

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука
Российской академии наук

“Утверждаю”

Директор ИВМ РАН
академик Тиртышников Е.Е.

" ____ " _____ 2020 г.

О Т Ч Е Т

**Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука
Российской академии наук**

(ИВМ РАН)

о научной и научно-организационной деятельности

в 2020 году

Москва-2020

Содержание

1. Результаты фундаментальных и прикладных исследований ИВМ РАН, имеющие первостепенное значение	3
2. Крупные результаты научных исследований ИВМ РАН	4
3. Основные исследования и разработки ИВМ РАН, готовые к практическому применению	8
4. Результаты исследований по актуальным направлениям, полученные сотрудниками ИВМ РАН	8
5. Премии, награды и почётные звания, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2020 году	23
6. Международные научные связи	24
7. Научно-организационная деятельность ИВМ РАН	24
8. Семинары	26
9. Математический центр	26
10. Публикации сотрудников в 2020 году	27
11. Конференции: организация и участие	42
12. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2020 году	53

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

Методом общего решения числового поля (GNFS) получено разложение числа RSA-232. На линейном этапе алгоритма использовалось программное обеспечение, полностью разработанное в ИВМ РАН. Вычисления производились с использованием суперкомпьютеров “Ломоносов-2” МГУ имени М.В. Ломоносова и “Жорес” Сколтеха.

Аннотация

Выбор полинома, просеивание, фильтрация и извлечение квадратного корня осуществлялись с помощью библиотеки CADO-NFS. Решение линейной системы над полем GF(2) было произведено разработанной в ИВМ РАН параллельной реализацией блочного метода Ланцоша-Монтгомери. Система имела размеры примерно 317 миллионов со средним числом ненулевых элементов в строке равным 170. Затраченные на её решение вычислительные ресурсы эквивалентны 50 годам счёта на одном ядре процессора Intel Xeon Gold 6136. Результат мирового уровня.

Работа выполнена в рамках Отделения математического центра мирового уровня “Московский центр фундаментальной и прикладной математики” в ИВМ РАН Замашкиным Н.Л., Желтковым Д.А. и Матвеевым С.А.

Научный руководитель работ – академик Тыртышников Е.Е.

Разработаны новые конечно-объёмные методы расчёта фильтрационных течений в неоднородных трещиноватых пластовых средах на сетках общего вида.

Аннотация

Разработан комплекс конечно-объёмных методов приближенного решения уравнений однофазной и многофазной фильтрации в неоднородных трещиноватых пластовых средах. Эти методы позволяют эффективно решать задачи взаимодействия течений в пласте и трещинах разных масштабов [1,2,3,4,6,7], разрушения породы [6], взаимодействия течений и вмещающей пороупругой матрицы [5,6], а также учитывать несколько физических и/или химических процессов [1,5,6]. Новизна методов связана с повышенной точностью аппроксимации, дополнительными свойствами монотонности, а также минимальными ограничениями на расчётную сетку (адаптивные неструктурированные сетки с многогранными ячейками, миллионы ячеек), коэффициенты проницаемости (сильно неоднородные анизотропные тензорные), структуру и геометрию крупных трещин (несогласованность сеток в пласте и трещине). Предложенные методы были реализованы в параллельных расчётных кодах, основанных на общедоступной программной платформе INMOST (www.inmost.org), и применялись при решении инженерных задач и проведении верификационных тестов. Актуальность этих методов обусловлена их возможным применением при планировании методов увеличения нефтеотдачи (например, при использовании гидроразрыва пласта) и при оценке безопасности создаваемых пунктов захоронения радиоактивных отходов и существующих объектов ядерного наследия, в задачах защиты подземных вод от загрязнений разной природы.

1. Y. Vassilevski, K. Terekhov, K. Nikitin, I. Kapyrin. Parallel Finite Volume Computation on General Meshes. Springer Nature, 2020. 186 p. (монография)

2. K. Nikitin, R. Yanbarisov. Monotone embedded discrete fractures method for flows in porous media // Journal of Computational and Applied Mathematics, 2020, V.364, 112353 (Q1)
3. I. Berre et al. Verification benchmarks for single-phase flow in three-dimensional fractured porous media // Advances in Water Resources, Volume 147, 2021, 103759 (Q1)
4. K. Nikitin, R. Yanbarisov. Monotone Embedded Discrete Fracture Method for the Two-Phase Flow Model // International Conference on Finite Volumes for Complex Applications. – Springer, Cham, 2020. pp. 557-564
5. K. Terekhov. Cell-centered finite-volume method for heterogeneous anisotropic poromechanics problem // Journal of Computational and Applied Mathematics, 2020, V.365, 112357
6. K. Terekhov. Multi-physics flux coupling for hydraulic fracturing modelling within INMOST platform // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 35(4), 223-237, 2020, (Q2)
7. F. Grigorev, I. Капырин, A. Plenkin. Discrete Fracture Matrix Model Applied to the Computation of Water Flow Through the Underground Facility // Lobachevskii Journal of Mathematics, 41(4), 526-532, 2020 (Q2).

Исполнители работ – сотрудники ИВМ РАН: К.М.Терехов, И.В.Капырин, К.Д.Никитин, Р.М.Янбарисов, Ф.В.Григорьев, Д.В.Ануприенко.

Научный руководитель работ – чл.-корр. РАН Василевский Ю.В.

2. Крупные результаты научных исследований ИВМ РАН

Разработаны алгоритмы решения задач вариационного усвоения данных для математической модели морской динамики с учётом ковариационных матриц ошибок наблюдений

Аннотация

Исследованы подходы к решению задач вариационного усвоения данных, развиваемые в ИВМ РАН, для математической модели морской динамики с блоком вариационной ассимиляции данных о температуре поверхности моря и учётом ковариационных матриц ошибок наблюдений. На основе вариационной ассимиляции данных наблюдений предложены алгоритмы решения обратных задач по восстановлению потоков тепла на поверхности моря, восстановления граничных условий в открытых акваториях, в том числе алгоритмы, основанные на методах расщепления и разделения области. Проведены численные эксперименты для конкретных морских акваторий, среди которых Балтийское море и Черное море.

1. Agoshkov, V.I., Lezina, N.R., Parmuzin, E.I., Sheloput, T.O., Shutyaev, V.P., Zakharova, N.B. Methods of variational data assimilation with application to problems of hydrothermodynamics of marine water areas // Russ. J. Numer. Analysis and Math. Modelling, 2020, v.35, no.4, pp.189-202.
2. Zalesny, V., Agoshkov, V., Shutyaev, V., Parmuzin, E., and Zakharova, N. Numerical modeling of marine circulation with 4D variational data assimilation // J. Mar. Sci. Eng., 2020, v.8 (503), pp.1-19.

Научный руководитель работ – д.ф.-м.н. Агошков В.И.

Разработаны графовые модели лимфатической системы человека. Изучены топологические характеристики анатомического и алгоритмического графов лимфатической системы.

Аннотация

Лимфатическая система человека представляет собой сложную сеть лимфатических органов, связанных между собой лимфатическими сосудами. Разработан подход к моделированию и анализу лимфатической сети человека, основанный на теории графов. В его основе лежат два разных метода построения графов лимфатической системы: на базе анатомических данных и на наборе физиологических правил сетевой организации системы. Преобразование анатомических данных на основе простого графа в ориентированный граф реализовано путем количественной оценки направления потоков лимфы в сети лимфатических сосудов с использованием уравнения Пуазейля и закона сохранения массы для точек ветвления сосудов. Разработан вычислительный алгоритм генерации случайного графа на основе набора правил. Выполнен сравнительный анализ фундаментальных топологических характеристик и изоморфизма двух типов графовых моделей лимфатической системы человека.

Rostislav Savinkov, Dmitry Grebennikov, Darya Puchkova, Valery Chereshev, Igor Sazonov, Gennady Bocharov. Graph theory for modelling and analysis of the human lymphatic system. Mathematics. 2020.

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

Разработана агентная модель распространения респираторных вирусных инфекций в городе

Аннотация

Разработана агентная модель распространения острых респираторных заболеваний (ОРЗ) среди населения крупного города в течение одного календарного года. Виртуальная популяция агентов гетерогенна по возрасту, полу и иммунному статусу. Агенты характеризуются сетью связей, определяющих семейные и профессиональные контакты агентов. Частота контактов зависит от даты – в выходные, праздники и в дни школьных каникул частота контактов снижается. Частота контактов также зависит от статуса агента – здоровый, болен или самоизолирован. Этиология ОРЗ представлена семью типами вирусов, которые являются причиной респираторных заболеваний в разные сезоны. Агенты характеризуются уровнем восприимчивости к каждому типу вируса, который влияет на вероятность заражения при контакте с инфицированным агентом. При оценке вероятности заражения учитываются влияние температуры воздуха и сила инфекции инфицированного агента. В результате расчётов получена динамика заболеваемости ОРЗ различной этиологии в течение года, которая хорошо воспроизводит обобщённую динамику заболеваемости, составленную на основе данных по выдаче больничных листов в г. Москве за период с 1999-2002 гг. Модель позволила описать сезонные пики заболеваемости, их вариации в различных возрастных группах.

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

На основе совместной модели термосферы и ионосферы исследованы физические процессы, ответственные за формирование экваториальной аномалии в ионосфере

Аннотация

На основе совместной модели термосферы и ионосферы исследованы физические процессы, ответственные за формирование экваториальной аномалии концентрации электронов в ионосфере. Эта аномалия имеет вид дву模ального распределения с минимумом на экваторе и двумя максимумами на широтах 20 градусов Северного и Южного полушарий. Показано, что:

1. Экваториальная аномалия возникает за счёт выноса плазмы из экваториальной области и формирования экваториального минимума по широте на высоте максимума концентрации в Ф-слое ионосферы.
2. Возникновение аномалии и её полное развитие происходит при вертикальной скорости на экваторе больше 10 м/сек.
3. Величины максимумов определяются диффузионными процессами и переносом плазмы термосферным ветром вдоль магнитных силовых линий, а их положение также и широтой экваториального канала с величиной электромагнитного дрейфа больше критической величины (10 м/сек).
4. Наибольший вклад в изменчивость экваториальной аномалии вносит изменчивость электромагнитного дрейфа, а также скорости и структуры термосферного ветра.

Научный руководитель работ – академик Дымников В.П.

Проведено исследование проблемы параметризации процессов подсеточных масштабов для LES-моделей двумерных турбулентных течений. Предложены смешанные динамические модели подсеточной двумерной турбулентности, способные корректно воспроизводить прямой каскад энтропии и обратный каскад кинетической энергии

Аннотация

Модели океана, используемые в современных климатических моделях, имеют вихредопускающее разрешение (1/4 градуса). При таком разрешении мезомасштабные вихри частично воспроизводятся на расчётной сетке, однако их динамика оказывается ослабленной. Вихредопускающие модели океана могут рассматриваться как LES (Large Eddy Simulation) модели квазидвумерной турбулентности. Проблема построения параметризаций подсеточных процессов хорошо изучена для случая трехмерной турбулентности, однако для квазидвумерной турбулентности такие работы практически отсутствуют. Проведен априорный анализ взаимодействия процессов разрешаемых и неразрешаемых масштабов в задачах двумерной жидкости (форсированная и затухающая турбулентность) и методов параметризации диссипации и генерации энергии подсеточными вихрями, основанных на использовании модели подобия масштабов, динамической и модели обратного перераспределения кинетической энергии. В результате, предложены смешанные динамические модели подсеточной двумерной турбулентности, способные, как показали численные эксперименты с LES-моделью, корректно воспроизводить прямой каскад энтропии и обратный каскад энергии.

Исполнители работ – сотрудники ИВМ РАН: А.В. Глазунов, П.А. Пережогин.

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

С климатической моделью ИВМ РАН проведены ансамблевые расчёты по прогнозированию аномалий погоды зимних сезонов и оценено качество их воспроизведения

Аннотация

Проведен ансамбль сезонных экспериментов 1980-2015 гг. с математической моделью климата Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН (ИВМ РАН), разработанной изначально для многолетних климатических прогнозов. На основе полученных результатов произведена оценка качества воспроизведения индексов Северо-Атлантического (NAO) и Тихоокеанско-Североамериканского (PNA) колебаний. Показано, что климатическая модель INM-CM5-0 имеет очень высокую предсказуемость зимнего индекса NAO, одной, но не единственной, причиной которой является предсказуемость стратосферной изменчивости в модели ИВМ РАН. Анализ качества воспроизведения индекса PNA на сезонном временном масштабе для модели INM-CM5-0 также показал приемлемый результат.

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

Разработана численная модель гидродинамики Северного Ледовитого океана с блоком морского льда и процедурой четырёхмерного вариационного усвоения данных температуры и солёности

Аннотация

Уравнения формулируются в биполярной сферической системе координат с произвольным расположением полюсов, сеточное разрешение модели 4x4 км. Процедура четырёхмерного вариационного усвоения данных температуры и солёности основана на решении системы оптимальности, включающей линеаризованные уравнения переноса-диффузии температуры и солёности, уравнение состояния, а также их сопряжённые аналоги. Постановка вариационной задачи осуществляется в терминах симметризованной записи уравнений и неявного метода покоординатного расщепления.

Научный руководитель работ – д.ф.-м.н. Залесный В.Б.

Реализована линеаризованная трехмерная модель атмосферы на сетке «кубическая сфера» с квазиравномерным разрешением

Аннотация

Линеаризованная трехмерная модель атмосферы реализована на сетке «кубическая сфера» с квазиравномерным разрешением. В рамках модели исследованы параллельные свойства явного и явно-неявного (с неявностью по вертикали) методов интегрирования по времени. Оба метода эффективно масштабируются до 5000 вычислительных ядер при горизонтальном разрешении ~20 км (количество узлов сеточной подобласти по горизонтали 16x16 точек).

Исполнители работ – сотрудники ИВМ РАН: В.В. Шашкин, Г.С. Гойман.

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

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

Разработана и внедряется в оперативную практику на базе ФГБУ ГОИН им. Н.Н. Зубова Росгидромета РФ комплексная Система Морских Ретроспективных расчётов и Прогнозов (СМРП) гидрометеорологических и ледовых характеристик

Аннотация

В основе разработанной системы лежит комплекс региональных моделей атмосферы (WRF и/или COSMO), морской циркуляции (на базе INMOM), динамики-термодинамики ледяного покрова (INMOM и/или CICE) и ветрового волнения (PABM и/или SWAN). Эта система позволяет проводить как ретроспективные расчёты, так и предоставлять оперативные анализы и прогнозы гидрометеорологических условий в исследуемой акватории. Вычислительный комплекс позволяет получить практически полный список гидрометеорологических характеристик, необходимых при проектировании гидротехнических сооружений, планировании хозяйственной деятельности, транспортировке грузов и др. СМРП успешно работает в оперативном режиме для акватории западных морей российской Арктики; Балтийского моря, Азовского моря и Керченского пролива; Каспийского моря.

Научный руководитель работ – д.ф.-м.н. Дианский Н.А.

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

В 2020 году в ИВМ РАН проводились исследования по актуальным направлениям вычислительной математики, математического моделирования и их приложениям.

Тема «Вычислительная математика, тензоры и оптимизация методов»

Подтема «Матричные методы в математике и приложениях»

Доказано, что ранговые множества в случае классических тензорных разложений алгебраически почти всюду незамкнуты, за исключением минимального и максимального. Сформулирована гипотеза о возможности увеличения ранга путем прибавления одного разложимого тензора.

Исследован полученный в ИВМ РАН метод глобальной оптимизации на основе ТТ-разложений. В отличие от других эвристических методов, он использует структуру целевого функционала и за счет этого в ряде случаев демонстрирует значительное преимущество. Приведено детальное описание метода и его обоснование при использовании одноранговых приближений.

Изучены асимптотические спектральные свойства матриц сеточных операторов на полигональной области на плоскости при измельчении треугольной сетки. Показано, что в общем области последовательность матриц не обладает GLT-свойством. Тем не менее, этим свойством обладает некоторая ассоциированная последовательность. Предложен метод вычисления спектральных распределений для класса последовательностей более общего, чем GLT-класс.

Для квадратной неотрицательной матрицы предложен простой алгоритм построения индикатора устойчивости, характеризующего локализацию ее спектра в пределах единичного круга (академик Тыртышников Е.Е.).

Алгоритм получения начальных приближений для задачи наилучшего приближения в равномерной метрике с весом, разработанный ранее путем редукции к аппроксимациям Каратеодори-Фейера с кусочно-постоянными весами, обобщен для случая кусочно-гладкого веса.

При помощи формы Белевича для S -матрицы многополосного фильтра установлены необходимые и достаточные условия вещественности рациональной дроби, задающей фильтрующую функцию. Задача нахождения параметров эквивалентной схемы при известной (квази-оптимальной) фильтрующей функции сведена к малоранговой аппроксимации некоторых матриц, явно строящихся по форме Белевича (к.ф.-м.н. Горейнов С.А.).

При решении задачи дифракции электромагнитной волны на идеально-проводящих объектах сложной формы методом физической оптики к матрице применены мозаично-скелетные аппроксимации. Метод физической оптики является приближенным методом решения задачи дифракции и заключается в приближенном расчете токов, индуцированных на теле, в предположении, что в теневой области за телом равно нулю. Сложность такого подхода заключается в определении «видимости» всех ячеек объекта для всех ячеек того же тела. Прямое решение задачи определения взаимной видимости ячеек требует $O(N^3)$ операций, где N – число ячеек, моделирующих объект. Если же использовать иерархическое представление данных (также как в мозаичном методе), то был построен алгоритм, имеющий сложность $O(N \cdot \log^a N)$, $a \geq 3$. Разработанный алгоритм позволяет решать задачи дифракции методом физической оптики с $N = 5 \cdot 10^6$ (к.ф.-м.н. Ставцев С.Л.).

Построена теория сходимости тензоризованного жадного алгоритма поиска разреженных решений для задач со сверхбольшим числом переменных (к.ф.-м.н. Замарашкин Н.Л. совместно с С.Морозовым).

Предложен итерационный алгоритм и построена теория его сходимости для задачи восстановления по небольшому числу элементов матрицы вида $S + R$, где S - разреженная матрица, а R - матрица малого ранга (к.ф.-м.н. Замарашкин Н.Л. совместно с С.В.Петровым).

Построен алгоритм восстановления тензоров при наличии дополнительной информации о пространствах образов матриц разверток (к.ф.-м.н. Замарашкин Н.Л. совместно с С. Будзинским).

Продолжена работа по созданию пакета программ для решения систем линейных алгебраических уравнений со структурированными матрицами: реализованы четыре различных метода решения с теплицевыми матрицами, включая быстрый метод; проведено тестирование, сравнение и исследование на устойчивость получаемых решений (д.ф.-м.н. Чугунов В.Н.).

Получена факторизация числа RSA-232, третьего (второго на момент факторизации) по размеру факторизованного RSA числа (Желтков Д.А., к.ф.-м.н. Замарашкин Н. Л., Матвеев С. А.)

Разработан и реализован параллельный алгоритм для этапа фильтрации метода обобщённого решета числового поля, как для систем с общей памятью, так и для систем с распределённой памятью (Желтков Д.А., к.ф.-м.н. Замарашкин Н. Л.).

