Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука
Российской академии наук

“Утверждаю”

Директор ИВМ РАН

академик Тыртышников Е.Е.

_____

"____" _____ 2021 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 2021 году

Москва-2021

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 …… ……..…… 9
5. Премии, награды и почётные звания, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2021 году …… …… 26
6. Международные научные связи …… 27
7. Научно-организационная деятельность ИВМ РАН ……. 28
8. Семинары ……. 29
9. Математический центр 30
10. Публикации сотрудников в 2021 году ……. 31
11. Конференции: организация и участие …….……..… 41
12. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2021 году 58

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

Разработаны новые конечно-объемные методы расчета фильтрационных течений с учетом химических взаимодействий и упругой деформации в неоднородных трещиноватых пластовых средах на сетках общего вида.

Аннотация

Завершен цикл работ по созданию комплекса конечно-объемных методов приближенного решения уравнений однофазной и многофазной фильтрации
с учетом химических взаимодействий и упругой деформации в неоднородных трещиноватых пластовых средах и параллельных численных моделей соответствующих процессов. Эти методы позволяют эффективно решать задачи взаимодействия течений в пласте и трещинах разных масштабов [1,2,3,4,6,7,14,15], разрушения породы [5], взаимодействия течений и вмещающей пороупругой матрицы [4,5,12], а также учитывать несколько физических и/или химических процессов [1,4,5,12].

Новизна методов связана с повышенной точностью аппроксимации, дополнительными свойствами монотонности, а также минимальными ограничениями на расчетную 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).

Все предложенные методы были реализованы в параллельных расчетных кодах, основанных на общедоступной программной платформе INMOST (www.inmost.org) [13,14], и применялись при решении инженерных задач и проведении верификационных тестов [7,8,10,12]. Кроме того, были исследованы методы эффективного решения нелинейных уравнений, возникающих в подобных задачах [9,11].

Актуальность предложенных методов вытекает из их возможного применения при планировании методов увеличения нефтеотдачи (например, при использовании гидроразрыва пласта) и оценке безопасности создаваемых пунктов захоронения радиоактивных отходов и существующих объектов ядерного наследия, в задачах защиты подземных вод от загрязнений разной природы:

– успешно завершен грант РНФ 18-71-10111 «Новые численные модели и методы решения мультифизических задач эффективной разработки нефтегазовых месторождений и безопасного захоронения радиоактивных отходов»,

– выполнен договор «Разработка отчета и прототипа программного модуля для оптимизации 2D-секторных моделей, содержащих трещины ГРП и АвтоГРП, на основе технологии адаптивных сеток» (Газпромнефть НТЦ),

– выполнен договор «Разработка численных моделей расчетно-прогностического комплекса «Гидрогеология» (ИБРАЭ РАН),

– представлена к защите кандидатская диссертация по специальности 01.01.07 «Методы конечных объемов для гидродинамических задач в областях с не разрешаемыми сеткой границами».

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. 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

4. K. Terekhov. Cell-centered finite-volume method for heterogeneous anisotropic poromechanics problem // Journal of Computational and Applied Mathematics, 2020, V.365, 112357 (Q1)
5. 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)
6. F. Grigorev, I. Kapyrin, 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)
7. I. Berre et al. Verification benchmarks for single-phase flow in three-dimensional fractured porous media // Advances in Water Resources, Volume 147, 103759, 2021, (Q1)
8. Сускин В.В., Капырин И.В., Расторгуев А.В. Программное средство «ГЕОПОЛИС»: геофильтрационное моделирование пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов полигона «Северный» // Горный журнал, N5, с.91-97, 2021
9. D.V.Anuprienko, I.V.Kapyrin. Nonlinearity continuation method for steady-state groundwater flow modeling in variably saturated conditions // Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 393, p.113502, 2021 (Q1)
10. I.V. Kapyrin. Assessment of density driven convection effect on the dynamics of contaminant propagation on a deep well radioactive waste injection disposal site // Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 392, p.113425, 2021 (Q1)
11. D.Anuprienko. Comparison of nonlinear solvers within continuation method for steady-state variably saturated groundwater flow modeling // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modeling, Vol.36(4), 2021 (Q2)
12. Terekhov K., General finite-volume framework for saddle-point problems of various physics // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, vol.36, No.6, pp.359-379, 2021 (Q2)
13. Terekhov K., Nikitin K., Vassilevski Y. INMOST Platform for Parallel Multi-physics Applications: Multi-phase Flow in Porous Media and Blood Flow Coagulation //In: Voevodin V., Sobolev S. (eds) Supercomputing. RuSCDays 2020. Communications in Computer and Information Science, vol 1331. Springer, Cham. (2020)
14. Янбарисов Р.М. Параллельный метод вложенных дискретных трещин для моделирования течений в трещиноватых пористых средах // Компьютерные исследования и моделирование, т. 13(4), с. 735-745, 2021 (Q3)
15. R.Yanbarisov, K.Nikitin. Projection-based monotone embedded discrete fracture method for flow and transport in porous media // Journal of Computational and Applied Mathematics, V. 392, P. 113484, 2021 (Q1).

