания типов лесной растительности по данным гиперспектральных измерений [1],[2], которая включает как критерий близости в евклидовой норме спектров, соответствующих текущим пикселям обрабатываемого гиперспектрального изображения эталонным спектрам из создаваемых заранее баз данных, так и новый критерий близости смещения спектров по длинам волн в диапазоне 670 нм - 780 нм вблизи максимума поглощения хлорофилла, эталонным смещениям спектров из создаваемых баз данных по заданным типам растительности, были использованы данные измерений 2010 года новой 232-канальной гиперспектральной камерой. Это данные самолетных измерений в районе Тверской области в 2010 году и, кроме того, осуществленные этой же гиперспектральной камерой наземные измерения с вышки разных участков лесной территории. Располагая данными гиперспектральных измерений ГСК 232 с вышки, предпринята попытка изучить спектральные свойства изображений, полученные с расстояния в несколько десятков метров участков лесной территории, где заведомо известны типы поверхностей: хвойная растительность, лиственная растительность и т.д.

Поскольку конечной целью является распознавание типов подстилающих поверхностей по данным самолетных измерений, а в дальнейшем возможно и спутниковых, то был продемонстрирован сначала один из треков, снятых 232-канальной камерой с борта самолета с высоты примерно 1,5 км. представлены несколько фрагментов данных снятых этой гиперспектральной камерой с вышки. Это 191-й канал гиперспектральных изображений, как и в случае самолетного трека. Но имеются по этим фрагментам территории и данные фотосъемки или им аналогичные, например, RGB - изображения, построенные по трем каналам. При использовании данных фотосъемки местности были выбраны участки с разным типом лесной растительности (около 20). Спектры, соответствующие пикселям каждого из участков были обработаны (это от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч спектров для каждого участка). Результаты этой обработки представлены в виде средних спектров и дисперсий по каждому из участков. Несколько участков представляют ярко выраженную хвойную растительность. Ряд участков представляют лиственную растительность, в том числе при сильном солнечном освещении. Для окончательного анализа и построения базы данных для схемы распознавания отбирались лишь участки с ярко выраженной хвойной, лиственной растительностью и т.д. Получены результаты

обработки спектров для водной поверхности с пониженной интегральной яркостью и для болотно-луговой растительности с повышенной интегральной яркостью, но для этих участков смещения спектров не рассчитывались. Каждый из 12 классов разбивался на 4 подкласса в зависимости от величины интегральной яркости спектров, так что созданные на основе такой обработки базы данных включают до 48 разных классов или типов поверхности. Средние смещения спектров, рассчитанные для отобранных участков в диапазоне 670 нм - 780 нм и вошедшие в базу данных представлены и составляют примерно от 705 нм до 765 нм. На основе построенных в результате такой обработки спектров баз данных для схемы распознавания были осуществлены расчеты по комбинированной модели распознавания типов главным образом лесной растительности.

Хорошо распознаются ярко выраженная хвойная и лиственная растительность, что подтверждается результатами фотосъемки участков с близкого расстояния. Здесь распознавание осуществляется в комбинированной модели по смещениям спектров. Болотно - луговая растительность хорошо распознается по евклидовой норме. Если проводить распознавание разных типов поверхности, не обязательно лесной растительности, то базу данных с эталонными спектрами нужно расширять, чтобы она включала такие типы поверхностей.

Получены результаты обработки комбинированной моделью самолетных гиперспектральных данных, снятых той же 232-канальной камерой. Так, представленный самолетный трек, был разбит на 3 фрагмента. Хорошо распознается водная поверхность реки; распознавание в комбинированной модели проведено по близости спектров в евклидовой норме. Интересны два результата распознавания типов поверхности для этого фрагмента, в которых использованы разные способы нахождения смещения спектров. Несмотря на разные способы нахождения смещений спектров результаты распознавания оказались близкими. Сделано заключение, что оба способа нахождения смещений спектров адекватны.

Список литературы

- [1] *Козодеров В.В., Егоров В.Д.* Распознавание растительности по данным гиперспектрального аэрозондирования // Исследование Земли из космоса. 2011. №3. С.40-48.
- [2] *Kozoderov V.V., Egorov V.D.* Vegetation Pattern Recognition Using Hyperspectral Air Sounding Data // Izvestiya Russian Academy of Sciences, Atmospheric and Oceanic Physics. Pleiades Publishing Ltd. 2011. V. 47, №9. P.1135-1142.