Разработаны оптимизированные процедуры умножения над полем $GF(2)$ разреженной матрицы на блок векторов для CPU и GPU (Желтков Д.А., к.ф.-м.н. Замарашкин Н. Л.).

Подтема «Сопряженные уравнения и методы теории управления в нелинейных задачах математической физики»

Проведено исследование методики построения алгоритмов разделения области, которая базируется на теории оптимального управления, результатах теории обратных и некорректных задач, применении сопряженных уравнений и современных итерационных процессах. Сформулированные алгоритмы распространены на задачи порядка $2k$. Предложены подходы по развитию представленных алгоритмов для решения широкого класса краевых задач с использованием методов разделения области (д.ф.-м.н. Агошков В.И.).

Исследована задача об оптимальном размещении станций наблюдений при вариационном усвоении данных для динамических моделей, описываемых нелинейными уравнениями в частных производных. Получено выражение для градиента рассматриваемой целевой функции по отношению к координатам расположения станций наблюдений через оператор, сопряженный к производной гесса (д.ф.-м.н. Агошков В.И., д.ф.-м.н. Шутяев В.П.).

Разработаны и обоснованы итерационные алгоритмы решения задачи ассимиляции данных наблюдений для восстановления гидрофизических полей и управления на «жидкой» границе, в применении к акваториям окраинных морей. Подготовлены данные о температуре и солености для алгоритмов ассимиляции данных на жидких границах в модели гидротермодинамики Белого, Баренцева и Карского морей (д.ф.-м.н. Агошков В.И., Шелопут Т.О.).

Разработаны численные алгоритмы, предназначенные для решения системы оптимальности (включая основную и сопряженную задачу) в модели гидротермодинамики океана, с использованием спектральных свойств операторов управления для оптимизации итерационных алгоритмов и с учетом ошибок данных наблюдений (д.ф.-м.н. Шутяев В.П., к.ф.-м.н. Пармузин Е.И.).

Исследована чувствительность функционалов к данным наблюдений при одновременном восстановлении потоков тепла на поверхности моря и начального состояния модели (д.ф.-м.н. Шутяев В.П., к.ф.-м.н. Пармузин Е.И.).

Разработаны алгоритмы численного решения задачи вариационной ассимиляции данных с несколькими функциями управления (д.ф.-м.н. Шутяев В.П., к.ф.-м.н. Пармузин Е.И., к.ф.-м.н. Захарова Н.Б.).

Реализованы алгоритмы интерполяции данных ЦКП «ИКИ - Мониторинг» о ТПМ Черного и Азовского морей. Обработаны и подготовлены для ассимиляции в численной модели данные наблюдений о ТПМ Черного и Азовского морей. (к.ф.-м.н. Захарова Н.Б.)

На основе полученных данных за 2016-2019 гг. построены поля статистических характеристик температуры поверхности Черного и Азовского морей. проведены численные эксперименты по вариационной ассимиляции данных наблюдений о ТПМ, подготовленных на основе измерений инфракрасного радиометра VIIRS (спутник SNPP), спектрорадиометров MODIS (спутники AQUA и Terra) Сервисом ЦКП "ИКИ - Мониторинг" с использованием ковариационных матриц ошибок для модели динамики Черного и Азовского морей. Расчет с ассимиляцией проведен на 1 год (к.ф.-м.н. Захарова Н.Б., к.ф.-м.н. Пармузин Е.И., Фомин В.В.).

Построены ковариационные матрицы ошибок наблюдений для численного решения задачи вариационной ассимиляции с несколькими функциями управления (к.ф.-м.н. Захарова Н.Б., д.ф.-м.н. В.П. Шутяев, к.ф.-м.н. Е.И. Пармузин).

Разработан и реализован алгоритм ассимиляции данных о солености на открытой границе в модели гидротермодинамики Балтийского моря. Проведено моделирование большого балтийского залива (ББЗ) 2014 года с использованием разработанных алгоритмов по учету открытых границ в модели гидротермодинамики Балтийского моря. Проведено сравнение результатов моделирования с данными наблюдений и с результатами, полученными с использованием других алгоритмов ассимиляции (Шелопут Т.О.).

Разработаны и обоснованы итерационные алгоритмы решения задачи ассимиляции данных наблюдений для восстановления гидрофизических полей и управления на «жидкой» границе в применении к акваториям окраинных морей. Подготовка данных о температуре и солености для алгоритмов ассимиляции данных на жидких границах в модели гидротермодинамики Белого, Баренцева и Карского морей (Шелопут Т.О., д.ф.-м.н. Агошков В.И.).

В рамках работы с ЦХАБД МГУ по созданию специализированной БД «ИВМ РАН-Мировой океан» разработан интерфейс по осуществлению операций с данными (Шелопут Т.О.).

Разработаны и исследованы алгоритмы разделения области для основных подзадач модели гидротермодинамики моря, основанной на методе расщепления по физическим процессам; проведен ряд численных экспериментов (Лёзина Н.Р., Агошков В.И.).

Разработан комплекс программ реализации метода разделения области для модели гидротермодинамики Черного моря.

Разработан параллельный алгоритм для процедуры вариационной ассимиляции данных наблюдений о температуре; проведен ряд численных экспериментов (Лёзина Н.Р., Мاستинен В.А.).

Подтема «Оптимальные методы в задачах вычислительной математики»

Исследована возникающая вблизи границы особенность вложения пространства весов графа, определяющего комплексную структуру, в пространство модулей кривых рода два с одним овалом.

Предложен и программно реализован (студентом 4 курса МФТИ П.Юрченко) аналитический метод вычисления наилучших демпфированных многочленов устойчивости явного многостадийного метода Рунге-Кутты 3 порядка точности (д.ф.-м.н. Богатырев А.Б.).

Программно реализован алгоритм конструирования системы мультисолитонных решений (бризеров), путем модуляции спектральных амплитуд которых можно проводить передачу информации в оптоволоконном канале. Предложен способ восстановления информации о спектральных амплитудах по принятым данным (модификация метода Абловица-Ладика).

Изучен вопрос устойчивости построенной системы решений НУШ к возмущениям начальных данных специального вида (к.ф.-м.н. Григорьев О.А.).

В рамках работы над оригинальным программным комплексом LOTRAN, предназначенным для прогноза положения ламинарно-турбулентного перехода (ЛТП) в трехмерных аэродинамических пограничных слоях (ПС), были последовательно созданы две новые версии этого комплекса - LOTRAN 3.3 и 3.4. Основные вопросы, которые уда-

лось решить в рамках этих версий, следующие: проверка адекватности данных и полученного на их основе ПС в разрезах, формируемых вдоль выбранных линий тока для анализа устойчивости и определения положения ЛТП; разработка нового более надежного алгоритма интерполяции данных на сетку на нормальных, формирующих разрезы; построение дополнительных проекций линий тока и нормалей к этим проекциям; расчет протяженности ЛТП; разработка нового, более надежного и точного метода аппроксимации линеаризованных уравнений распространения возмущений в полубесконечной области над ПС. Проведены численные расчеты для различных конфигураций при различных значениях числа Маха и единичного числа Рейнольдса. Результаты расчетов показали хорошее совпадение с экспериментальными данными и/или данными других исследователей. На основе новых версий программного комплекса LOTRAN обновлен ранее созданный блок ЛТП, ориентированный на определение положений перехода в трехмерных трансзвуковых пограничных слоях на мотогондолах в автоматическом режиме в спарке с пакетом ANSYS.

В рамках работы по изучению механизма образования крупномасштабных структур на фоне мелкомасштабной турбулентности на примере стратифицированного турбулентного течения Куэтта был исследован спектральный состав оптимальных возмущений осредненного турбулентного течения и выполнены обширные параметрические расчеты с данными прямого численного моделирования. Наряду с обнаруженными ранее роликами и слоистыми структурами найдены пристеночные ролики.

Разрабатываемая оригинальная вычислительная технология анализа моделей динамики вирусных инфекций и иммунного ответа с запаздыванием была дополнена алгоритмом вычисления устойчивых периодических решений в окрестности неустойчивых стационарных состояний. Предложенный алгоритм включает в себя формирование приближенного периодического решения методом установления, вычисление приближенного периода на основе дискретного преобразования Фурье, и уточнения приближенного периодического решения методом ньютоновского типа. Разработанный алгоритм опробован на модели динамики заболевания, вызванного вирусом лимфоцитарного хориоменингита (ВЛХМ) (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М.).

Выполнено масштабное численное исследование реализованной в 2019-м году модели, предназначенной для численного анализа устойчивости сдвиговых течений вязкой несжимаемой жидкости в трубах постоянного эллиптического сечения с твердыми или податливыми стенками. Кроме того, численно исследована линейная устойчивость течения Пуазейля в трубе круглого сечения с податливой стенкой с использованием двух различных моделей стенки на основе теории тонких оболочек. В рамках первой модели малые колебания стенки описываются уравнениями Лява общего вида, а в рамках второй – упрощенными уравнениями Лява, полученными при помощи известного приближения Доннела-Муштари-Власова. В частности, показано, что использование упрощенных уравнений Лява вместо общих качественно не меняет зависимость характеристик устойчивости основного течения от жесткости и демпфирования стенки, однако при некоторых значениях параметров задачи может приводить к появлению слабо нарастающих возмущений, которые не наблюдаются при использовании уравнений Лява общего вида и существенно подавляются при увеличении жесткости или демпфирования стенки.

В рамках работы над оригинальным программным комплексом расчета ламинарно-турбулентного перехода (ЛТП) LOTRAN проведена его существенная модификация, включающая, в том числе, проверку адекватности данных и полученного на их основе ПС в разрезах, формируемых вдоль выбранных линий тока для анализа устойчивости и определения положения ЛТП. Реализована технология конвертации LOTRAN, реализованного в Matlab, в код на языке C++ с использованием технологии MPI и

OpenMP. Соответствующие результаты даны в работах (к.ф.-м.н. Демьянко К.В.).

Предложен и разработан алгоритм вычисления устойчивых периодических решений систем с запаздыванием, которые моделируют вместе с устойчивыми стационарными состояниями возможные течения хронических заболеваний. Предложенный алгоритм включает в себя метод установления, используемый для формирования приближенного периодического решения, метод вычисления приближенного периода, основой которого является дискретное преобразование Фурье приближенного периодического решения, метод уточнения периода и метод Ньютона, используемый для дальнейшего уточнения приближенного периодического решения. Разработанный алгоритм опробован на модели динамики заболевания, вызванного вирусом лимфоцитарного хориоменингита (ВЛХМ) (асп. Христинченко М.Ю.).

Продолжено исследование взаимодействия нормальной и тангенциальной компонент квадратичного оператора у продифференцированного уравнения Бюргерса, необходимое для более глубокого понимания и совершенствования уже полученной конструкции стабилизации его решения с помощью импульсного управления с обратной связью. Одной из важных целей является получение оценки числа импульсов в зависимости от параметров системы, необходимых для стабилизации задачи. Построенная конструкция позволяет стабилизировать задачу за конечное число импульсов, и получено несколько априорных оценок. (д.ф.-м.н. Фурсиков А.В.).

Исследовался поток через отрезок разрывного соленоидального векторного поля $\mathbf{f}$ класса L^p , $p > 2$. Установлена непрерывная зависимость этого потока от положения отрезка. В результате получен ещё один способ корректного определения потока разрывного соленоидального векторного поля через отрезок. При некотором дополнительном условии корректно определён поток через ограниченное измеримое множество (к.ф.-м.н. Ноаров А.И.).

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

Разработаны графовые модели лимфатической системы человека. Изучены топологические характеристики анатомического и алгоритмического графов лимфатической системы.

Построена и калибрована математическая модель процессов внутриклеточной репликации ВИЧ-1 и ответной реакции системы интерферона.

Разработана и идентифицирована математическая модель взаимодействия зерновой культуры (пшеница *Triticum aestivum*) и патогенных грибов *Fusarium*.

Определены параметры репликации коронавирусов и разработана гипотеза о ключевой значимости интерферон-зависимых механизмов в защите от тяжелых форм коронавирусных инфекций (д.ф.-м.н. Бочаров Г.А.).

Тема «Методы и технологии вычислительной математики и задачи биологии и медицины»

Подтема «Построение и исследование численных методов решения задач динамики океана и вязкой несжимаемой жидкости, гемодинамики, геофильтрации и геомиграции»

Предложен устойчивый метод расчета трехмерных течений при больших числах Рейнольдса в областях с движущимися границами (член-корр. Василевский Ю.В., Лозовский А., Ольшанский М., к.ф.-м.н. Данилов А.А.).

Разработана модель совместной работы аппаратов искусственного кровообращения и сердечно-сосудистой системы (член-корр. Василевский Ю.В., Тимофеев А., Гамилов Т., Симаков С.).

Дано развитие моделей переноса примесей в подземных водах с учетом химических взаимодействий в системе вода-порода. Сформулирована математическая модель, которая частично реализована в программе GeRa. На основе опытных данных проведены расчеты для оценки влияния процесса нитратредукции (биологического разложения нитрат-иона в подземных водах) на миграцию стронция в водоносных пластах. Данная задача актуальна для полигонов закачки жидких радиоактивных отходов. Показано, что нитратредукция снижает сорбционные свойства пород относительно условий в отсутствие нитрат-иона, ускоряя продвижение стронция. Однако если нитратредукцию не учитывать, то чрезмерно высокое содержание в воде нитрат-иона приведет к переоценке скорости движения стронция (к.ф.-м.н. Капырин И.В., Болдырев К., Сафонов А.).

Реализована модель эвапотранспирации (Д.Ануприенко), доработаны обосновывающие материалы и подготовлены ответы на замечания экспертов в процессе аттестации GeRa/V2 в Ростехнадзоре. Разработано техническое задание на 3-ю версию кода (к.ф.-м.н. Капырин И.В.).

Проведено исследование эффективности барьера безопасности типа «стена в грунте» с точки зрения локализации загрязнения. Сделаны неочевидные выводы о неэффективности стены в грунте мелкого заглубления. Показано, что при большом заглублении стены в грунте в совокупности с покрывающим экраном над изолируемым радиоактивным объектом достигается существенное замедление выхода радионуклидов за пределы стены в грунте (к.ф.-м.н. Капырин И.В., асп. Григорьев Ф.В., Сускин В.).

В коде GeRa реализована модель переноса радионуклидов с течением жидкости в трещиновато-пористой среде. Проведена верификация модели на тестовой задаче. В модели дальней зоны проектируемого пункта глубинного захоронения РАО в Нижнеканском массиве с помощью модели течения в трещиновато-пористой среде, реализованной ранее в GeRa, учтены зоны разрывных нарушений, выявленные в ходе геологических исследований (асп. Григорьев Ф.В.).

Продолжены работы над созданием и верификацией параллельных решателей линейных систем для задач диффузии и переноса, возникающих при геофильтрации и геомиграции радионуклидов в расчетном коде GeRa. Разработанный параллельный решатель был опробован при решении линейных систем, возникающих для задач диффузии и переноса при стандартной двухточечной дискретизации, использовании О-схемы дискретизации, а также нелинейной монотонной схемы дискретизации. Исследована работоспособность и параллельная эффективность линейных решателей для широкого круга моделируемых процессов, в том числе для реальной модели проектируемого захоронения РАО. Разработанный параллельный решатель на основе предобуславливания BPLU2 показал высокую надежность и параллельную эффективность. Расчеты проводились на кластере ИВМ РАН.

Проведена верификация линейных решателей в применении к задачам многофазной фильтрации на линейных системах, возникающих при использовании нефтяного симулятора ИВМ РАН.

Получены оценки оптимальной величины перекрытия подобластей при параллельной реализации явных схем дискретизации (к.ф.-м.н. Коньшин И.Н.).

Разработаны методы сегментации и построения динамических расчетных сеток для задач FSI по динамическим КТ снимкам с низким разрешением по времени.

Разработана модель сердца, позволяющая рассчитывать изменение сердечного выброса при стенозе митрального клапана и недостаточности аортального клапана, разработана модель тромбообразования в трехмерном потоке при кардиопатологиях на основе программной платформы INMOST (к.ф.-м.н. Данилов А.А.).

Предложен устойчивый метод расчета трехмерных течений при больших числах Рейнольдса в областях с движущимися границами (к.ф.-м.н. Лозовский А.В., чл.-корр. Василевский Ю.В., Ольшанский М., к.ф.-м.н. Данилов А.А.)

Разработана новая монотонная конечно-объемная схема для течения в пористых средах. Исследовано применение схемы для задач многофазной фильтрации (к.ф.-м.н. Никитин К.Д., Янбарисов Р.М.).

В рамках разработки вычислительного аппарата для электромеханической модели сердца реализована версия с использованием библиотеки CUDA и возможностью распараллеливания на кластерах с графическими картами В.

Разработаны механический солвер и смешанная электромеханическая модель (к.ф.-м.н. Чернышенко А.Ю., Легкий А.).

В расчетном коде BOSS была реализована модификация модели projection-based Embedded Discrete Fracture Method (pEDFM) учета трещин в задачах многофазной фильтрации, основанная на использовании нелинейной многоточечной конечно-объемной схемы для перетоков внутри пористой среды. Предложенная модификация позволяет корректно учитывать как блокирующие, так и проводящие трещины, и удовлетворять дискретному принципу максимума. Полученный метод сочетает физическую корректность нелинейных конечно-объемных схем с концептуальной простотой подхода EDFM, при этом является новым и ранее не исследованным. Проведены исследования свойств, предложенной модификации. (Янбарисов Р.М., к.ф.-м.н. Никитин К.Д.).

Реализованные ранее модели учета трещин в задачах однофазной фильтрации были протестированы на псевдотрехмерных и трехмерных бенчмарках, в которых также принимали участие другие методы учета трещин.

В программном пакете Floctree была реализована полностью неявная модель вязкоэластопластичной жидкости со свободной поверхностью. Модель была валидирована на эксперименте с вязкоэластичной каплей, получено качественное совпадение с *in vitro* экспериментом по компрессии многоклеточного сфероиды из биоматериала (Янбарисов Р.М., Ефремов Ю.).

Подтема «Математическое моделирование процесса противoinфекционной защиты: энергетика и адаптация»

Разработана модификация модели поддержания гомеостаза организма, дополненная уравнением мощности системы преобразования и резервирования энергии (д.ф.-м.н. Романюха А.А., к.ф.-м.н. Санникова Т.Е.).

Разработан метод анализа пространственной неоднородности динамики заболеваемости туберкулезом и результаты анализа данных по Москве (д.ф.-м.н. Романюха А.А., к.ф.-м.н. Каркач А.С. к.ф.-м.н. Санникова Т.Е.).

Построена и исследована модель выявления больных туберкулеза. Полученные результаты подтверждают используемую схему патогенеза форм туберкулеза (д.ф.-м.н. Романюха А.А., к.ф.-м.н. Авилов К.К.)

Подготовлено исследование состава тела у детей с онкологическими и гематологическими заболеваниями после трансплантации гемопоэтических стволовых клеток на ба-

зе ФНКЦ ДГОИ им. Д. Рогачева в рамках проекта, координируемого МАГАТЭ (CRP E43033). (к.ф.-м.н. Руднев С.Г.).