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

Проведено теоретическое исследование и разработаны алгоритмы решения обратных задач и задач вариационной ассимиляции данных наблюдений, позволяющие учитывать жидкие границы при моделировании гидротермодинамики в открытых акваториях для моделей, основанных на методе расщепления.

Аннотация

В рамках проведенных исследований получены следующие результаты: проведено теоретическое исследование и разработан алгоритм решения задачи вариационной ас-

симиляции данных о температуре на жидкой границе, разработанный алгоритм внедрен в численную модель гидротермодинамики Балтийского моря и включен в ИВС «ИВМ РАН–Балтийское море»; сформулирована и исследована обратная задача о восстановлении неизвестной функции в граничных условиях на жидких границах для задачи, основанной на линеаризованной системе уравнений мелкой воды, разработан новый алгоритм ее решения и проведен ряд численных экспериментов, иллюстрирующих эффективность алгоритма; разработан и обоснован алгоритм совместного применения методов вариационной ассимиляции данных об уровне на жидкой границе и разделения области, дающий возможность независимого решения в подобластях прямой и сопряженной задач; разработан программный комплекс по решению задачи вариационной ассимиляции данных наблюдений за уровнем на жидкой границе для численной модели гидротермодинамики Балтийского моря.

Представлена и защищена кандидатская диссертация по специальности 05.13.18 «Исследование и решение обратных задач в проблемах моделирования гидрофизических полей в акваториях с жидкими границами».

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.
Шелопут Т.О., Агошков В.И. Сравнение двух методов ассимиляции данных, используемых при моделировании гидротермодинамики в открытых акваториях // Океанологические исследования, 2021. С. 1-18.
Шелопут Т.О., Гусев А.В. Методика постановки условий на открытых боковых границах в модели гидротермодинамики Балтийского моря на основе вариационной ассимиляции данных о солености // Метеорология и гидрология, 2022. С. 1-17.

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

Проведен численный параметрический анализ биглобальной устойчивости течения вязкой несжимаемой жидкости в трубах эллиптического сечения с твердыми и податливыми стенками.

Аннотация

Для трубы с твердой стенкой исследована зависимость энергетического критического числа Рейнольдса течения Пуазейля от отношения длин осей сечения трубы, дано качественное объяснение этой зависимости [1]. В случае трубы с податливой стенкой выполнена классификация наблюдаемых неустойчивостей на основе анализа влияния на них демпфирования стенки трубы, исследована их зависимость от формы сечения трубы; получены новые результаты по устойчивости течения Пуазейля в эллиптической трубе с двухслойной стенкой [2]. Результаты [1,2] могут быть использованы при разработке новых подходов к пассивному управлению ламинарно-турбулентным переходом. Кроме того, течение в трубе с податливой стенкой можно рассматривать как модель динамического фантома (инструмента биомедицинских исследований, используемого для имитации ключевых особенностей физиологических потоков, а также в качестве стандартных тестов для оценки производительности МРТ-сканеров), которая позволяет исследовать комбинированное влияние на устойчивость течения как податливости стенки трубы, так и формы ее поперечного сечения.