Подготовлено и организовано сравнительное экспериментальное исследование биоимпедансных анализаторов состава тела различных типов на базе НИИ и Музея антропологии МГУ. (к.ф.-м.н. Руднев С.Г., Салуев Т.Г.).

Проведен анализ влияния социоэпидемиологических факторов на заболеваемости туберкулёзом в г. Москве на уровне муниципалитетов (к.ф.-м.н. Каркач А.С.).

Разработана непрерывная компартментная модель, описывающая процессы прогрессирования и выявления больных туберкулёзом с явным моделированием флюорографических осмотров. Это позволило на основе данных флюорографии по г. Москве сравнить различные схемы моделирования естественного течения туберкулёза и оценить их параметры.

Проведён обзор научной литературы по методам формирования синтетических популяций, статистически эквивалентных реальным популяциям людей и использующихся в агентных эпидемиологических моделях.

Разработана предварительная версия синтетической популяции для г. Москва (к.ф.-м.н. Авилов К.К.).

Разработана агентная модель распространения ОРВИ среди населения крупного города, в рамках данной задачи разработана модель социальных контактов и предложена формула расчета вероятности инфицирования при контакте.

Разработана агентная модель распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19) среди населения крупного города в условиях карантина. (к.ф.-м.н. Санникова Т.Е., д.ф.-м.н. Романюха А.А, Влад А.И.).

Разработана и реализована в рамках агентной модели распространения COVID-19 в популяции г. Москвы модель тестирования на COVID-19.

Реализована параллельная версия агентной модели распространения COVID-19 в популяции г. Москвы с использованием интерфейса MPI.

Разработана и реализована модель одномерных гидрологических объектов в программном коде GeRa (к.ф.-м.н. Новиков К.А.).

Тема «Моделирование динамики Земной системы и задачи окружающей среды»

Подтема «Моделирование климата и его изменений»

На основе совместной модели термосферы и ионосферы, разработанной в прошлом году, были исследованы физические процессы, ответственные за формирование экваториальной аномалии (ЭА) электронной концентрации в ионосфере Земли. Эта аномалия имеет вид двумодального распределения с минимумом на экваторе и максимумами на широтах 20 градусов Северного и Южного полушарий.

Показано, что ЭА возникает за счет выноса плазмы из экваториальной области и формирования экваториального минимума по широте на высоте максимума концентрации в Ф-слое ионосферы. Возникновение ЭА и ее полное развитие происходит при вертикальных скоростях на экваторе больше 10 м/сек. Величина максимумов ЭА определяется диффузионными процессами и переносом плазмы термосферным ветром вдоль магнитных силовых линий, а их положение также и шириной экваториального канала с величиной электромагнитного дрейфа, больше критической (10 м/сек). Наибольший вклад в изменчивость характеристик ЭА вносит изменчивость экваториального электромагнитного дрейфа, а также изменений величины и структуры термосферного ветра (акад. Дымников В.П., к.ф.-м.н. Кулямин Д.В., Останин П.А.).

Для решения уравнений амбиполярной диффузии в сферической системе координат предложен и исследован новый класс схем, удовлетворяющих ряду априорных требований. Главной особенностью уравнений, описывающих амбиполярную диффузию ионов в ионосфере в сферической системе координат, является вырожденность в каждой точке тензора коэффициентов диффузии, означающая, что диффузия идет только вдоль магнитных силовых линий. Разностные схемы, удовлетворяющие этому требованию, строятся на основе метода сумматорных тождеств. Доказаны все необходимые для данного случая теоремы. Численные эксперименты, проведенные для определения реальной оценки погрешности этих схем на точных решениях дифференциальной задачи показали их перспективность, особенно для решения задачи диффузии ионов в областях с верхней границей выше 500 км (акад. Дымников В.П.).

В рамках работ по развитию динамической модели F слоя ионосферы (100-500 км) для решаемого уравнения неразрывности в приближении учета процессов амбиполярной диффузии плазмы получено интегральное соотношение, имеющее геометрический смысл сохранения направления диффузии вдоль линий геомагнитного поля. На основе метода сумматорных тождеств для обобщенной постановки задачи разработаны новые устойчивые численные схемы аппроксимации уравнений модели, обладающие дискретным аналогом данного соотношения, показана их безусловная устойчивость. С помощью ряда численных экспериментов проведено сравнительное исследование точности разработанных схем на основе воспроизведения заданного решения.

Для совместной модели динамики термосферы и ионосферы (90-500 км) разработаны и реализованы параметризации расчета формирования поперечных дрейфов плазмы за счет электромагнитных полей, связанных с магнитосферной конвекцией и полем коротации. Проведены тестовые расчеты соответствующих глобальных распределений скорости переноса плазмы для различных условий геомагнитной активности.

На основе данных численных экспериментов с совместной моделью динамики термосферы и ионосферы проведен анализ механизма возникновения и поддержания экваториальной аномалии в F слое ионосферы, выделены ключевые процессы, участвующие в этом механизме, описан их количественный вклад в формирование характеристик аномалии и их изменчивости. (к.ф.-м.н. Кулямин Д.В.).

Исследованы механизмы, определяющие чувствительность климатической модели ИВМ РАН. Созданы версии модели, обладающие как малой, так и большой чувствительностью (д.ф.-м.н. Володин Е.М.).

Исследована потенциальная предсказуемость 15-летнего колебания климата в Арктике и Северной Атлантике. Для этого по данным эксперимента по моделированию доиндустриального климата с моделью INM-CM5 был вычислен композит, соответствующий состоянию модельной климатической системы за четверть периода (4-5 лет) до фазы, когда Арктика имеет максимальную температуру. С такого начального состояния, немного возмущая его, были проведены ансамблевые численные эксперименты на 15 лет модельного времени, с числом членов ансамбля равным десяти. Была оценена потенциальная предсказуемость индекса 15-летнего колебания, вычисленного по температуре поверхности, а также предсказуемость теплосодержания верхнего слоя океана, меридиональной функции тока в океане и индекса Северо-Атлантического колебания. Проведены аналогичные ансамблевые эксперименты с аномалиями, предшествующие другим фазам колебания (д.ф.-м.н. Грицун А.С.).

Разработана новая параллельная реализация модели динамики океана и морского льда с балансировкой по процессорам (д.ф.-м.н. Яковлев Н.Г.).

Разработана параллельная версия модели динамики морского льда с вязко-пластичной реологией, реализованная на языке C++ с использованием библиотеки INMOST, проведена реализация этой модели для реалистичной области Северного Ледовитого океана (реализация технологий построения неравномерной триангуляции и технологий использования данных наблюдений за состоянием льда и прогнозов погоды) (д.ф.-м.н. Яковлев Н.Г., Петров С.С.).

В рамках работ по последовательному улучшению модели Мирового океана – компонента модели Земной Системы ИВМ РАН реализован новый метод построения ортогональной сетки на сфере со смещенными полюсами с сохранением географического экватора как координатной линии. Создан набор тестов для отладки различных численных схем (прежде всего – схем переноса и солверов для уровня океана) и параметризаций турбулентности. (д.ф.-м.н. Яковлев Н.Г.).

С помощью балансовой модели снежного слоя проведены оценочные расчеты концентрации черного углерода в снегу, затем с помощью локально-одномерной радиационной модели проведен расчет альбедо снега и радиационного форсинга от загрязнения снега черным углеродом. В качестве входных использовались данные ансамблевого расчета с климатической модели ИВМ РАН 5-ой версии для периода 1998 – 2002 гг., которые включали в себя снег как на суше, так и на морском льду. Показано соответствие региональных средних значений результатам других модельных и полевых исследований.

Рассчитаны динамические характеристики полярного вихря в стратосфере в историческом расчете по модели ИВМ РАН. Проведено сравнение полученных характеристик с данными ансамбля реанализов.

Предложена модификация схемы «кабаре» для решения уравнения переноса примеси с переменным шагом по времени. Показана консервативность новой схемы, а также преимущество в численной эффективности полученной схемы на ряде тестов на сфере над схемой с постоянным шагом по времени (к.ф.-м.н. Кострыкин С.В.).

Подтема «Математическое моделирование региональных природно-климатических процессов»

В рамках исследования проблемы диффузии газов в системе «донные отложения – водный объект (озеро/река)» получены аналитические решения стационарной нелинейной задачи о вертикальном распределении содержания газовой фазы для некоторых заданных функций, описывающих генерацию метана в результате разложения органики. Такого рода решения полезны с точки зрения выбора и тестирования подходящих методов численного решения соответствующей начально-краевой задачи Коши. Анализ результатов аналитического решения нестационарной линейной задачи о чувствительности стационарного решения к малым возмущениям в граничном условии показал, что исходная задача Коши в определенных случаях может принадлежать классу жестких, требующих применения специальных методов ее численного решения. В частности, полезным в этом случае оказался метод Рунге-Кутты-Фельберга с автоматическим выбором шага (чл.-корр. Лыкосов В.Н.).

Проведены априорные и апостериорные исследования подсеточных параметризаций для LES-моделей двумерных турбулентных течений. Предложены смешанные динамические модели подсеточной двумерной турбулентности, способные корректно воспроизводить прямой каскад энтропии и обратный каскад энергии.

Вихреразрешающая модель атмосферного пограничного слоя адаптирована для расчетов в области с геометрией, близкой к фрагменту реальной городской застройки. Проведены расчеты устойчиво-стратифицированной турбулентности в городе и расчеты лагранжева переноса взвеси частиц, эмитируемых с поверхности. Выявлен эффект образования "городского острова тепла" за счет динамического эффекта и сделаны количественные оценки его величины. Получены оценки концентрации взвесей и скорости ее осаждения на поверхности в зависимости от дисперсного состава взвеси.

Продолжены исследования подледной конвекции через трещины при помощи LES-модели верхнего слоя океана с использованием анализа траекторий лагранжевых трассеров. Выявлены характерные временные масштабы конвективных термиков при различных режимах конвекции (д.ф.-м.н. А.В. Глазунов).

Проведен априорный анализ взаимодействия разрешаемых и неразрешаемых масштабов в модели океана NEMO, на модельной конфигурации Double Gyre. Анализ проведен двумя способами: классический метод, когда вычисляется невязка нелинейного оператора по фильтрованным и нефильТРованным полям, и альтернативный метод релаксации («наджинг»). Результат имеет ясную физическую интерпретацию: для того чтобы стимулировать динамику мезомасштабных вихрей, необходимо возбуждать турбулентные флуктуации на масштабе зарождения мезомасштабных вихрей с помощью дополнительной параметризации.

Проведены априорные и апостериорные эксперименты с двумерной затухающей турбулентностью и рассмотрена возможность построения LES (Large eddy simulation) модели подсеточной двумерной турбулентности. Построена LES модель для двумерной затухающей турбулентности, которая обладает следующими положительными свойствами: не содержит явно шаг сетки, не содержит свободных параметров, воспроизводит фильтрованное решение в коротковолновом диапазоне, воспроизводит рост энергии фильтрованного решения, обладает низкими ошибками в тождестве Германо и воспроизводит спектральные притоки энергии и энстрофии от отдельных компонент подсеточных сил. Модель верно воспроизводит фильтрованное решение до тех пор, пока в течении не начинают появляться когерентные структуры, близкие по масштабу к масштабу базового фильтра. В этом случае обмен энергией и энстрофией с подсеточными масштабами оказывается малым и замыкания, построенные с целью воспроизвести этот обмен, оказываются недостаточно эффективными (Пережогин П.А.).

Подтема «Математическое моделирование газовой и аэрозольной динамики и кинетики в атмосфере в региональном масштабе и задачи окружающей среды»

Построена новая численная модель переноса и трансформации в атмосфере газовых и аэрозольных примесей с учетом процессов фотохимии, нуклеации с участием нейтральных молекул и ионов, а также конденсации/испарения и коагуляции.

Проведены численные расчеты временной изменчивости концентрации и распределения размеров аэрозольных частиц в атмосфере, а также определены значения скорости нуклеации частиц. Полученные применительно к северному полушарию и зимнему времени результаты указывают на значимую роль процесса ионной нуклеации в формировании атмосферного аэрозоля. При этом наряду с уровнем ионизации воздуха ключевыми факторами, определяющими динамику ионной нуклеации, являются также температура и относительная влажность.

Проведены расчеты по динамике образования зародышей частиц сульфатного аэрозоля в зимнее время применительно к северным умеренным широтам и тропикам. Найдено, что результирующая динамика формирования зародышей аэрозольных частиц не является простой суммой скоростей процессов ионной и бинарной нуклеации паров воды и серной кислоты. Динамику процесса определяет отношение критических радиусов за-

родышей частиц, возникающих в бинарной и ионной нуклеации паров этих веществ, зависящих от температуры и относительной влажности, а также от скорости ионизации воздуха (д.ф.-м.н. Алоян А.Е.).

Получены оценки кислотности увлажненных аэрозольных частиц в фоновой атмосфере в весенний период времени на основе данных контроля ионного состава и массовой концентрации аэрозольных частиц, концентрации аммиака и паров азотной кислоты. Результаты обработки данных мониторинга с применением методов термодинамики выявили повышенный уровень кислотности аэрозольных частиц в атмосфере. Найдено, что изменчивость кислотности частиц определяют в основном колебания относительной влажности воздуха и содержания в нем газообразного аммиака. При этом кислотность частиц оказывается тем выше, чем ниже относительная влажность воздуха, что отражает изменчивость содержания влаги в частицах и растворимости нитрата аммония (к.ф.-м.н. Арутюнян В.О.).

Подтема «Определение объёма биомассы растительного покрова по данным аэрокосмического мониторинга»

Проведено усовершенствование модели распознавания типов подстилающей, в первую очередь лесной поверхности, по дистанционным самолетным и спутниковым данным высокого пространственного разрешения. (к.ф.-м.н. Егоров В.Д.).

Предложен метод оценки информационных возможностей спутниковых мультиспектральных и гиперспектральных систем дистанционного зондирования Земли с использованием имитационно-статистического моделирования и автоматизированного интеллектуального анализа дистанционных данных. Показано преимущество использования статистических признаков второго порядка при решении задачи определения структурных особенностей почвенно-растительного покрова.

Предложен метод автоматизированной обработки данных лидарных измерений, с целью определения горизонтальных турбулентных режимов атмосферы на городских масштабах (к.ф.-м.н. Дмитриев Е.В.).

Тема «Многомасштабное математическое моделирование атмосферы и океана и задачи усвоения данных наблюдений»

Подтема «Исследование крупно- и мезомасштабной динамики вод Мирового океана и окраинных морей России на основе моделирования и анализа данных наблюдений»

Продолжены работы по разработке системы прогноза состояния Мирового океана сверхвысокого пространственного разрешения с усвоением океанографических данных методом ансамблевой оптимальной интерполяции (EnOI). В рамках проекта РНФ на базе Морского гидрофизического института РАН (МГИ РАН), г. Севастополь создан прототип Системы непрерывного анализа и прогноза полей океана Мирового океана (СНАПО — Мировой океан), основанный на совместной модели динамики океана и морского льда Мирового океана с разрешением $1/4 \times 1/4 \times 49$, код INMIO 4.1 — CICE 5.1 — CMF 3.0 — DAS. С применением разработанной ранее вихреразрешающей модели Каспийского моря исследованы процессы мезомасштабной изменчивости течений в различных частях моря. В частности показано, что водообмен Среднего и Северного Каспия осуществляется главным образом прибрежными течениями: у полуостровов Тюб-Караган на востоке и Аграханского на западе. (чл.-корр. Ибраев Р.А.).

Проведено исследование зонально-осредненных характеристик термохалинной циркуляции вод Северной Атлантики (СА) в различные периоды индекса Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО) за последние 70 лет по данным объективных анализов EN4 и WOA13 и реанализов GFDL, ESTOC, ORA-S4 и GECCO2.

С использованием нескольких массивов данных ре-анализов и объективных анализов, охватывающих вторую половину 20-го века, подтверждено, что повторное появление аномалий характеристик верхнего перемешанного слоя (ВПС) на следующий год после их возникновения возможно на большей части Северной Атлантики (СА).

Проведена валидация новой версии модели циркуляции океанов и морей INMOM для Арктического бассейна с пространственным разрешением 4 км и 10 км в повёрнутой системе координат.

Разработана и внедряется в оперативную практику на базе ФГБУ ГОИН им. Н.Н.Зубова Росгидромета РФ комплексная Система Морских Ретроспективных расчетов и Прогнозов (СМРП) гидрометеорологических и ледовых характеристик. В её основе лежит комплекс региональных моделей атмосферы (WRF и/или COSMO), морской циркуляции (на базе INMOM), динамики-термодинамики ледяного покрова (INMOM и/или CICE) и ветрового волнения (PABM и/или SWAN). Эта система позволяет проводить как ретроспективные расчёты, так и предоставлять оперативные анализы и прогнозы гидрометеорологических условий в исследуемой акватории. Вычислительный комплекс позволяет получить практически полный список гидрометеорологических характеристик, необходимых при проектировании гидротехнических сооружений, планировании хозяйственной деятельности, транспортировке грузов и др. СМРП успешно работает в оперативном режиме для акватории западных морей российской Арктики; Азовского моря и Керченского пролива; Каспийского моря; Балтийского моря (д.ф.-м.н. Дианский Н.А.).

Подтема «Математическое моделирование динамики океана и вариационная ассимиляция данных наблюдений»

На основе базовой модели общей циркуляции океана создана численная модель гидродинамики Арктики с блоком морского льда, описывающим эволюцию его сплоченности и массы. Модель содержит процедуру четырехмерного вариационного усвоения данных температуры и солёности. Модельные уравнения формулируются в биполярной сферической системе координат с произвольным расположением полюсов (в общем случае) и вертикальной сигма-координатой. В модели Арктики полюсы расположены на экваторе, горизонтальное сеточное разрешение составляет 4 x 4 км. Процедура четырехмерного вариационного усвоения данных основана на решении системы оптимальности, включающей уравнения переноса-диффузии температуры и солёности (с фиксированным на интервале усвоения трёхмерным полем течений), уравнение состояния, а также их сопряжённые аналоги. Особенность алгоритма состоит в том, что постановка вариационной задачи осуществляется в терминах симметризованной записи уравнений и неявного метода покоординатного расщепления (д.ф.-м.н. Залесный В.Б., к.ф.-м.н. Гусев А.В., Фомин В.В.).

Проведены разработка, реализация и валидация новой версии модели циркуляции океанов и морей INMOM. Основные особенности INMOM: изобатическая координата по вертикали, полная нелинейная свободная поверхность с переменным объёмом и погружённым льдом, неявный алгоритм решения задачи для внешних гравитационных волн, блок расчёта характеристик морского льда с термодинамическим модулем, основанном на 0-слойной модели. Программный комплекс верифицирован на следующих расчётных областях: Северный Ледовитый океан (варианты разрешения 4 км и 10 км, повёрнутая система координат), Чёрное море (разрешение 4км, географические координаты), Мировой океан (разрешение 0.25°x0.25° и 1°x0.5°, криволинейные координаты).

ты со смещённым полюсом). Проведены тестовые расчёты по воспроизведению новой версией INMOM состояния Мирового океана за 1948-2009 с использованием данных атмосферного воздействия, подготовленных для проекта CORE-II (Coordinated Ocean-ice Reference Experiments, phase II).

Создана база данных массивов атмосферных характеристик на основе современных данных из базы JRA55-do, имеющих, по сравнению с данными CORE-II, более высокое разрешение (0.5625° по пространству и 3 часа по времени), подготовленных для новой фазы проекта OMIP (к.ф.-м.н. Гусев А.В.).

Подтема «Создание вычислительного ядра для модели атмосферы нового поколения»

Проведены работы по совершенствованию описания процессов подсеточного масштаба модели атмосферы ПЛАВ и работы по оптимизации ее программного комплекса. Усовершенствовано описание процессов взаимодействия поверхности, частично покрытой снегом, и пограничного слоя атмосферы. Уточнено описание нисходящих движений в процессе глубокой конвекции. Результаты внедрены в оперативную версию модели в Гидрометцентре России, где показано уменьшение ошибок прогноза приземной температуры в зимний период (д.ф.-м.н. Толстых М.А.).

Выполнен ряд оптимизаций программного комплекса глобальной модели атмосферы ПЛАВ, в том числе, осуществлен переход на вычисления с одинарной точностью в ряде блоков модели, выполнены оптимизации OpenMP. В результате при использовании 3880 процессорных ядер Cray XC40 перспективная версия модели с разрешением 11 км рассчитывает прогноз на 24 часа на 23 % быстрее. Выполнен анализ ускорения кода модели и для других используемых разрешений, во всех случаях наблюдается ускорение без изменения ошибок прогнозов (д.ф.-м.н. Толстых М.А., Гойман Г.С.).

Проведены работы по настройке и отладке совместных моделей ПЛАВ-ИВМИО-CICE (вместе с К.В. Ушаковым) и ПЛАВ-NEMO-SI3. В частности, решен ряд проблем в части согласования масок вода-суша, что позволило повысить устойчивость обеих моделей и уменьшить систематические ошибки вблизи берегов. Предварительные результаты ретроспективных прогнозов, выполненных на основе совместной модели ПЛАВ-ИВМИО-CICE, демонстрируют повышение успешности прогноза зимних индексов Северо-Атлантического колебания (САК) и Арктической осцилляции (АО) в сравнении с прогнозом ПЛАВ. Впервые запущена версия совместной модели ПЛАВ-NEMO-SI3 в версии с разрешением 0.5 градуса в моделях океана и морского льда (используется сетка типа ORCA) период (к.ф.-м.н. Фадеев Р.Ю., к.ф.-м.н. Ушаков К.В.).

Проведены работы по отладке, настройке и тестированию новой версии модели ПЛАВ, включающей стохастические параметризации, новый алгоритм взаимодействия почвы с атмосферой и пониженную точность описания некоторых полей и данных. Промежуточным результатом настройки и доработки модели ПЛАВ является улучшенное описание атмосферной циркуляции во внутритропической зоне конвергенции и Амазонии на масштабах времени от нескольких месяцев до 10 лет.

В ПЛАВ и всех сопутствующих ей инфраструктурных подпрограммах (система подготовки начальных данных в т.ч.) реализована возможность использования не стандартного формата входных и выходных данных, что является необходимым элементом создания модели ПЛАВ10 (к.ф.-м.н. Фадеев Р.Ю.).

Проведены работы по повышению устойчивости расчетов модели ПЛАВ в стратосфере (путем настройки поглощающего слоя у верхней границы модели). Повышение устойчивости будет способствовать уменьшению систематической ошибки скорости ветра (к.ф.-м.н. Шашкин В.В.).

Реализована параллельная линейаризованная негидростатическая модель атмосферы на сетке кубическая сфера. В рамках модели исследована производительность и масштабируемость экспоненциального и явного методов интегрирования по времени. При использовании экспоненциального метода интегрирования по времени с вычислением действия матричных функций на вектор состояния модели в подпространствах Крылова модель эффективно масштабируется до 5000 вычислительных ядер (к.ф.-м.н. Шашкин В.В., Гойман Г.С.).

Повышена точность вычислений траекторий в полулагранжевом экспоненциальном методе интегрирования по времени для уравнений мелкой воды на сфере, что привело к повышению точности метода в целом.

Разработаны 2 метода экспоненциального интегрирования по времени для модели негидростатической сжимаемой атмосферы. Вертикальный звуковой оператор интегрируется с помощью неявного или сеточно-характеристических методов. Методы имеют второй порядок аппроксимации по времени и абсолютно устойчивы, однако, точность при больших шагах по времени - уступает полунеявным и явно-неявным методам интегрирования по времени (к.ф.-м.н. Шашкин В.В.).

Реализована параллельная версия алгоритма полулагранжевой адвекции на сфере и алгоритма параллельной транспозиции данных, использующая вычисления с одинарной точностью. Данные версии алгоритмов внедрены и протестированы в рамках глобальной модели атмосферы ПЛАВ.

Реализована библиотека параллельных обменов, которая предоставляет алгоритмы и структуры для декомпозиции расчетной области, параллельных обменов и хранения данных для логически прямоугольных вычислительных сеток. Проведена верификация в рамках задачи численного решения линейаризованных уравнений Эйлера на сфере без учета вращения. Тесты с использованием количества ядер вплоть до 4992 показали, что реализованная библиотека позволяет эффективно и корректно осуществлять параллельные вычисления в рамках данной задачи.

Разработан алгоритм генерации стохастического возмущения параметров физических параметризаций подсеточного масштаба на сфере. Алгоритм внедрен в глобальную модель атмосферы ПЛАВ для расчета ансамблевого прогноза (Гойман Г.С.).

Выполнена серия экспериментов с системой ансамблевого прогноза погоды на основе глобальной полулагранжевой модели атмосферы ПЛАВ с разрешением $0,9 \times 0,72$ градуса по долготе и широте соответственно, 96 вертикальных уровней, а также локального ансамблевого фильтра Калмана с преобразованием ансамбля (LETKF). Анализ результатов показал, что учет высоты тропопаузы и усвоение радиозондовых наблюдений с высоким вертикальным разрешением позволяют повысить точность глобальных среднесрочных прогнозов погоды, однако эффект от этих модификаций меняется в зависимости от сезона и высоты (асп. Алипова К.А.).

5. Премии, награды и почетные звания, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2020 году

1. В Топ-10 ярких научных результатов года, полученных при поддержке РНФ, вошли результаты международной группы исследователей под руководством д.ф.-м.н. *Бочарова Геннадия Алексеевича* по разработке принципиально нового подхода в борьбе со сложными системными заболеваниями. Результаты вошли в список лучших работ на сайте РНФ и в аккаунтах Фонда в социальных сетях, а также на порталах Russia Today и Indicator.ru: <https://rscf.ru/news/found/top-10-yarkikh-nauchnykh-otkrytiy-2020-goda/>.

2. Премия Мэра Москвы имени Николая Островского присуждена *Чугунову Вадиму Николаевичу* за стойкость, духовные силы и значительные достижения в различных сферах жизнедеятельности.
3. Дипломы победителей конкурса научных работ молодых учёных на 63-й научной конференции МФТИ присуждены студентам кафедры вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике ФУПМ МФТИ *Абрашевой Веронике Олеговне* и *Легкому Алексею Андреевичу*.

6. Международные научные связи

В 2020 году ИВМ продолжалась научная работа по договорам с Обществом с ограниченной ответственностью «Техкомпания Хуавэй» (Китай).

С 24 августа по 29 августа 2020 года в режиме он-лайн проводилась седьмая Римско-Московская Школа по матричным методам и прикладной линейной алгебре для студентов старших курсов, магистрантов, аспирантов и молодых исследователей совместно с Римским университетом “Tor Vergata”, МГУ им. М. В. Ломоносова, Московским Центром Фундаментальной и Прикладной Математики, МФТИ и ООО “Техкомпания Хуавей”.

В сентябре 2020 г. в Отделении Московского центра фундаментальной и прикладной математики в ИВМ РАН профессором Павлом Сергеевичем Берловым (Imperial College London) прочитан курс лекций по геофизической математике, физике атмосферы и океана, гидродинамике и математическому моделированию. Курс был рассчитан на широкую аудиторию студентов, аспирантов и постдоков, специализирующихся на геофизической математике.

Сеченовский университет совместно с Шэньчжэнским институтом передовых технологий (SIAT) при поддержке Отделения Московского центра фундаментальной и прикладной математики в ИВМ РАН (с использованием кластера ИВМ РАН) провели 22-25 сентября 2020 г. Российско-китайскую школу по математическому моделированию и параллельным вычислениям.

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 2020 году состоял из 44 проектов, в том числе 4 проекта – по бюджету (госзадание), 4 – как договоры с различными организациями, 8 международных проектов, 9 проектов РНФ (из них 3 под руководством молодых ученых), 19 проектов РФФИ (из них 5 для поддержки аспирантов и 1 для молодых ученых).

7.3. Научные кадры

Всего научных сотрудников – 62 (в т.ч. 5 вне бюджета; совместители: д.ф.-м.н. Оселедец И.В., 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. Дианский Н.А., д.ф.-м.н. Сетуха А.В., к.ф.-м.н. Коньшин И.Н.), 2 внутренних совместителя и 11 совместителей вне бюджета.

Среди научных сотрудников:

докторов наук – 25 (в т.ч. 5 членов РАН: академики Дымников В.П., Тиртышников Е.Е., чл.-корр. Лыкосов В.Н., чл.-корр. Василевский Ю.В., чл.-корр. Ибраев Р.А.), кандидатов наук – 29, научных сотрудников без степени – 8, аспирантов – 9.

Движение кадров: принято на работу 1 научный сотрудник по бюджету, 8 научных сотрудников вне бюджета, 1 совместитель по бюджету; уволено 24 вне бюджета, 1 по бюджету.

7.4. Подготовка научных кадров

Аспирантура ИВМ РАН ведёт подготовку научно-педагогических кадров высшей квалификации по направлению 02.06.01 «Компьютерные и информационные науки», профили: математическое моделирование, численные методы, комплексы программ и вычислительная математика.

Лицензия на осуществление образовательной деятельности № 2754 от 03 июля 2018 г., серия 90ЛО1 № 0009866. Свидетельство о государственной аккредитации № 3078 от 24 апреля 2019 г., серия 90А01 № 0003237.

На начало года в аспирантуре обучалось 10 человек, все на бюджетной основе. Окончили обучение успешно 4 человека (получили дипломы о присвоении квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь»). Вновь принято 3 человека. На конец 2020 года в аспирантуре обучается 9 человек: 5 человек по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 4 человека по специальности 01.01.07 - вычислительная математика.

В ИВМ базируется кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике ФУПМ МФТИ (зав.кафедрой чл.-корр. Василевский Ю.В.). Практику (педагогическую и научно-исследовательскую) в ИВМ проходили 4 аспиранта, 13 студентов 1-2 курсов и 25 студентов 3-6 курсов.

7.5. Ученый совет ИВМ

Ученый совет ИВМ избран и утверждён на Общем собрании ИВМ РАН 8 сентября 2015 г.

В 2020 г. проведено 7 заседаний Учёного совета.

На заседаниях:

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

8. Семинары

В 2020 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. д.ф.-м.н. Агошков В.И., д.ф.-м.н. Залесный В.Б.).
- 3) Семинар “Вычислительная математика и приложения” (академик Тыртышников Е.Е., д.ф.-м.н. Агошков В.И., д.ф.-м.н. Богатырёв А.Б., чл.-корр. РАН. 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. д.ф.-м.н. Романюха А.А.).
- 6) Семинар “Математическое моделирование в биологии и медицине” (рук. д.ф.-м.н. Бочаров Г.А., чл.-корр. РАН Василевский Ю.В., проф. Вольперт В.А.).

9. Математический центр

В ИВМ РАН организовано Отделение математического центра мирового уровня “Московский центр фундаментальной и прикладной математики”.

30 июля 2019 года Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”, Федеральное государственное бюджетное учреждение “Федеральный исследовательский

центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук” и Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук организовали консорциум в целях создания и развития математического центра мирового уровня “Московский центр фундаментальной и прикладной математики”.

29 августа 2019 года в Зале коллегии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации состоялось заседание Совета по государственной поддержке создания и развития математических центров мирового уровня, на котором были определены победители конкурсного отбора, одним из которых стал “Московский центр фундаментальной и прикладной математики”.

8 ноября 2019 года между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и ИВМ РАН подписано соглашение о предоставлении гранта в форме субсидии из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития математического центра мирового уровня.

22 ноября 2019 в ИВМ РАН сформировано Отделение математического центра мирового уровня “Московский центр фундаментальной и прикладной математики”.

Отделением Математического центра в ИВМ РАН в течение 2020 года были проведены 8 семинаров и 3 лекции с выступлениями ведущих ученых, в том числе иностранных, а также курс из 8 лекций Павла Берлова (Imperial College London). Сотрудники Математического центра приняли участие в организации Римско-Московской школы по матричным методам и прикладной линейной алгебре, Русско-китайской школы по математическому моделированию и параллельным вычислениям, XII конференции по математическим моделям и численным методам в биологии и медицине.

10. Публикации сотрудников в 2020 году

Сотрудниками ИВМ РАН опубликовано в 2020 году 120 работ, в том числе:

4 монографии;

110 статей в ведущих российских и международных журналах;

90 статей в мировых научных журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (WEB of Science) и Scopus.

В 2020 году вышли из печати следующие монографии:

1. Yu. Vassilevski, M. Olshanskii, S. Simakov, A. Kolobov, A. Danilov. Personalized Computational Hemodynamics: Models, Methods, and Applications for Vascular Surgery and Antitumor Therapy. Academic Press, 2020, 280 pp.
2. Y. Vassilevski, K. Terekhov, K. Nikitin, I. Kapyrin. Parallel Finite Volume Computation on General Meshes. Springer International Publishing, 2020, 186 p. DOI: 10.1007/978-3-030-47232-0
3. Martin Lames, Alexander Danilov, Egor Timme, Yuri Vassilevski, Eds. Proceedings of the 12th International Symposium on Computer Science in Sport (IACSS 2019). Series Title: Advances in Intelligent Systems and Computing 1028, Springer International Publishing 2020.

4. Расчетный код для трехмерного геофильтрационного и геомиграционного моделирования. Учебная версия. GeRa/E1.0. Дополнительные главы: Учебное пособие. Авторы: Капырин И.В., Григорьев Ф.В., Расторгуев А.В. и др. — М.: ИБРАЭ РАН.

В 2020 году опубликованы следующие научные работы:

Тема «Вычислительная математика, тензоры и оптимизация методов»

Подтема «Матричные методы в математике и приложениях»

Sulimov V.B., Kutov D.C., Taschilova A.S., Ilin I.S., Tyrtysnikov E.E., Sulimov A.V. Docking paradigm: Drug Design, Current Topics in Medicinal Chemistry, Bentham Science Publishers, 2020, v.20, p. 1-47.

Shcherbakova E., Tyrtysnikov E. Nonnegative Tensor Train Factorizations and Some Applications, Lecture Notes in Computer Science, 2020, v.11958, p. 156-164.

Matveev S.A., Sorokin A.A., Smirnov A.P., Tyrtysnikov E.E. Oscillating stationary distributions of nanoclusters in an open system, Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems, 2020, v. 26 (6), p. 562-575.

Tyrtysnikov E. Tensor decompositions and rank increment conjecture, Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 2020, v.25 (4), p. 239-246.

Разжевайкин В.Н., Тыртышников Е.Е. Об индикаторах устойчивости неотрицательных матриц, Доклады Академии наук, 2020, т. 490 (1), с. 51-54.

Morozov S.V.m, Serra-Capizzano S., Tyrtysnikov E.E. Computation of Asymptotic Spectral Distributions for Sequences of Grid Operators, Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2020, Vol. 60, No. 11, p. 1761–1777.

A. Yurova, V. Salamatova, Yu. Vassilevski, L. Wang L, S. Goreynov, O. Kosukhin, A. Shipilov, Yu. Aliev, Personalized Geometric Modeling of a Human Knee: Data, Algorithms, Outcomes. Smart Modelling For Engineering Systems, Vol. 1. – Proc. Int. Conf. Comp. Meth. Continuum Mech. (ICMCM 2021). Springer, 2021.

Stefonishin D. A., Matveev S. A., Zheltkov D. A. Tensors in modelling multi-particle interactions //International Conference on Large-Scale Scientific Computing. – Springer, Cham, 2019. – С. 173-180.

Zheltkov D. A., Osinsky A. Global Optimization Algorithms Using Tensor Trains //International Conference on Large-Scale Scientific Computing. – Springer, Cham, 2019. – С. 197-202.

Morozov S., Zheltkov D. A., Zamarashkin N. On the Problem of Decoupling Multivariate Polynomials //International Conference on Large-Scale Scientific Computing. – Springer, Cham, 2019. – С. 133-139.

Zheltkova V. V. et al. Application of the Global Optimization Methods for Solving the Parameter Estimation Problem in Mathematical Immunology //International Conference on Large-Scale Scientific Computing. – Springer, Cham, 2019. – С. 203-209.

Zheltkov D. A. et al. An efficient software implementation of numerical methods for solving stiff systems of delay differential equations //Numerical methods and programming. – 2020. – Т. 21. – С. 78-86.

Zheltkov D., Tyrtysnikov E. Global optimization based on TT-decomposition // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. – 2020. – Т. 35. – №. 4. – С. 247-261.

Stavtsev S.L. Low Rank Structures in Solving Electromagnetic Problems // Lecture notes in computer science, в сборнике Springer LNCS 11958, 2020, pp. 165–172.

Желтков Д.А., Третьякова Р.М., Желткова В.В., Бочаров Г.А. Эффективная программная реализация численных методов решения жестких систем дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. Вычислительные методы и программирование. 2020, 21(1): 78-86. DOI: 10.26089/NumMet.v21r107.

Zheltkova V.V., Zheltkov D.A., Bocharov G.A., Tyrtysnikov E. Application of the Global Optimization Methods for Solving the Parameter Estimation Problem in Mathematical Immunology. In: Lirkov I., Margenov S. (eds) Large-Scale Scientific Computing. LSSC 2019. Lecture Notes in Computer Science, 2020, vol. 11958: 203-209. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41032-2_23.

Подтема «Сопряженные уравнения и методы теории управления в нелинейных задачах математической физики»

Агошков В. И., Залесный В. Б., Шелопут Т. О. Вариационная ассимиляция данных в задачах моделирования гидрофизических полей в открытых акваториях // Известия РАН, Физика атмосферы и океана, 2020, т.56, №3, с.293-308, DOI: 10.1134/S0001433820030020

Агошков В. И. Новая методика формулировки алгоритмов разделения области // ЖВМ и МФ, 2020, Т. 60, №6, с.351-386, DOI: 10.31857/S0044466920030023

Агошков В. И., Лёзина Н.Р., Шелопут Т. О. Восстановление граничных функций на внешних и внутренних жидких границах в задаче гидродинамики открытой акватории // ЖВМ и МФ, 2020, Т. 60, № 11, с.1915-1932, DOI: 10.1134/S0965542520110019.

Zalesny V.B., Agoshkov V.I., Shutyaev V.P., Parmuzin E.I., Zakharova N.B. Numerical Modeling of Marine Circulation with 4D Variational Data Assimilation // J. Mar. Sci. Eng., 2020, V.20, no. 7, pp. 1-19, DOI: 10.3390/jmse8070503.