1. Demyanko K.V., Klyushnev N.V. On monotonic stability of elliptic pipe flow // Phys. Fluids. 2021. V. 33, N. 11. https://doi.org/10.1063/5.0069537 (WoS, Scopus, Q1).

2. Boiko A.V., Demyanko K.V. On numerical stability analysis of fluid flows in compliant pipes of elliptic cross-section // J. Fluid. Struct. 2022. https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2021.103414 (WoS, Scopus, Q1).

Научный руководитель работ - д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М.

Разработана математическая модель внутриклеточной репликации вирусов SARS-CoV-2 и идентифицированы стадии репликации (потенциальные мишени), изменение которых существенно влияет на степень размножения вирусов в клетке.

Аннотация

Впервые разработана и калибрована математическая модель внутриклеточной репликации вирусов SARS-CoV-2. Путем анализа чувствительности идентифицированы стадии репликации, изменение которых может приводить к существенному снижению масштаба продукции вирусов зараженной клеткой. В число перспективных потенциальных мишеней для антивирусной терапии вошли (1) процессы деградации поступивших в клетку РНК-вирусов, (2) константа Михаэлиса регуляции транскрипции проникших в зараженную клетку РНК вирусов, (3) трансляция неструктурных белков и (4) скорость синтеза плюс-цепей вирусной РНК.

Grebennikov D., Kholodareva E., Sazonov I., Karsonova A., Meyerhans A., Bocharov G. Intracellular Life Cycle Kinetics of SARS-CoV-2 Predicted Using Mathematical Modelling. Viruses 2021, 13, 1735. https://doi.org/10.3390/v13091735, (Q1), ISSN: 1999-4915

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

На основе анализа условий устойчивости модели противовирусного иммунного ответа Марчука-Петрова сформулирована гипотеза о возможности использования мультипликативного характера взаимодействия гуморального и клеточного звеньев иммунитета при разработке вакцин.

Аннотация

С помощью математической модели противовирусного иммунного ответа Марчука-Петрова показан мультипликативный характер взаимодействия двух основных элементов защиты от вирусной инфекции – антител и Т-лимфоцитов. Это означает, что их протективные эффекты умножаются друг на друга и возможно усиление вызываемых вакцинами защитного иммунного ответа путем одновременной активации двух компонентов иммунитета до существенно более низких порогов, чем в случае активации только одного из элементов защиты. Соответствующий подход позволяет снизить пороговые значения иммунитета, необходимые для обеспечения устойчивости положения равновесия, отвечающего неинфицированному состоянию.

Bocharov G, Grebennikov D, Argilaguet J, Meyerhans A. Examining the cooperativity mode of antibody and CD8+ T cell immune responses for vaccinology // Trends Immunol. 2021 Oct;42(10):852-855. doi: 10.1016/j.it.2021.08.003, (Q1), ISSN 1471-4981

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

Разработана агентная модель распространения вирусной инфекции в мегаполисе.

Аннотация

В рамках модели разработаны:

1. Метод индивидуальной оценки тяжести и вероятности летального исхода вирусной инфекции по сопутствующим заболеваниям, возрасту и иммунному статусу агента.
2. Модель популяционной динамики психических нарушений в ходе пандемии и влияния этих нарушений на вирусную пандемию.

3. Модель оценки демографических и экономических индивидуальных и популяционных потерь в результате пандемии.

Метод оценки тяжести и прогноза исхода инфекции основывается на расчете индекса компрометированности, зависящем от возраста агента, количества и характера хронических заболеваний.
Модель популяционной динамики психических нарушений описывает распространение большого депрессивного синдрома в результате увеличения психологической нагрузки. Предложена модель динамики психологической нагрузки индивида. Описано влияние депрессии на уровень здоровья и продолжительность жизни агента.
Метод оценки демографических и экономических индивидуальных и популяционных потерь в результате пандемии основан на математической модели динамики количества лет здоровой жизни (QALY) – показателе который используется ВОЗ для оценки качества здравоохранения. Идея в том, что в модели описывается динамика «количества здоровья», а не числа больных. Зная валовый национальный продукт, можно оценить стоимость года здоровой жизни индивида.