Agoshkov V.I., Lezina N.R., Parmuzin E.I., Sheloput T.O., Shutyaev V.P., and Zakharova N.B. Methods of variational data assimilation with application to problems of hydrothermodynamics of marine water areas // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, 2020, v.35, no.4, pp.189-202, DOI: 10.1515/rnam-2020-0016.

Шутяев В.П., Агошков В.И., Захарова Н., Лёзина Н.Р., Пармузин Е.И., Шелопут Т.О. Методы вариационной ассимиляции данных и их приложения в задачах гидротермодинамики морских акваторий // Сборник тезисов Междунар. конф., посв. 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука Новосибирск, 19–23 октября 2020 г. / Ин-т вычислит. математики и матем. геофизики СО РАН. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2020, с.102-103.

Пармузин Е.И., Агошков В.И., Шутяев В.П. Вариационная ассимиляция данных спутниковых наблюдений для модели динамики моря // Сборник тезисов Междунар. конф., посв. 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука Новосибирск, 19–23 октября 2020 г. / Ин-т вычислит. математики и матем. геофизики СО РАН. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2020, с.127.

Захарова Н.Б., Агошков В.И., Лебедев С.А., Лезина Н.Р., Пармузин Е.И., Фомин В.В., Шелопут Т.О., Шутяев В.П. Вариационная ассимиляция данных ЦКП "ИКИ-мониторинг" в задаче моделирования динамики Черного и Азовского морей // Сборник тезисов восемнадцатой Всероссийской открытой конференции "Современные пробле-

мы дистанционного зондирования Земли из космоса", 16-20 ноября 2020 г. Москва: ИКИ РАН, 2020, с.11.

Shutyaev, V., Le Dimet, F.-X., Parmuzin, E. Sensitivity of response functions in variational data assimilation for joint parameter and initial state estimation // Journal of Computational and Applied Mathematics, 2020, v.373, pp.1-14.

Шутяев В.П., Пармузин Е.И. Чувствительность функционалов задачи вариационного усвоения данных с одновременным восстановлением потоков тепла и начального состояния для модели термодинамики моря // СибЖВМ, 2020, Т.23, №4, с.457-470, DOI: 10.15372/SJNM20200408.

Коротаев Г.К., Шутяев В.П. Численное моделирование циркуляции океана со сверхвысоким пространственным разрешением // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2020, т.56, №3, с.334-346.

Пармузин Е.И., Агошков В.И., Шутяев В.П. Вариационная ассимиляция данных спутниковых наблюдений для модели динамики моря // Марчуковские научные чтения-2020. Тезисы международной конференции, посвященной 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука. Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, 2020, с.127.

N.B. Zakharova "The study of the state of the World Ocean areas based on modern technologies for processing and analyzing data", 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 459 042007.

Lezina N., Sheloput T. Application of the domain decomposition method in the variational data assimilation problem: description of two approaches // ApplMath20 (book of abstracts), 2020. P. 39.

Шелопут Т.О. Исследование и решение обратных задач в проблемах моделирования гидрофизических полей в акваториях с открытыми границами // Марчуковские научные чтения 2020: Тезисы Междунар. конф., посв. 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука Новосибирск, 19–23 октября 2020 г. / Ин-т вычислит. математики и матем. геофизики СО РАН. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2020. С. 138.

Захарова Н.Б., Агошков В.И., Лебедев С.А., Лезина Н.Р., Пармузин Е.И., Фомин В.В., Шелопут Т.О., Шутяев В.П. Вариационная ассимиляция данных ЦКП "ИКИ-мониторинг" в задаче моделирования динамики Черного и Азовского морей // Сборник тезисов восемнадцатой Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", 16-20 ноября 2020 г. Москва: ИКИ РАН, 2020, с. XVIII.A.424.

Лёзина Н. Р., Шелопут Т. О. Методы вариационной ассимиляции данных и разделения области в задаче гидродинамики открытой акватории // Сборник тезисов восемнадцатой Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", 16-20 ноября 2020 г. Москва: ИКИ РАН, 2020, с. XVIII.A.447.

Подтема «Оптимальные методы в задачах вычислительной математики»

Богатырёв А.Б., Григорьев О.А., Фильтрация под ступенчатой плотинной и римановы тэта-функции / Анализ и математическая физика, Сборник статей. К 70-летию со дня рождения профессора Армена Глебовича Сергеева, Тр. МИАН, 311 – М.: , МИАН, 2020 (Q2 на момент представления работы)

Bogatyrev A., Coordinate spaces of graphs: approaching interior faces, 2020, 13 pp., arXiv: 2009.11822.

- Bogatyrev A., Riemann surface: a computational instrument / Mathematical Science in computing and communication, CSTT Whitebook, Shanghai, PRC, 2020.
- Demyanko K.V., Kaporin I.E., Nechepurenko Yu.M., Inexact Newton method for the solution of eigenproblems arising in hydrodynamic temporal stability analysis// Journal of Numerical Mathematics, 2020, **28** (1), 1-14. <https://doi.org/10.1515/jnma-2019-0021> (Q1)
- G.V. Zasko, A.V. Glazunov E.V. Mortikov, Yu.M. Nechepurenko. Large-scale structures in stratified turbulent Couette flow and optimal disturbances // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, 2020, V.35, N.1, P. 35-53. <https://doi.org/10.1515/rnam-2020-0004> (Q2)
- Sklyarova E.V., Nechepurenko Yu.M., Bocharov G.A., Numerical steady state analysis of the Marchuk-Petrov model of antiviral immune response// Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, 2020, V. 35, N. 2, P.95-110. <https://doi.org/10.1515/rnam-2020-0008> (Q2)
- Засько Г.В., Нечепуренко Ю.М. Спектральный анализ оптимальных возмущений стратифицированного турбулентного течения Куэтта// Журнал вычислительной математики и математической физики, 2021, Т. 61, № 1, С. 87–100. (Q2)
- S.V. Kirilovskiy, A.V. Boiko, K.V. Demyanko, Y.M. Nechepurenko, T.V. Poplavskaya. Simulation of the laminar-turbulent transition in the boundary layer of the swept wing in the subsonic flow at angles of attack// AIP Conference Proceedings, 2288, 030011-1–030011-6 (2020). <https://doi.org/10.1063/5.0029311>.
- A.V. Boiko, K.V. Demyanko, S.V. Kirilovskiy, Y.M. Nechepurenko, T.V. Poplavskaya. On the problem of prediction of the laminar-turbulent transition in fully three-dimensional boundary layers// AIP Conf. Proc. 2288, 030088-1–030088-4 (2020). <https://doi.org/10.1063/5.0028296>.
- A.V. Boiko, K.V. Demyanko, A.V. Ivanov, S.V. Kirilovskiy, D.A. Mishenko, Y.M. Nechepurenko and T.V. Poplavskaya. On developing methods for predicting the laminar-turbulent transition in aerodynamic applications// JOP, 2020.
- Boiko A.V., Demyanko K.V., Ivanov A.V., Kirilovskiy S.V., Mischenko D.A., Nechepurenko Yu.M., Poplavskaya T.V. On the development of methods of the laminar-turbulent transition prediction // Int. Conf. on the Methods of Aerophys. Research (Novosibirsk, Russia, November 1-7, 2020): Abstracts. Pt. II. Novosibirsk: Parallel, 2020. P. 14-15.
- Demyanko K.V., Boiko A.V., Chernoray V.G. On the temporal stability of fluid flow in an elliptic pipe with compliant wall // Int. Conf. on the Methods of Aerophys. Research (Novosibirsk, Russia, November 1-7, 2020): Abstracts. Pt. I. Novosibirsk: Parallel, 2020. P. 48-49.
- Бойко А.В., Демьянко К.В., Иванов А.В., Кириловский С.В., Мищенко Д.А., Нечепуренко Ю.М., Поплавская Т.В. О развитии методов определения положения ламинарно-турбулентного перехода в аэродинамических приложениях / Лаврентьевские чтения по математике, механике и физике / Тезисы докладов IX Международной конференции, посвященной 120-летию со дня рождения академика М. А. Лаврентьева, 7 – 11 сентября 2020 г., Новосибирск, 2020. С. 84.
- Бойко А.В., Демьянко К.В., Иванов А.В., Кириловский С.В., Мищенко Д.А., Нечепуренко Ю.М., Поплавская Т.В. О развитии методов определения положения ламинарно-турбулентного перехода/ Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии: Тезисы докладов XIV Всероссийской конференции молодых ученых/ Под ред. А.Н. Шиплюка, 28 февраля – 6 марта 2020 г., Новосибирск-Шереш. Новосибирск: Параллель, 2020. С. 25-26.
- Нечепуренко Ю.М., Бойко А.В., Демьянко К.В., Кириловский С.В., Поплавская Т.В. Расчет положения ламинарно-турбулентного перехода / Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии: Тезисы докладов XIV Всероссийской конференции

молодых ученых/ Под ред. А.Н. Шиплюка, 28 февраля – 6 марта 2020 г., Новосибирск-Шерегеш. Новосибирск: Параллель, 2020. С. 137-138.

Демьянко К.В., Бойко А.В. О временной устойчивости течения Пуазейля в трубе с податливой стенкой / Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии: Тезисы докладов XIV Всероссийской конференции молодых ученых/ Под ред. А.Н. Шиплюка, 28 февраля – 6 марта 2020 г., Новосибирск-Шерегеш. Новосибирск: Параллель, 2020. С. 61-62.

Бойко А.В., Демьянко К.В., Кириловский С.В., Нечепуренко Ю.М., Поплавская Т.В. К проблеме определения положения перехода к турбулентности в пограничных слоях тел в трансзвуковом потоке / Всероссийская конференция с элементами научной школы для молодых ученых: Тезисы докладов XXXVI Сибирского теплофизического семинара, посвященного 70-летию академика С.В. Алексеенко, 5 – 7 октября 2020 г., Новосибирск, 2020. С. 39.

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

Bocharov G, Casella V, Argilaguet J, Grebennikov D, Güerri-Fernandez R, Ludewig B and Andreas Meyerhans A. Numbers game and immune geography as determinants of coronavirus pathogenicity. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10:559209. doi: 10.3389/fcimb.2020.559209. (IF=4.123).

Gennady A. Bocharov, Dmitry S. Grebennikov, Rostislav S. Savinkov. Mathematical immunology: from phenomenological to multiphysics modelling. *Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling* 2020; 35(4): 203-213 <https://doi.org/10.1515/rnam-2020-0017> (JCR 2018 IF = 0.779).

Sazonov, I.; Grebennikov, D.; Kelbert, M.; Meyerhans, A.; Bocharov, G. Viral Infection Dynamics Model Based on a Markov Process with Time Delay between Cell Infection and Progeny Production. *Mathematics* 2020, 8, 1207. doi:10.3390/math8081207 (IF=1.747).

Zvi Grossman, Nevil J. Singh, Francesco R. Simonetti, Michael M. Lederman, Daniel C. Douek, Steven G. Deeks, Takeshi Kawabe, Gennady Bocharov, Martin Meier-Schellersheim, Hagit Alon, Nicolas Chomont, Zehava Grossman, Ana E. Sousa, Leonid Margolis, and Frank Maldarelli. ‘Rinse and Replace’: Boosting T Cell Turnover To Reduce HIV-1 Reservoirs. *Trends in Immunology*. 2020 Jun;41(6):466-480. doi: 10.1016/j.it.2020.04.003 (IF = 10.65).

Желтков Д.А., Третьякова Р.М., Желткова В.В., Бочаров Г.А. Эффективная программная реализация численных методов решения жестких систем дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. *Вычислительные методы и программирование*. 2020, 21(1): 78-86. DOI: 10.26089/NumMet.v21r107.

Ekaterina V. Sklyarova, Yuri M. Nechipurenko and Gennady A. Bocharov. Numerical steady state analysis of the Marchuk–Petrov model of antiviral immune response. *Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling*. 2020, 35(2): 95-110. <https://doi.org/10.1515/rnam-2020-0008>, (JCR 2018 IF = 0.779).

Bocharov G, Volpert V, Ludewig B, Meyerhans A. Editorial: Mathematical Modeling of the Immune System in Homeostasis, Infection and Disease. *Front Immunol*. 2020 Jan 8;10:2944. doi: 10.3389/fimmu.2019.02944. eCollection 2019.

Novkovic M, Onder L, Bocharov G, Ludewig B. Topological Structure and Robustness of the Lymph Node Conduit System. *Cell Rep*. 2020 Jan 21;30(3):893-904.e6. doi: 10.1016/j.celrep.2019.12.070. (Q1) (IF=7.815).

Shcherbatova O, Grebennikov D, Sazonov I, Meyerhans A, Bocharov G. Modeling of the HIV-1 Life Cycle in Productively Infected Cells to Predict Novel Therapeutic Targets. *Pathogens*. 2020 Mar 31;9(4). pii: E255. doi: 10.3390/pathogens9040255. (Q1) (JCR 2018 IF = 3.405).

Nikolai Bessonov, Gennady Bocharov, Andreas Meyerhans, Vladimir Popov and Vitaly Volpert. Nonlocal Reaction–Diffusion Model of Viral Evolution: Emergence of Virus Strains. *Mathematics* 2020, 8, 117; doi:10.3390/math8010117 (IF=1.105).

Bocharov G., Jäger W., Knoch J., Neuss-Radu M., Thiel M. A mathematical model of HIF-1 regulated cellular energy metabolism, *Vietnam Journal of Mathematics*. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10013-020-00426-y>.

Zheltkova V.V., Zheltkov D.A., Bocharov G.A., Tyrtysnikov E. Application of the Global Optimization Methods for Solving the Parameter Estimation Problem in Mathematical Immunology. In: Lirkov I., Margenov S. (eds) *Large-Scale Scientific Computing. LSSC 2019. Lecture Notes in Computer Science*, 2020, vol. 11958: 203-209. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41032-2_23.

Rihan F.A., Kuang Y., Bocharov G. From the guest editors: delay differential equations: theory, applications and new trends. *Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series B*. 2020, 13(9): I-IV.

Тема «Методы и технологии вычислительной математики и задачи биологии и медицины»

Подтема «Построение и исследование численных методов решения задач динамики океана и вязкой несжимаемой жидкости, гемодинамики, геофльтрации и геомиграции»

Sergey Simakov, Alexander Timofeev, Timur Gamilov, Philip Kopylov, Dmitry Telyshev and Yuri Vassilevski. Analysis of operating modes for left ventricle assisted devices via integrated models of blood circulation. *Mathematics*, 8, 1331; 2020 (Q1).

Bouchnita A., Terekhov K., Nony P., Vassilevski Y., Volpert V. A mathematical model to quantify the effects of platelet count, shear rate, and injury size on the initiation of blood coagulation under venous flow conditions. *PLoS ONE* 15(7): e0235392, 2020 (Q1).

Simakov S., Timofeev A., Gamilov T., Kopylov P., Telyshev D., Vassilevski Y. Analysis of impact of left ventricle assisted devices to systemic circulation. *Russ.J.Numer.Anal.Math. Modelling* (Q2 SJR), 35(5), 2020, 295-314 (Q2).

Ge X, Liu Y, Yin Z, Tu S, Fan Y, Vassilevski Y, Simakov S, Liang F. Comparison of instantaneous wave-free ratio (iFR) and fractional flow reserve (FFR) with respect to their sensitivities to cardiovascular factors: a computational model-based study. *Journal of Interventional Cardiology*, Article ID 4094121, 2020, 12 pages (Q2).

Гогниева Д.Г., Першина Е.С., Митина Ю.О., Гамилов Т. М., Прямоносков Р. А., Гогиебридзе Н. А., Рожков А.Н., Василевский Ю.В., Симаков С.С., Лианг Ф., Синицын В.Е., Бетелин В.Б., Щекочихин Д. Ю., Сыркин А. Л., Копылов Ф. Ю. Сравнение диагностической эффективности методик неинвазивного расчета фракционного резерва кровотока, основанных на построении одномерной и трехмерной математических моделей. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2020;19(2):12-18. doi:10.15829/1728-8800-2020-2303 (Q3).

I.Konshin, K.Terekhov, Yu.Vassilevski. Numerical modelling via INMOST software platform. *Mathematica Montisnigri*, 47, 75-86, 2020.

Lijian Xu, Tianyang Yang, Lekang Yin, Ye Kong, Yuri Vassilevski, Fuyou Liang, Numerical simulation of blood flow in aorta with dilation: a comparison between laminar and LES modeling methods. *Computer Modeling in Engineering & Sciences*, 010719, 2020.

Stark M, Mynbaev O, Belci D, Danilov A, Vassilevski Y, Ogutu O. Toward Universal Unified Cesarean Section Method in Africa. *East African Scholars J Med Sci*, 2020; 3(10):5-9.

A. Danilov, A. Yurova. Automated segmentation of abdominal organs from contrast-enhanced computed tomography using analysis of texture features. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, 2020, 36:e3309.

Yu. Vassilevski, A. Danilov, A. Lozovskiy, M. Olshanskii, V. Salamatova, S. M. Chang, Yu. Han, C. H. Lin. A stable method for 4D CT-based CFD simulation in the right ventricle of a TGA patient. *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, 2020, 35:315–324.

I. Berre et al. Verification benchmarks for single-phase flow in three-dimensional fractured porous media. // *Advances in Water Resources*, Volume 147, 2021, 103759. DOI: 10.1016/j.advwatres.2020.103759.

K. Nikitin, R. Yanbarisov. Monotone Embedded Discrete Fracture Method for the Two-Phase Flow Model // *International Conference on Finite Volumes for Complex Applications*. – Springer, Cham, 2020. pp. 557-564. DOI: 10.1007/978-3-030-43651-3_52.

I. Konshin, K. Nikitin, K. Terekhov, Y. Vassilevski. Parallel BIILU2-based iterative solution of linear systems in reservoir simulation: do optimal parameters exist? // *Springer Communications in Computer and Information - Russian Supercomputing Days 2020*.

K. Terekhov, K. Nikitin, Y. Vassilevski. INMOST platform for parallel multi-physics applications: multi-phase flow in porous media and blood flow coagulation // *Springer Communications in Computer and Information - Russian Supercomputing Days 2020*.

Grigorev F. V., Kapyrin I. V., Plenkin A. V. Discrete Fracture Matrix Model Applied to the Computation of Water Flow Through the Underground Facility // *Lobachevskii Journal of Mathematics*. – 2020. – Vol. 41. – No. 4. – Pp. 526-532.

Novikov K., Kapyrin I. Coupled Surface–Subsurface Flow Modelling Using the GeRa Software // *Lobachevskii Journal of Mathematics*. – 2020. – Vol. 41. – No. 4. – Pp. 538-551.

I.Konshin, Efficiency of basic linear algebra operations on parallel computers, *Springer Communications in Computer and Information Science* (2019), V. 1129, 26--38. DOI: 10.1007/978-3-030-36592-9

I. N. Konshin, K. M. Terekhov, Yu. V. Vassilevski, Mathematical and numerical modelling via the INMOST software platform. *Mathematica Montisnigri*, Vol. XLVII (2020) 75–86. DOI: 10.20948/mathmontis-2020-47-7.