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

На основе метода сумматорных тождеств разработана новая разностная схема решения системы уравнений динамики ионов в сферическом слое, удовлетворяющая ряду априорных требований, и с ее помощью исследован отклик ионосферы средних широт на возникновение экстремальных значений скоростей электромагнитного дрейфа ионов в полярной области.

Аннотация

На основе метода сумматорных тождеств построена новая разностная схема решения уравнений амбиполярной диффузии, удовлетворяющая ряду требований, главными из которых являются следующие:

1. Схема описывает диффузию ионов только вдоль магнитных силовых линий. Схема диссипативна и абсолютно устойчива.
2. Схема обладает компактным шаблоном, формально имеет первый порядок точности, но на точных решениях показала удовлетворительную точность.

Разработанная схема была включена в общий алгоритм решения задачи динамики ионов в Ф-слое ионосферы, с помощью которого была решена задача отклика ионосферы на сильные возмущения магнитосферы, приводящие к экстремально большим значениям скоростей электромагнитного дрейфа ионов в полярной области (порядка десятка тысяч метров в секунду).

Научный руководитель работ – академик Дымников В.П.

Проведен анализ воспроизведения современного климата версиями климатической модели с различной чувствительностью. Показано, что качество воспроизведения климата версиями модели с разной чувствительность примерно одинаково и не зависит существенно от величины чувствительности.

Аннотация

Проведены численные эксперименты с пятью версиями модели климата ИВМ РАН с различной чувствительностью к удвоению концентрации CO_2. Величина чувствительности изменялась от 1.8 до 4.1 градуса вследствие различного учета механизмов формирования облачности. Показано, что среднеквадратичная ошибка воспроизведения среднеклиматических полей приземной температуры, осадков, общей и нижней облачности, а также радиационно-облачного форсинга не зависит систематически от вели-

чины чувствительности, версии с как с большой, так и с маленькой чувствительностью воспроизводят современное среднеклиматическое состояние примерно одинаково.

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

Разработана эффективная технология численного моделирования циркуляции океана. Технология апробирована на гибридной модели мелкой воды как части сигма-модели общей циркуляции океана INMOM.

Аннотация

Суть гибридного подхода заключается в разбиении расчётной области на блоки на основе метода балансировки нагрузки с использованием кривых Гильберта, что обеспечивает равномерную вычислительную нагрузку на процессы и потоки. Новый метод показал преимущество по сравнению с векторным подходом, в котором OpenMP используется только для распараллеливания двумерных циклов по подобластям. Тестирование гибридной модели проводилось на кластере ИВМ РАН и суперкомпьютере МСЦ РАН. Расчеты показали эффективность разбиения на блоки малого размера, преимущество гибридного подхода по сравнению с чистым MPI режимом и эффективность метода балансировки нагрузки вычислений (Чаплыгин, Гусев, 2021).

Чаплыгин А. В., Гусев А. В. Гибридная модель мелкой воды с использованием технологий MPI-OpenMP // Проблемы информатики, 2021, № 1, с.65-82. DOI: 10.24411/2073-0667-2021-10006.

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

Построена трехмерная численная модель газовой и аэрозольной динамики с учетом кинетических процессов коагуляции, конденсации, фотохимической трансформации, бинарной и ионной нуклеации для сферической атмосферы.

Аннотация

Проведены численные эксперименты по исследованию пространственно-временной изменчивости концентраций газовых примесей и аэрозолей в атмосфере. Выявлены принципиальные отличия распределения концентраций газовых примесей и аэрозолей на разных высотах атмосферы северного и южного полушарий. Разработана новая модель для описания процессов формирования композитных частиц, состоящих из смеси различных веществ. Такие задачи встречаются при моделировании аварийных сценариев на энергетических объектах, образовании кислотных осадков в атмосфере и т.п. При этом используется более сложное уравнение, чем классическое уравнение Смолуховского для описания процессов коагуляционного роста частиц, в связи с необходимостью введения нового параметра, учитывающего массу выделенных частиц.