K. Terekhov, Collocated Finite-Volume Method for the Incompressible Navier-Stokes Problem // *Journal of Numerical Mathematics*, De Gruyter, 2020, DOI 10.1515-2020-0008.

K. Terekhov, Multi-physics flux coupling for hydraulic fracturing modelling within INMOST platform // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 35(4), 223-237, De Gruyter, 2020, DOI 10.1515/rnam-2020-0019.

A. Abushaikh, K. Terekhov, A fully implicit mimetic finite difference scheme for general purpose subsurface reservoir simulation with full tensor permeability // Journal of Computational Physics, Elsevier, V.406, 109194, 2020, DOI: 10.1016/j.jcp.2019.109194.

K. Terekhov, H. Tchelepi, Cell-centered finite-volume method for elastic deformation of heterogeneous media with full-tensor properties // Journal of Computational and Applied Mathematics, Elsevier, 2020, V.364, 112331, DOI: 10.1016/j.cam.2019.06.047.

K. Terekhov, Cell-centered finite-volume method for heterogeneous anisotropic poromechanics problem // Journal of Computational and Applied Mathematics, Elsevier, 2020, V.365, 112357, DOI: 10.1016/j.cam.2019.112357.

Подтема «Математическое моделирование процесса противинфекционной защиты: энергетика и адаптация»

Romanyukha, A. A., Karkach, A. S., Borisov, S. E., Belilovsky, E. M., Sannikova, T. E., & Krivorotko, O. I. (2020). Small-scale stable clusters of elevated tuberculosis incidence in Moscow, 2000–2015: Discovery and spatiotemporal analysis. *International Journal of Infectious Diseases*, 91, 156-161. Q1 <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2019.11.015>.

Влад А.И., Санникова Т.Е., Романюха А.А. Моделирование распространения респираторных вирусных инфекций в городе: мультиагентный подход. *Мат. биол. и биоинф.* 2020;15(2):338-356.

Rudnev S.G., Burns J.S., Williams P.L., Lee M.M., Korrick S.A., Denisova T., Dikov Yu., Kozupitsa G., Hauser R., Sergeyev O.V. Comparison of bioimpedance body composition in young adults in the Russian Children's Study // *Clin. Nutr. ESPEN*. 2020. V. 35. P. 153-161. DOI: 10.1016/j.clnesp.2019.10.007.

Burns J.S., Williams P.L., Sergeyev O., Korrick S.A., Rudnev S., Plaku-Alakbarova B., Revich B., Hauser R., Lee M.M. Associations of peri-pubertal serum dioxins and polychlorinated biphenyls with growth and body composition among Russian boys in a longitudinal cohort // *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2020. V. 223, N 1. P. 228-237. DOI: 10.1016/j.ijheh.2019.08.008.

Тема «Моделирование динамики Земной системы и задачи окружающей среды»

Подтема «Моделирование климата и его изменений»

Дымников В.П., Кулямин Д.В., Останин П.А. Совместная модель глобальной динамики термосферы и ионосферы Земли // *Известия РАН, ФАиО*, 2020, т.56, №3, с.280-292.

Дымников В.П., Тыртышников Е.Е., Лыкосов В.Н., Залесный В.Б. Математическое моделирование климата, динамики атмосферы и океана – К 95-летию Г.И.Марчука и 40-летию ИВМ РАН // *Изв. РАН. ФАиО*, 2020, т.56, № 3, с. 251-254.

Кострыкин С.В., Кулямин Д.В., Останин П.А., Дымников В.П. Модель Ф-слоя земной ионосферы на основе уравнений переноса и амбиполярной диффузии // *Мат. Моделирование*, 2020, т.32, № 11.

Kulyamin D. V., Ostanin P.A. Modelling of Equatorial Ionospheric Anomaly in INM RAS coupled thermosphere–ionosphere model // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*. — 2020. — Vol. 35, N. 1. - P. 1–9.

Володин Е.М. О механизме колебания климата в Арктике с периодом около 15 лет по данным модели климата ИВМ РАН // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56. № 2. С. 139-149.

Володин Е.М., Грицун А.С. Воспроизведение возможных будущих изменений климата в XXI веке с помощью модели климата INM-CM5 // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56. № 3. С. 255-266.

Варгин П.Н., Кострыкин С.В., Ракушина Е.В., Володин Е.М., Погорельцев А.И. Исследование изменчивости дат весенних перестроек циркуляции стратосферы и параметров стратосферного полярного вихря в Арктике по данным моделирования и реанализа // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56. № 5. С. 526-539.

Варгин П.Н., Володин Е.М. Исследование изменений динамики стратосферы северного полушария в XXI веке по расчетам климатической модели ИВМ РАН // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2020. Т. 1. № 5. С. 27-34.

Ayarzagüena B., Charlton-Perez A.J., Butler A.H., Hitchcock P., Simpson I.R., Polvani L.M., Butchart N., Gerber E.P., Gray L., Osprey S., Hassler B., Lin P., Lott F., Manzini E., Mizuta R., Orbe C., Saint-Martin D., Sigmond M., Taguchi M., Volodin E.M. et al. Uncertainty in the response of sudden stratospheric warmings and stratosphere-troposphere coupling to quadrupled CO₂ concentrations in cmip6 models // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2020. Т. 125. № 6. С.e2019JD032345.

Brierley, C.M., Zhao, A., Harrison, S.P., (...), Annan, J.D., Abe-Ouchi A., Volodin E.M. Large-scale features and evaluation of the PMIP4-CMIP6 midHolocene simulations // Climate of the Past 16(5), с.1847-1872.

Brown, J.R., Brierley, C.M., An, S.-I., (...), Zhang, Z., Zheng, W., Volodin E.M. Comparison of past and future simulations of ENSO in CMIP5/PMIP3 and CMIP6/PMIP4 models // Climate of the Past 16(5), с.1777-1805.

Volodin, E.M., Gritsun, A.S., 2020, Simulation of Possible Future Climate Changes in the 21st Century in the INM-CM5 Climate Model, Izvestiya - Atmospheric and Ocean Physics, 2020, 56(3), 218-228.

Gritsun, A. Variability of Extra Tropical Atmospheric Circulation and Periodic Trajectories in Simplified Models of Atmospheric Dynamics // Izvestiya - Atmospheric and Ocean Physics, 2020, 56(3), 229-240.

Perezhogin P. A. 2D turbulence closures for the barotropic jet instability simulation // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. – 2020. – Т. 35. – №. 1. – С. 21-35.

Perezhogin P. A. Testing of kinetic energy backscatter parameterizations in the NEMO ocean model // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. – 2020. – Т. 35. – №. 2. – С. 69-82.

Пережогин П.А., Глазунов А.В. Параметризации подсеточной квазидвумерной турбулентности класса LES, ориентированные на применение в моделях океана промежуточного разрешения. Всероссийская конференция, посвященная памяти академика Александра Михайловича Обухова «Турбулентность, динамика атмосферы и климата», 10-12 ноября 2020, Москва. Тезисы конференции.

Подтема «Математическое моделирование региональных природно-климатических процессов»

Глазунов А. В., Яковлев Н. Г. Исследование конвекции в пограничном слое океана под неоднородным льдом с помощью вихреразрешающей (LES) модели // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. – 2020. – Т. 56. – №. 3. – С. 309-321.

Zasko, G. V., Glazunov, A. V., Mortikov, E. V., Nechepurenko, Y. M. (2020). Large-scale structures in stratified turbulent Couette flow and optimal disturbances // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 35(1), 37-53. 10.1515/rnam-2020-0004.

Mortikov E.V., Glazunov A.V., Debolskiy A.V., Kadantsev E.V., Lykosov V.N., Zilitinkevich S.S. Parameterization of the dissipation rate of turbulent kinetic energy in atmospheric and oceanic boundary layer models // ENVIROMIS-2020. Избранные труды, место издания Издательство Томского ЦНТИ Томск, с. 106-108.

Мортиков Е.В., Глазунов А.В., Дебольский А.В., Каданцев Е.В., Лыкосов В.Н., Зилитинкевич С.С. Параметризация скорости диссипации кинетической энергии турбулентности в моделях пограничного слоя атмосферы и океана// ENVIROMIS-2020. Избранные труды, место издания Издательство Томского ЦНТИ Томск, с. 105-106.

Дымников В.П., Тыртышников Е.Е., Лыкосов В.Н., Залесный В.Б. Математическое моделирование климата, динамики атмосферы и океана: к 95-летию Г.И. Марчука и 40-летию ИВМ РАН // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2020, т. 56, № 3, с. 251–254.

Dymnikov V.P., Tyrtysnikov E.E., Lykosov V.N., Zalesny V.B. Mathematical Modeling of Climate, Dynamics Atmosphere and Ocean: to the 95-th Anniversary of G.I. Marchuk and 40th Anniversary of the INM RAS // Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics, 2020, v. 56, no. 3, p. 215–217. DOI: 10.1134/S0001433820030056.

Степаненко В.М., Репина И.А., Федосов В.Э., Зилитинкевич С.С., Лыкосов В.Н. Обзор методов параметризации теплообмена в моховом покрове для моделей Земной системы. – Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2020, т. 56, № 2, с. 127–138.

Stepanenko V.M., Repina I.A., Fedosov V.E., Zilitinkevich S.S., Lykosov V.N. An Overview of Parametrizations of Heat Transfer over Moss-Covered Surfaces in the Earth System Models. – Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics, 2020, v. 56, no. 2, p. 101–111. DOI: 10.1134/S0001433820020139.

Мортиков Е.В., Глазунов А.В., Дебольский А.В., Каданцев Е.В., Лыкосов В.Н., Зилитинкевич С.С. Параметризация скорости диссипации кинетической энергии турбулентности в моделях пограничного слоя атмосферы и океана. – Избранные труды Международной конференции и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды ENVIROMIS-2020. Издательство Томского ЦНТИ, Томск, 2020. С. 105–106.

Степаненко В.М., Медведев А.И., Дебольский А.В., Гладских Д.С., Мортиков Е.В., Гусева С.П., Богомолов В.Ю., Репина И.А., Лыкосов В.Н. Представление гидрологических объектов суши в математических моделях Земной системы. – Избранные труды Международной конференции и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды ENVIROMIS-2020. Издательство Томского ЦНТИ, Томск, 2020. С. 112–114.

Stepanenko V.M., Medvedev A.I., Debolskiy A.V., Gladskikh D.S., Mortikov E.V., Guseva S.P., Bogomolov V.Yu., Repina I.A., Lykosov V.N. Representation of land water objects in the Earth system models. – Избранные труды Международной конференции и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для

изучения окружающей среды ENVIROMIS-2020. Издательство Томского ЦНТИ, Томск, 2020. С. 114–115.

Подтема «Математическое моделирование газовой и аэрозольной динамики и кинетики в атмосфере в региональном масштабе и задачи окружающей среды»

Ермаков А.Н., Алоян А.Е., Арутюнян В.О., О взаимовлиянии минеральных и органических компонентов в атмосферном аэрозоле // Изв. РАН: Физика атмосферы и океана, 2020. Т. 56. № 1. С. 89–96. doi 10.31857/S0002351520010034.

Yermakov A.N., Aloyan A.E., Arutyunyan V.O., Seasonal variability of the ion composition, phase state, and mass concentration of aerosol in the rural and urban atmosphere over Belgium (2001–2003) // Russian Meteorology and Hydrology, 2020, vol. 45, no. 3, pp. 185–192. doi 10.3103/S1068373920030061.

Подтема «Определение объёма биомассы растительного покрова по данным аэрокосмического мониторинга»

Sokolov, A., Dmitriev, E., Gengembre, C., Delbarre, H. (2020). Automated Classification of Regional Meteorological Events in a Coastal Area Using In Situ Measurements // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 37(4), 723-739. DOI: 10.1175/JTECH-D-19-0120.1.

Зотов С.А., Дмитриев Е.В., Шибанов С.Ю. Оценка информационных возможностей гиперспектрального космического комплекса НПО «Лептон» и МФТИ в задаче мониторинга лесных территорий России // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 3. С. 26–32. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-26-32.

Cheliotis, I., Dieudonné, E., Delbarre, H., Sokolov, A., Dmitriev, E., Augustin, P., & Fourmentin, M. Detecting turbulent structures on single Doppler lidar large datasets: an automated classification method for horizontal scans // Atmospheric Measurement Techniques Discussions, 2020, 1-16. <https://doi.org/10.5194/amt-2020-82>.

Petukhov V.I., Dmitriev E.V., Bauman L.Kh. and Skalny A.V. Homeostasis of Metals in Epidermis: Age Shifts and Possible Connection with Critical (Synchronous) Work of Membrane ATPases // Biomedical Journal of Scientific & Technical Research. 2020. V. 28, Iss. 3. P. 21697-21705.

Дмитриев Е.В., Мельник П.Г., Донской С.А., Зотов С.А., Соколов А.А. Классификация структурных особенностей почвенно-растительного покрова по космическим изображениям сверхвысокого разрешения // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. Материалы VII Международной научной конференции. Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий. 2020. С. 3-8.

Зотов С.А., Дмитриев Е.В., Кондранин Т.В. Сравнительный анализ методов определения параметров древостоев по мультиспектральным космическим изображениям различного пространственного разрешения // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. Материалы VII Международной научной конференции. Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий. 2020. С. 73-78.

Соколов А.А., Дмитриев Е.В., Челиотис И., Дельбар Э., Дьедонне Э., Агустан П., Фурмантен М. Автоматизированное мультиклассификаторное распознавание атмосферных турбулентных структур, полученных с помощью доплеровского лидара // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. Материалы VII Международной

научной конференции. Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий. 2020. С. 17-21.

Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Зотов С.А., Мельник П.Г., Донской С.А. Повышение информативности дистанционного определения параметров древостоев на основе совместной обработки многоспектральных и панхроматических спутниковых изображений высокого разрешения // Восемнадцатая Всероссийская Открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)». 2020.

Козодеров В.В., Егоров В.Д. Распознавание типов лесной растительности по гиперспектральным самолетным и многоканальным спутниковым данным высокого пространственного разрешения. Сравнение результатов и оценка их точности. Исследование Земли из космоса, 2020, № 6, с. 89-102.

Тема «Многомасштабное математическое моделирование атмосферы и океана и задачи усвоения данных наблюдений»

Подтема «Исследование крупно- и мезомасштабной динамики вод Мирового океана и окраинных морей России на основе моделирования и анализа данных наблюдений»

Dyakonov G.S., Ibrayev R.A., 2020. High-resolution data on mesoscale dynamics of the Caspian Sea upper layer, obtained in a numerical reconstruction // Data in Brief, 2020, vol. 30, 105368. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105368> IF = 0,970 (2019) Q4.

Дьяконов Г. С., Р. А. Ибраев, 2020. Водобмен северного и среднего Каспия // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56, №3, С.322-333. DOI:10.31857/S0002351520030049 IF (2019) = 0,725 Q4.

Дьяконов Г.С., Ибраев Р.А., Шишкова П.О. Оценка качества данных реанализа Era-Interim в регионе Каспийского моря // Метеорология и гидрология. 2020. №9. С. 65-77. IF = 0.742 (2019) Q4.

Ибраев Р.А., Ушаков К.В., Кауркин М.Н. Суперкомпьютерные технологии системы оперативного прогноза Мирового океана с высокой пространственно-временной точностью // Морские информационно-управляющие системы. 2020. №. 1 (17). С.48-55.

Кальницкий Л.Ю., Кауркин М.Н., Ушаков К.В., Ибраев Р.А., 2020. Сезонная изменчивость циркуляции вод и морского льда в Северном Ледовитом океане в модели высокого разрешения // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56, №5, С. 598-610. DOI: 10.31857/S0002351520050065 IF (2019) = 0,725 Q4.

Ибраев Р.А., Дьяконов Г.С., 2020. Исследование многолетней изменчивости уровня Каспия. Сборник ред.Н.Н. Филатов Диагноз и прогноз термодинамики и экосистем великих озер России, 2020. Петрозаводск: КарНЦ, 2020. Гл. 6. С 153 – 165.

Kalnitskii Leonid, Maxim Kaurkin, Konstantin Ushakov, Rashit Ibrayev, 2020. Supercomputer Implementation of a High Resolution Coupled Ice-Ocean Model for Forecasting the State of the Arctic Ocean // In: V. Voevodin and S. Sobolev (Eds.): RuSCDays 2020, CCIS 1331, pp. 1–9, 2020. Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64616-5_29.

Подтема «Математическое моделирование динамики океана и вариационная ассимиляция данных наблюдений»

Дымников В.П., Тыртышников, Е.Е., Лыкосов В.Н., Залесный В.Б. Математическое моделирование климата, динамики атмосферы и океана: к 95-летию Г.И. Марчука и 40-летию ИВМ РАН. Изв. РАН, Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56. № 3. С. 251-254.

Mathematical Modeling of Climate, Dynamics Atmosphere and Ocean: to the 95th Anniversary of G. I. Marchuk and the 40th Anniversary of the INM RAS. V. P. Dymnikov, E. E. Tyrtysnikov, V. N. Lykossov, and V. B. Zalesny. DOI: 10.1134/S0001433820030056.

Агошков В.И., Залесный В.Б., Шелопут Т.О. Вариационная ассимиляция данных в задачах моделирования гидрофизических полей в открытых акваториях // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56. № 3. С. 293-308. <https://doi.org/10.31857/S0002351520030025>.

V. I. Agoshkov, V. B. Zalesny, and T. O. Sheloput. Variational Data Assimilation in Problems of Modeling Hydrophysical Fields in Open Water Areas. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2020, Vol. 56, No. 3, pp. 253–267. DOI: 10.1134/S0001433820030020.

Фомин В.В., Дианский Н.А., Коршенко Е.А., Выручалкина Т.Ю. Система оперативного диагноза и прогноза гидрометеорологических характеристик Каспийского моря и оценка точности прогнозов по данным натурных измерений // Метеорология и Гидрология. Т. 45. № 9. 2020. с. 49-64. (<http://mig-journal.ru/archive?id=5339>) Q2. IF=0.632.

Дианский Н.А., Панасенкова И.И., Фомин В.В., Гусев А.В., Кабатченко И.М. Система оперативных и ретроспективных расчётов гидрометеорологических параметров и морского льда для западных морей российской Арктики // Морские информационно-управляющие системы. 2020. Т. 17. № 1. С. 44-51.

Дианский Н.А., Фомин В.В., Коршенко Е.А., Кабатченко И.М. Система морских ретроспективных расчетов и прогнозов гидрометеорологических характеристик Азовского моря и Керченского пролива // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. Выпуск 5. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 131-138. DOI: 10.23885/2500-123X-2020-2-5-131-140.

Сухонос П.А., Дианский Н.А. Связи долгопериодных мод изменчивости температуры и толщины верхнего квазиоднородного слоя Северной Атлантики с индексами климатической изменчивости. Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56. № 3. С. 347–359. DOI: 10.31857/S0002351520030116 (Sukhonos P.A. and Diansky N.A. Connections between the Long-Period Variability Modes of Both Temperature and Depth of the Upper Mixed Layer of the North Atlantic and the Climate Variability Indices. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2020, Vol. 56, No. 3, pp. 300–311. DOI: 10.1134/S0001433820030111) Q3. IF=0.757.

Дианский Н. А., Степанов Д.В., Фомин В. В., Чумаков М.М. Циркуляция вод у северо-восточного побережья острова Сахалин при прохождении трех типов глубоких циклонов над Охотским морем. Метеорология и гидрология. 2020. Т. 45. № 1. С. 45–58. (Diansky N.A., Stepanov D.V., Fomin V.V., Chumakov M.M. Water Circulation Off the Northeastern Coast of Sakhalin during the Passage of Three Types of Deep Cyclones over the Sea of Okhotsk. Russian Meteorology and Hydrology, 2020, Vol. 45, No. 1, pp. 29–38. DOI: 10.3103/S1068373920010045) Q2. IF=0.632.

Выручалкина Т.Ю., Дианский Н.А., Фомин В.В. Влияние на эволюцию уровня каспийского моря многолетних изменений режима ветра над его регионом в 1948–2017 гг. Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 2. С. 230–240. DOI: 10.31857/S0321059620020194 (Vyruchalkina T.Y., Dianskii N.A., Fomin V.V. Effect of long-term variations in wind re-

gime over Caspian sea region on the evolution of its level in 1948–2017 // Water Resources. 2020. Т. 47. № 2. С. 348-357) Q2. IF=0.638.

Выручалкина Т.Ю., Дианский Н.А. Диагностические (ретроспективные) расчеты оценки атмосферного транспорта влаги и его приповерхностного баланса на водосборах озер по данным реанализа (1948–2016) // Диагноз и прогноз термогидродинамики и экосистем великих озер России: [коллективная монография] / под ред. Н. Н. Филатова. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2020. – 255 с. – Гл. 3. – С. 100-120.

Выручалкина Т. Ю., Дианский Н. А., Гусев А. В., Панин Г. Н., Фомин В. В. Прогностические расчеты атмосферного транспорта влаги и приповерхностного баланса влаги на водосборах озер // Диагноз и прогноз термогидродинамики и экосистем великих озер России: [коллективная монография] / под ред. Н. Н. Филатова. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2020. – 255 с. – Гл. 4. – С. 121-127.

Дианский Н. А., Фомин В. В., Выручалкина Т. Ю., Коршенко Е.А. Использование системы оперативного диагноза и прогноза (СОДИП) для краткосрочного прогноза гидрологических характеристик Каспия // Диагноз и прогноз термогидродинамики и экосистем великих озер России: [коллективная монография] / под ред. Н. Н. Филатова. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2020. – 255 с. – Гл. 5. – С. 128-152.

Филатов Н. Н., Выручалкина Т. Ю., Голосов С. Д., Дианский Н. А., Ибраев Р. А., Исаев А. В., Меншуткин В. В., Савчук О. П. Основные результаты исследований // Диагноз и прогноз термогидродинамики и экосистем великих озер России: [коллективная монография] / под ред. Н. Н. Филатова. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2020. – 255 с. – С. 228-234.

Багатинский В.А., Багатинская В.В., Дианский Н.А. Изменчивость термохалинных полей Северной Атлантики в течение 60-70 лет // Труды Государственного океанографического института. 2020. Т. 221. С. 27-41.

Иванов В.А., Шульга Т.Я., Свищева И.А., Станичная Р.Р., Гусев А.В. Численный анализ влияния гидродинамических и атмосферных условий на формирование внутренних волн в районе Гераклеийского полуострова// Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. № 4. С. 22-32.

Бышев В.И., Анисимов М.В., Гусев А.В., Грузинов В.М., Сидорова А.Н. О мультидекадной осцилляции теплосодержания Мирового океана// Океанологические исследования. 2020. Т. 48. № 3, С. 76-95.

Gusev, A. and Zalesny, V.: Analytical solution technique in k-omega and k-epsilon turbulence parameterizations and their implementation in the OGCM, EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-17693.

Подтема «Создание вычислительного ядра для модели атмосферы нового поколения»

Криволуцкий А.А., Вьюшкова Т.Ю., Банин М.В., Толстых М.А. Опытные глобальные прогнозы параметров атмосферы на основе экспериментальной технологии, учитывающей фотохимию озона (модель FOROZ). Геомагнетизм и аэрономия. 2020. Т. 60. № 2. С. 250-260.

Травова С.В., Толстых М.А., Шашкин В.В. Оценка прогноза сильных осадков по данным оперативной глобальной модели атмосферы ПЛАН20. Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2020. № 1 (375). С.96-112.

Shashkin V.V., Goyman G.S., Semi-Lagrangian exponential time-integration method for the shallow water equations on the cubed sphere grid, RJNAMM, 2020, N6, p 1-12.

11. Конференции: организация и участие

ИВМ РАН был одним из организаторов следующих конференций в 2020 году:

1. 7-я Римско-Московская Школа по матричным методам и прикладной линейной алгебре, 24-29 августа 2020 г., Москва.
2. Российско-китайская школа по математическому моделированию и параллельным вычислениям, 22-25 сентября 2020 г.
3. XII Конференция по математическим моделям и численным методам в биологии и медицине, 2-3 ноября 2020 г., Москва, ИВМ РАН.
4. Конференция «Методы вычислений и математическая физика». Сочи, 10-15 августа 2020 г.
5. INM RAS - Saudi Aramco Meeting, Moscow—Dhahran, 5 февраля, Москва, 2020.
6. Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды ENVIROMIS-2020, 7 – 11 сентября 2020 г., Томск.
7. 63-я научная конференция МФТИ, 23–29 ноября 2020, МФТИ, Москва-Долгопрудный.

Сотрудники института приняли участие в 67 конференциях:

конференции в России – 58,

международные конференции за рубежом – 9.

Всего докладов – 117.

Тема «Вычислительная математика, тензоры и оптимизация методов»

Подтема «Матричные методы в математике и приложениях»

Конференция «Методы вычислений и математическая физика». Сочи, НТУ Сириус, 10-15 августа 2020 г.

Тыртышников Е.Е. Корректная постановка задачи о решении систем, эквивалентных по точности.

Тыртышников Е.Е. Матричные и тензорные разложения.

Матвеев С.А., Смирнов А.П., Тыртышников Е.Е. Использование тензорных разложений при численном решении уравнений агрегационной кинетики.

С. Морозов, Н.Л. Замарашкин. Поиск разреженных решений для сверхбольших систем, обладающих дополнительной структурой.

Конференция «Математические методы в технике и технологиях» - ММТТ-33, Казань, Россия, 14-18 сентября 2020 г.

Тыртышников Е.Е. Как решать задачи, которые не решаются на суперкомпьютерах.

XII Международная молодежная научная школа-конференция "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", Новосибирск, Россия, 4-11 октября 2020 г.

Тыртышников Е.Е. Корректная постановка задачи о решении эквивалентных по точности систем линейных алгебраических уравнений.

Интернет-конференция «Lake Baikal Summit 2020 on Fundamental Research of Future Information», 21-22 декабря 2020 г.

Тыртышников Е.Е. Low-rank matrices in mathematics and everywhere.

Huawei zoom conference Russian Wireless Workshop 2020, Filter section. 21–23 октября 2020 г.

Горейнов С.А. Some numerical experience with best uniform norm approximation in filter design problems.

Н.Л. Замарашкин, С.В. Петров. Matrix completion with sparse measurements errors.

VI всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Современные проблемы физико-математических наук», Орел, 4-5 декабря, 2020 г.

Ставцев С.Л. Применение малоранговых аппроксимаций для решения задачи электродинамики.

Подтема «Сопряженные уравнения и методы теории управления в нелинейных задачах математической физики»

Международная конференция «Марчуковские научные чтения 2020» (МНЧ-2020), посвященная 95-летию со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука, Академгородок, Новосибирск, Россия, 19 – 23 октября 2020 г.

В.П. Шутяев, В.И. Агошков, Н.Б. Захарова, Н.Р. Лёзина, Е.И. Пармузин, Т.О. Шелопут Методы вариационной ассимиляции данных и их приложения в задачах гидротермодинамики морских акваторий.

Е.И. Пармузин, В.И. Агошков, В.П. Шутяев Вариационная ассимиляция данных спутниковых наблюдений для модели динамики моря.

Шелопут Т.О. Исследование и решение обратных задач в проблемах моделирования гидрофизических полей в акваториях с открытыми границами.

Восемнадцатая всероссийская открытая конференция с международным участием "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса", 16–20 ноября 2020 г., Москва, ИКИ РАН.

Захарова Н.Б., Агошков В.И., Лебедев С.А., Лезина Н.Р., Пармузин Е.И., Фомин В.В., Шелопут Т.О., Шутяев В.П. Вариационная ассимиляция данных ЦКП "ИКИ-мониторинг" в задаче моделирования динамики Черного и Азовского морей.

Шелопут Т.О. Алгоритм вариационной ассимиляции данных о солености для учета граничных условий на открытых границах и его реализация в модели гидротермодинамики Балтийского моря.

Лёзина Н. Р., Шелопут Т. О. Методы вариационной ассимиляции данных и разделения области в задаче гидродинамики открытой акватории.

Лебедев С.А., Захарова Н.Б., Пармузин Е.И., Агошков В.И., Шутяев В.П. Верификация по данным спутниковой альтиметрии результатов вариационной ассимиляции температуры поверхности моря по данным ЦКП "ИКИ-мониторинг" в задаче моделирования динамики Черного моря.

Международная конференция «XIX научная школа "Нелинейные волны – 2020"», Нижний Новгород, 29 февраля – 6 марта 2020 г.

Залесный В.Б., Пармузин Е.И. Методы вариационной ассимиляции данных в моделях геофизической гидродинамики.

Tenth Conference on Applied Mathematics and Scientific Computing, 2020. 14-18 September 2020, Brijuni, Croatia.

Lezina N., Sheloput T. Application of the domain decomposition method in the variational data assimilation problem: description of two approaches.

Подтема «Оптимальные методы в задачах вычислительной математики»

Russian Wireless Workshop Huawei Conference, October 21, 2020.

A.Bogatyrev. Multiband filter approximation: Pictorial supplement for Ansatz method.

Методы вычислений и математическая физика, 10-15 августа 2020 г., НТУ Сириус, Сочи. Богатырев А.Б. Вихревые структуры в планарном двоякопериодическом наномангнетике с включениями.

XX международная конференция по методам аэрофизических исследований (ICMAR 2020) 1–7 ноября 2020 г., Новосибирск.

Demyanko K.V., Boiko A.V., Chernoray V.G. On the temporal stability of fluid flow in an elliptic pipe with compliant wall.

Boiko A.V., Demyanko K.V., Ivanov A.V., Kirilovskiy S.V., Mischenko D.A., Nечепуренко Ю.М., Поплавская Т.В. On the development of methods of the laminar-turbulent transition prediction.

IX международная конференция «Лаврентьевские чтения по математике, механике и физике», посвященная 120-летию со дня рождения академика М. А. Лаврентьева, 7 – 11 сентября 2020 г., Новосибирск.

Бойко А.В., Демьянко К.В., Иванов А.В., Кириловский С.В., Мищенко Д.А., Нечепуренко Ю.М., Поплавская Т.В. О развитии методов определения положения ламинарно-турбулентного перехода в аэродинамических приложениях.

XXVII всероссийская конференция с международным участием «Высокоэнергетические процессы в механике сплошной среды», посвященная 90-летию со дня рождения Р.И.Солоухина, 29 июня – 03 июля 2020 г., Новосибирск.

S.V. Kirilovskiy, A.V. Boiko, K.V. Demyanko, Yu.M. Nечепуренко, and T.V. Poplavskaya. Simulation of the laminar-turbulent transition in the boundary layer of the swept wing in the subsonic flow at angles of attack.

A.V. Boiko, K.V. Demyanko, S.V. Kirilovskiy, Y.M. Nечепуренко, T.V. Poplavskaya. On the problem of prediction of the laminar-turbulent transition in fully three-dimensional boundary layers.

XIV всероссийская конференция молодых ученых «Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии», 28 февраля – 6 марта 2020 года, Новосибирск-Шереш. Демьянко К.В., Бойко А.В. О временной устойчивости течения Пуазейля в трубе с податливой стенкой.

Бойко А.В., Демьянко К.В., Иванов А.В., Кириловский С.В., Мищенко Д.А., Нечепуренко Ю.М., Поплавская Т.В. О развитии методов определения положения ламинарно-турбулентного перехода.

Нечепуренко Ю.М., Бойко А.В., Демьянко К.В., Кириловский С.В., Поплавская Т.В. Расчет положения ламинарно-турбулентного перехода.

Засько Г.В., Глазунов А.В., Мортиков Е.В., Нечепуренко Ю.М. О возникновении организованных структур в устойчиво-стратифицированном турбулентном течении Куэтта.

XXXVI всероссийская конференция с элементами научной школы для молодых ученых, посвященная 70-летию академика С.В. Алексеенко, 5 – 7 октября 2020 г., Новосибирск.

Бойко А.В., Демьянко К.В., Кириловский С.В., Нечепуренко Ю.М., Поплавская Т.В. К проблеме определения положения перехода к турбулентности в пограничных слоях тел в трансзвуковом потоке.

EMS Annual Meeting 2020, Pan-Eurasian EXperiment (PEEX) – Observation, Modelling and Assessment in the Arctic-Boreal Domain, 4-8 апреля 2020.

Glazunov A., Mortikov E., Zasko G., Nechepurenko Yu., Zilitinkevich S. Large organized structures in stably stratified turbulent shear flows.

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

12th International Multiconference «Bioinformatics of Genome Regulation and Structure\ Systems Biology», Novosibirsk, Russia, 06 - 10 July 2020.

Бочаров Г.А. Mathematical modelling of the immune system.

International webinar on mathematical biology, Department of Mathematics, Bharathiar University, Coimbatore, India, 7 – 11 September, 2020.

Бочаров Г.А. Mathematical Immunology.

International ITU Molecular Biology and Genetics Student Web Congress, Turkey 3. October 2020. Andreas Meyerhans, Gennady Bocharov, Jordi Argilagué. A systemic view on virus infection fate decisions.

XIX Jornada de Virologia / Virology Meeting 2020 organized by Societat Catalana de Biologia, SCB, Barcelona, Spain, 29th October, 2020.

Domenjo-Vila E., Casella V., Iwabuchi R., Fossum E., Pedragosa M., Castellví Q., Kaisho T., Terahara K., Bocharov G., Argilagué J., Meyerhans A. Role of cross-presenting dendritic cells in anti-PD-L1 immunotherapy of chronic viral infections.

Научная сессия Омского филиала Института математики им. С.Л. Соболева, Омск, 12 октября 2020 г. Перцев Н.В., Логинов К.К., Топчий В.А., Бочаров Г.А. Развитие методов построения и исследования математических моделей динамики популяций и их применение в иммунологии и эпидемиологии.

Тема «Методы и технологии вычислительной математики и задачи биологии и медицины»

Подтема «Построение и исследование численных методов решения задач динамики океана и вязкой несжимаемой жидкости, гемодинамики, геофильтрации и геомиграции»

Конференция Биомеханика-2020, НИИмех МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, 4 февраля 2020. Василевский Ю.В. Трехмерная гемодинамика в областях, зависящих от времени: неизбежно ли FSI-моделирование?

Всероссийская школа «Нелинейные волны-2020», Нижний Новгород, 2 марта 2020.

Василевский Ю.В. Трехмерные течения ньютоновских и вязкопластичных жидкостей со свободной поверхностью.

Научно-образовательная школа-конференция "Методы вычислений и математическая физика", Университет Сириус, Сочи, 11 августа 2020.

Василевский Ю.В. Персонализированная вычислительная гемодинамика.

X Всероссийская конференция «Актуальные проблемы прикладной математики и механики», пансионат Морьяк, Дюрсо, 1 сентября 2020.

Василевский Ю.В. Метод конечных объемов на сетках общего вида для краевых задач второго порядка.

Коньшин И.Н. Оптимальные параметры линейного решателя BILU2 для задач фильтрации.

4-ая международная конференция «Многомасштабные методы и высокопроизводительные научные вычисления», Адлер, 9 сентября 2020.

Василевский Ю.В. Метод конечных объемов на сетках общего вида для краевых задач второго порядка.

XII международная молодёжная научная школа-конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач», 4-12 октября 2020 г., Новосибирск.

Василевский Ю.В. Метод конечных объемов на сетках общего вида для краевых задач второго порядка.

XII конференция по математическим моделям и численным методам в биологии и медицине, 2–3 ноября 2020 г., ИВМ РАН, г. Москва.

Чернышенко А.Ю. Вычислительный фреймворк для электромеханической модели сер Терехов К.М. Валидация метода конечных объемов для модели тромбообразования. Новиков К.А. Персонализированная модель мышечных волокон предсердий на основе экспертных данных дца.

20th International Symposium on Mathematical and Computational Biology, BIOMAT 2020, online, 5 ноября 2020.

Василевский Ю.В. Non-FSI 3D hemodynamic simulations in time-dependent domains.

Данилов А.А. Сегментация и построение расчётных сеток для желудочков сердца на основе динамических КТ снимков.

Международная конференция «Finite Volumes for Complex Applications IX», Берген, Норвегия, 15.06.2020-19.06.2020. Никитин К.Д. Monotone embedded discrete fracture method for the two-phase flow model.

Международная конференция «Russian Supercomputing Days 2020», Москва, 21.09.2020-22.09.2020.

Никитин К.Д. INMOST platform for parallel multi-physics applications: multi-phase flow in porous media and blood flow coagulation.

Терехов К.М. Parallel Dynamic Mesh Adaptation within INMOST Platform.

Коньшин И.Н. Students' favorite parallel programming practices .

Коньшин И.Н. Parallel --based iterative solution of linear systems in reservoir simulation: do optimal parameters exist?

INM RAS - Saudi Aramco Meeting, Moscow—Dhahran, 5 февраля, Москва, 2020.

Коньшин И.Н. Parallel research iterative linear solver with application to reservoir simulation.

Седьмой профессиональный слёт разработчиков отечественных CFD кодов «Отечественные CFD коды – 2020» (CFD Weekend-2020), ИПМ РАН, Москва, 29 ноября 2020 г. Терехов К.М. INMOST: конечно-объемные схемы для уравнений Навье-Стокса.

10-ая международная конференция «Численная геометрия, генерация сеток и научные вычисления», ВЦ РАН, Москва, 27 ноября 2020 г.

Терехов К.М. Fully-implicit Collocated Finite-Volume Method for the Unsteady Incompressible Navier-Stokes Problem.

Международная конференция «The EGU General Assembly 2020». 4-8 мая 2020 г. Georgii Neuvazhaev, Alexander Rastorguev, Oleg Morozov, Ivan Kapyrin, and Fedor Grigorev. 3D hydrogeological modeling of deep geological disposal in the Nizhnekansky Rock massif.

Вторая международная научно-практическая конференция «Охрана окружающей среды и обращение с радиоактивными отходами научно-промышленных центров. Вывод из эксплуатации ЯРОО», г. Сергиев Посад, 23-24 сентября 2020 г.

Неуважаев Г.Д., Григорьев Ф.В., Аракелян А.А. Трёхмерное моделирование геомиграции радионуклидов в районе расположения промплощадки ФГУП РАДОН для оценки долговременной безопасности пунктов хранения РАО.

Подтема «Математическое моделирование процесса противинфекционной защиты: энергетика и адаптация»

XII международная молодёжная научной школа – конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач», 4 октября- 12 октября 2020 г., Новосибирск. Романюха А.А., Каркач А.С., Санникова Т.Е. Мелкомасштабные вариации динамики заболеваемости туберкулезом.

11th international multiconference “Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology, BGRS/SB-2020», 6–10 июля 2020 г., Россия, Новосибирск. Romanyukha A.A. Epidemics: challenges and responses.

Научные чтения памяти М.Ф. Иваницкого, 11 февраля 2020 г., РГУФКСМиТ, Москва. Руднев С.Г. Методы и технологии импедансометрии. Некоторые применения в спорте.

Тема «Моделирование динамики Земной системы и задачи окружающей среды»

Подтема «Моделирование климата и его изменений»

Международная конференция «SIAM Conference on Mathematics of Planet Earth (MPE20)», 03-14.08.2020, Garden Grove, California, U.S.

Gritsun A. Unstable periodic orbits in simple atmospheric models: statistics, variability and structural stability.

Всероссийская конференция «Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы» (САТЭП-2020), 05-09.10.2020, Борок.

Грицун А.С. Математические аспекты моделирования изменений климата.

Володин Е.М., Грицун А.С. Моделирование климата настоящего, прошлого и будущего с помощью моделей климатической системы ИВМ РАН.

Международная конференция «Математическое моделирование и суперкомпьютерные технологии», 23-27.11.2020, Москва.

Грицун А.С., Володин Е.М., Васильева В.В. Прогнозирование изменений климата Земли с помощью модели Земной системы ИВМ РАН.

Конференция «Итоги экспедиционных исследований в 2019 году в Мировом океане, внутренних водах и на архипелаге Шпицберген». Москва, 26-27 февраля 2020 г.

Яковлев Н.Г., Зимин А.В., Репина И.А. Предварительные научные результаты работ в 40-м рейсе НИС «Академик Николай Страхов» (30 мая - 24 июня 2019 г.).

Международная конференция «Комплексные исследования природной среды Арктики и Антарктики». 2 – 4 марта 2020 г., Арктический и Антарктический НИИ, г. С-Петербург. Яковлев Н.Г., Чернов И.А. Регионализация климата Северного Ледовитого океана с помощью новой совместной модели океана и морского льда.

Шестая международная научная конференция-школа молодых ученых; Москва, 21-23 октября 2020 г. Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Россия.

Мортиков Е.В., Оноприенко В.А., Дебольский А.В., Глазунов А.В., Яковлев Н.Г. О параметризации вертикального турбулентного перемешивания в верхнем слое океана. Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах.

Чернов И.А., Толстиков А.В., Яковлев Н.Г. Численное моделирование биогеохимических процессов в Белом море с учетом экосистемы морского льда. Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах.

Подтема «Математическое моделирование региональных природно-климатических процессов»

EGU General Assembly, Vienna, 4-8 May 2020.

Perezhogin P. A new data-driven subgrid 2d turbulence parameterization and comparison with conventional kinetic energy backscatter parameterizations in NEMO ocean model.

Veronika Ginzburg, Sergey Kostrikin, Vladimir Korotkov, Anastasia Revokatova, Polina Polumieva, Alexey Chernenkov, and Maria Zelenova, Estimation of possible impact of black carbon emissions from 2019 large Siberian forest wildfires on the Arctic region.

Alexey Chernenkov, Sergey Kostrikin, and Veronika Ginzburg, Evaluation of radiation forcing from snow pollution by black carbon emissions from forest fires using the SNICAR radiation model and data from the INMCM5 climate model.

Maksim Kalashnik, Michael Kurgansky, and Sergey Kostrikin, Instability of surface quasi-geostrophic spatially periodic flows.

Всероссийская конференция, посвященная памяти академика Александра Михайловича Обухова «Турбулентность, динамика атмосферы и климата», 10-12 ноября 2020 г., Москва.

Пережогин П.А., Глазунов А.В. Параметризации подсеточной квазидвумерной турбулентности класса LES, ориентированные на применение в моделях океана промежуточного разрешения.

Мортиков Е.В., Глазунов А.В. Лыкосов В.Н. Прямое численно моделирование устойчиво стратифицированного турбулентного течения Куэтта.

AGU fall meeting, 1-17 December 2020.

Perezhogin P. Data-driven parameterization of mesoscale eddies and comparison with kinetic energy backscatter parameterizations in NEMO ocean model.

Всероссийская конференция с международным участием «Экология и климат» К 100-летию М.И. Будыко, Санкт-Петербург, 25-26 февраля, 2020 г.

Veronika Ginzburg, Sergey Kostrikin, Vladimir Korotkov, Anastasia Revokatova, Polina Polumieva, Alexey Chernenkov, and Maria Zelenova, Estimation of possible impact of black carbon emissions from 2019 large Siberian forest wildfires on the Arctic region.

XXVI Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана», 06-10 июля 2020 г., Москва.

Гинзбург В.А., Кострыкин С.В., Коротков В.Н., Ревокатова А.П., Полумиева П.Д., Зеленова М.С. Выбросы черного углерода от крупных лесных пожаров в Сибири в 2019 году и

их возможное влияние на загрязнение атмосферы и изменение радиационного баланса на региональном и местном уровне.

Кострыкин С.В., Ревокатова А.П., Гинзбург В.А., Оценка влияния оптических параметров сульфатного аэрозоля на эффективность геоинженерного метода стратосферных сульфатных аэрозолей.

Вторая всероссийская научная конференция с международным участием «Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Экосистемы и климат арктической зоны», онлайн, 25-27 ноября 2020 г., Москва.

Veronika Ginzburg, Sergey Kostrikin, Vladimir Korotkov, Anastasia Revokatova, Polina Polumieva, Alexey Chernenkov, and Maria Zelenova, Estimation of possible impact of black carbon emissions from 2019 large Siberian forest wildfires on the Arctic region.

Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды ENVIROMIS-2020, 7 – 11 сентября 2020 г., Томск, Россия.

Лыкосов В.Н., Артамонов А.Ю., Варенцов М.И., Глазунов А.В., Константинов П.И., Мортиков Е.В., Репина И.А., Степаненко В.М. Актуальные проблемы параметризации процессов взаимодействия атмосферы и суши в моделях Земной системы.

Мортиков Е.В., Глазунов А.В., Дебольский А.В., Каданцев Е.В., Лыкосов В.Н., Зили-тинкевич С.С. Параметризация скорости диссипации кинетической энергии турбулентности в моделях пограничного слоя атмосферы и океана.

Степаненко В.М., Медведев А.И., Дебольский А.В., Гладских Д.С., Мортиков Е.В., Гусева С.П., Богомоллов В.Ю., Репина И.А., Лыкосов В.Н. Представление гидрологических объектов суши в математических моделях Земной системы.

4-th online meeting of the BRICS group on ICT and HPC, 8 – 9 октября 2020 г.

Stepanenko V., Borape M.-J., Glazunov A., Gritsun A., Lykosov V., Mortikov E., Porto F., Rivin G., Sithole H., Tolstykh M., R.Vilfand R., Volodin E., Voevodin V. HPC and Weather/Climate/Environment applications: global challenges and opportunities for BRICS-cooperation.

6-ая международная научная конференция-школа молодых ученых «Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах», 21 – 23 октября 2020 г., Москва, Россия.

Mortikov E.V., Glazunov A.V., Lykosov V.N. Numerical study of stably stratified turbulent plane Couette flow.

Мортиков Е.В., Оноприенко В.А., Дебольский А.В., Глазунов А.В., Яковлев Н.Г. О параметризации вертикального турбулентного перемешивания в верхнем слое океана.

Ломоносовские чтения 2020. Секция вычислительной математики и кибернетики, Факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В.Ломоносова, Россия, 21 октября - 2 ноября 2020.

Дебольский А.В., Мортиков Е.В., Глазунов А.В., Лыкосов В.Н. Параметризации вертикальной диффузии в атмосферном пограничном слое для моделей прогноза погоды и климата.

XXIII всероссийская школа-конференция молодых учёных САТЭП «Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические эффекты», пос. Борок, Ярославская область, Россия, 5-9 октября 2020 г.

Глазунов А.В., Мортиков Е.В., Засько Г.В., Нечепуренко Ю.М., Зилитинкевич С.С. Крупномасштабные структуры в устойчиво стратифицированных турбулентных течениях.

XIV всероссийская школа-конференция молодых ученых. Новосибирск, Шерегеш, Россия, 28 февраля – 6 марта 2020.

Засько Г.В., Глазунов А.В., Мортиков Е.В., Нечепуренко Ю.М. О возникновении организованных структур в устойчиво-стратифицированном турбулентном течении Куэтта.

Подтема «Определение объёма биомассы растительного покрова по данным аэро-космического мониторинга»

VII Международная научная конференция «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли», 29 сентября - 02 октября 2020 г.

Дмитриев Е.В., Мельник П.Г., Донской С.А., Зотов С.А., Соколов А.А. Классификация структурных особенностей почвенно-растительного покрова по космическим изображениям сверхвысокого разрешения.

Соколов А.А., Дмитриев Е.В., Челиотис И., Дельбар Э., Дьедонне Э., Агустан П., Фурмантен М. Автоматизированное мультиклассификаторное распознавание атмосферных турбулентных структур, полученных с помощью доплеровского лидара.

Зотов С.А., Дмитриев Е.В., Кондранин Т.В. Сравнительный анализ методов определения параметров древостоев по мультиспектральным космическим изображениям различного пространственного разрешения.

Восемнадцатая всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов», 16 – 20 ноября 2020 г., Москва.

Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Зотов С.А., Мельник П.Г., Донской С.А. Повышение информативности дистанционного определения параметров древостоев на основе совместной обработки многоспектральных и панхроматических спутниковых изображений высокого разрешения.

Егоров В.Д. Распознавание типов лесной растительности по гиперспектральным самолетным и многоканальным спутниковым данным высокого пространственного разрешения.

Тема «Многомасштабное математическое моделирование атмосферы и океана и задачи усвоения данных наблюдений»

Подтема «Исследование крупно- и мезомасштабной динамики вод Мирового океана и окраинных морей России на основе моделирования и анализа данных наблюдений»

Международная научная конференция «Комплексные исследования природной среды Арктики и Антарктики». ГНЦ РФ ААНИИ, Санкт-Петербург, 2 – 4 марта 2020 г.

Ибраев Р.А., 2020. Мезомасштабная изменчивость динамики Мирового океана.

Международная конференция «Суперкомпьютерные дни в России», Москва, 21–22 сентября 2020 г.

Kalnitskii Leonid, Maxim Kaurkin, Konstantin Ushakov, Rashit Ibrayev. Supercomputer Implementation of a High Resolution Coupled Ice-Ocean Model for Forecasting the State of the Arctic Ocean.

Подтема «Математическое моделирование динамики океана и вариационная ассимиляция данных наблюдений»

XIX научная школа «Нелинейные волны – 2020», Нижний Новгород, 29 февраля – 6 марта 2020 г.

Залесный В.Б., Пармузин Е.И. Методы вариационной ассимиляции данных в моделях геофизической гидродинамики.

EGU General Assembly 2020, 4–8 May 2020.

Gusev, A., Zalesny, V. Analytical solution technique in k-omega and k-epsilon turbulence parameterizations and their implementation in the OGCM.

Международная научная конференция «Комплексные исследования природной среды Арктики и Антарктики», приуроченная к 100-летию образования Арктического и Антарктического научно-исследовательского института. Санкт-Петербург, 02 – 04 марта 2020 г.

Дианский Н.А., Панасенкова И.И., Фомин В.В. Исследование отклика верхнего слоя Баренцева моря на прохождение интенсивных полярных циклонов.

Конференция по океанографии. Геленджик, ЮО ИО РАН, 16-19 сентября 2020 г.

Дианский Н.А. Фомин В.В., Коршенко Е.А., Панасенкова И.И., Гусев А.В., Кабатченко И.М. Оперативная океанография морей России на основе численного моделирования с усвоением данных наблюдения.

Круглый стол «Устойчивое развитие морской/синей экономики в азово-черноморском регионе, значение Морского пространственного планирования – 2020», Дюрсо, Краснодарский край, 10 сентября 2020 г.

Дианский Н.А. Фомин В.В., Коршенко Е.А., Кабатченко И.М. Система морских ретроспективных расчетов и прогнозов гидрометеорологических характеристик Азовского моря и Керченского пролива.

Всероссийская научная конференция молодых ученых «Комплексные исследования Мирового океана». КИМО-2020, Калининград, 18-22 мая 2020 г.

Захарова Е.В., Фомин В.В., Дианский Н.А., Ладохина Е.М., Тихонова Н.А., Захарчук Е.А. Воспроизведение штормовых нагонов в Финском заливе с использованием моделей INMOM и WRF.

Фомин В.В., Дианский Н.А., Коршенко Е.А., Выручалкина Т.Ю. Система краткосрочного диагноза и прогноза гидрометеорологических характеристик Каспийского моря и оценка точности прогнозов по данным натурных измерений.

Панасенкова И.И., Дианский Н.А., Фомин В.В. Влияние прохождения интенсивных полярных циклонов на гидротермодинамику Баренцева моря.

Международная Школа молодых ученых и специалистов «Оперативный прогноз состояния морской среды», ФГБУН ФИЦ МГИ, Севастополь, 27 сентября – 03 октября 2020 г.

Дианский Н.А., Гусев А.В., Фомин В.В., Панасенкова И.И., Чаплыгин А.В. Система прогноза Баренцева и Карского морей.

Фомин В.В., Дианский Н.А., Коршенко Е.А., Панасенкова И.И., Кабатченко И.М. Си-

стема морских ретроспективных расчетов и прогнозов гидрометеорологических характеристик.

6-ая международная научная школа молодых ученых. «Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах», ИПМех РАН, Москва, 21 – 23 октября 2020 г.

Багатинская В.В., Багатинский В.А., Лебедев С.А., Гусев А.В., Дианский Н.А. О диагнозе и прогнозе термогидродинамики и экосистем великих озер Евразии.

Захарова Е.В., Фомин В.В., Дианский Н.А., Ладохина Е.М., Рубинштейн К.Г. Воспроизведение гидротермодинамических характеристик Невской губы в период штормового нагона 1-2 октября 2019 года моделью INMOM: с учетом закрытия створов комплекса защитных сооружений и без.

Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ», РГГМУ, Санкт-Петербург, 21 по 25 октября 2020 г.

Дианский Н.А., Фомин В.В., Панасенкова И.И., Кабатченко И.М. Система морских оперативных и ретроспективных расчетов гидрометеорологических характеристик и параметров морского льда для западных морей российской Арктики.

Захарова Е.В., Фомин В.В., Дианский Н.А., Ладохина Е.М., Рубинштейн К.Г. Воспроизведение гидротермодинамических характеристик Невской губы в период штормового нагона 1-2 октября 2019 года моделью INMOM: с учетом закрытия створов комплекса защитных сооружений и без.

Всероссийская конференция, посвященная памяти академика А.М. Обухова «Турбулентность, динамика атмосферы и климата», 10–12 ноября 2020 г.

Дианский Н.А., Багатинский В.А. Термохалинная структура вод Северной Атлантики в различные фазы атлантической мультидекадной осцилляции.

Дианский Н.А., Сухонос П.А. Связи мод изменчивости температуры и толщины верхнего слоя Северной Атлантики с климатическими индексами.

Подтема «Создание вычислительного ядра для модели атмосферы нового поколения»

Симпозиум памяти Жан-Франсуа Желена, Национальный центр метеорологических исследований Метео-Франс, 06.02.2020 г., Тулуза, Франция.

Mikhail Tolstykh. The future of dynamical cores.

Международная суперкомпьютерная конференция «Суперкомпьютерные дни в России», 21-22.09.2020, Москва.

Mikhail Tolstykh, Gordey Goyman, Rostislav Fadeev, Vladimir Shashkin. Implementation of SL-AV global atmosphere model with 10km horizontal resolution.

V.V. Shashkin. G.S. Goyman. Parallel Efficiency of Time-Integration Strategies for the Next Generation Global Weather Prediction Model.

Марчуковские научные чтения 2020, Новосибирск, 19-23.10.2020.

Толстых М.А., Гойман Г.С., Фадеев Р.Ю., Травова С.В., Мизяк В.Г. Развитие и применение глобальной многомасштабной модели общей циркуляции атмосферы ПЛАВ.

V. Shashkin and G. Goyman: Semi-Lagrangian shallow water equations solver on the cubed-sphere grid as a prototype of new-generation global atmospheric model.

19-ая сессия Климатического форума стран СНГ по сезонным прогнозам (СЕАКОФ-19). Москва 17.11.2020. Толстых М.А. Развитие системы долгосрочного прогнозирования на основе модели ПЛАВ в Гидрометцентре России.

Школа–семинар для молодых ученых, приуроченная к 90-летию Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации.

Толстых М.А. Глобальная полулагранжева модель атмосферы ПЛАВ: приложения к прогнозам различной заблаговременности.

XXIII всероссийская школа-конференция молодых ученых, Борок, 5 – 9 октября 2020 г.
Фадеев Р.Ю., Толстых М.А, Шашкин В.В., Хан В.М. Развитие системы долгосрочного прогнозирования на основе модели ПЛАВ в Гидрометцентре России. Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы.

International conference on computer simulation in physics and beyond, October 12-16, 2020, Moscow, Russia.

Mikhail Tolstykh, Gordey Goyman, Rostislav Fadeev, Vladimir Shashkin, Svetlana Travova. Development of the global multi-scale numerical weather prediction model.

M. Tolstykh, G. Goyman, R. Fadeev, S. Travova and V. Shashkin Development of the global high-resolution numerical weather prediction model.

V.V. Shashkin. G.S. Goyman. Semi-Lagrangian shallow water equations solver on the cubed-sphere grid as a prototype of new-generation global atmospheric model.

12. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2020 году

1. Горшков С.В., Романюха А.А., Санникова Т.Е., Влад А.И. АрхиГраф. ЭпидПрогноз. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2020615304 от 20.05.2020 г. Правообладатель: ООО «ТринитиДата».

2. Болдырев К.А., Григорьев Ф.В., Капырин И.В., Копытов Г.В., Нужный А.С., Плёткин А.В., Расторгуев А.В., Савельева-Трофимова Е.А., Сускин В.В., Трофимов А.А., Уткин С.С., Василевский Ю.В., Коньшин И.Н., Крамаренко В.К., Никитин К.Д., Чернышенко А.Ю., Новиков К.А., Ануприенко Д.В., Неуважаев Г.Д. Программа для трехмерного геофильтрационного и геомиграционного моделирования (GeRa/V2). Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2020611976 от 12.02.2020 г. Заявка № 2020610550 от 24.01.2020. Правообладатель: Госкорпорация «Росатом».

Отчёт Института вычислительной математики им. Г.И.Марчука Российской академии наук утвержден Учёным советом ИВМ РАН 29 декабря 2020 года, протокол №7.

Учёный секретарь ИВМ РАН, д.ф.-м.н.

В.П.Шутяев