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

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.

Для воспроизведения текущего состояния и краткосрочного прогноза гидротермодинамики Северного Ледовитого океана (СЛО) и прилегающих к нему акваторий подготовлена версия σ-модели морской циркуляции INMOM с пространственным разрешением ~3,7 км (INMOM-Арктика). На открытых боковых границах предписываются скорости течений, сплоченность и толщина морского льда, температура, соленость и уровень моря (включая приливные колебания) из глобальных реанализов или прогнозов. На поверхности океана усваиваются спутниковые данные по температуре поверхности моря и сплоченности ледяного покрова с использованием программного комплекса DART на основе ансамблевого фильтра Калмана EnKF. Проведена настройка и верификация модели INMOM-Арктика в ретроспективных расчетах за период с 1 марта по 31 августа 2020 г. Выполнен анализ качества воспроизведения термохалинных характеристик и проведено сравнение с результатами расчетов по модели HYCOM для СЛО, предоставляемыми службой CMEMS, и с данными профилографов ARGO. Показано, что INMOM-Арктика имеет сопоставимые с CMEMS оценки точности воспроизведения полей температуры и солености для СЛО.

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

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

В 2021 году в ИВМ РАН проводились исследования по актуальным направлениям вычислительной математики, математического моделирования и их приложениям.

Тема «Вычислительная математика, тензоры, оптимизация и задачи биологии и медицины»

Подтема «Матричные методы в математике и приложениях»

Доказана корректность предложенной А.Н.Тихоновым постановки задачи о нормальном решении систем линейных алгебраических уравнений, эквивалентных по точности.
Предложен быстрый алгоритм численного решения объемных интегральных уравнений в случае неравномерных сеток.
Предложены методы численного интегрирования функций от многих переменных на основе тензорных поездов, позволяющие эффективно вычислять интегралы Фейнмана.
Исследованы методы поиска редуцированного базиса при решении некоторых типов уравнений Смолуховского (акад. Тыртышников Е.Е.).

Для задачи построения многополосных аналоговых и цифровых фильтров завершена разработка алгоритма типа Ремеза-Колмогорова в случае весовой функции с высокими

контрастами (более 100 dB) как для вещественных, так и для комплексных рациональных фильтрующих функций. Наблюдавшиеся ранее «остановки» в итерациях, не соответствующие критерию оптимальности (Чебышева, в вещественном случае, и Колмогорова, в комплексном) с разбросом экстремумов, существенно отличающемся от 1, преодолены.
При помощи формы Белевича для S-матрицы многополосного фильтра построена теория для нового алгоритма синтеза многополосного фильтра, работающего по данной рациональной фильтрующей функции и использующего «дробные Крыловские пространства» (к.ф.-м.н. Горейнов С.А.).

Метод мозаично-скелетных аппроксимаций применен к решению задачи дифракции электромагнитных волн на идеально проводящих телах, покрытых тонким диэлектрическим слоем.
Для решения системы уравнений, возникающей из решения интегральных уравнений с импедансным граничным условием был построен предобуславливатель, снижающий число итераций до количества итераций, необходимых для решения аналогичной задачи на идеально проводящей поверхности. Доказано, что число итераций с предобуславливателем слабо зависит от параметров диэлектрического слоя. Предобуславливатель имеет простую блочно-диагональную структуру и реализован в виде алгоритмов для параллельных вычислительных систем с распределенной памятью (к.ф.-м.н. Ставцев С.Л.).

В рамках создаваемого пакета SLESMpack (a package for Solving systems of Linear algebraic Equations with Structured Matrices) написаны и протестированы вещественные и комплексные решатели систем линейных алгебраических уравнений с блочными иерархическими семисепарабельными матрицами, циркулянтными матрицами, теплицевыми матрицами на основе методов Гохберга-Сименсула, окаймления, векторного метода и с использованием блочных иерархических семисепарабельных матриц. Создана инструкция по использованию пакета: указаны типы матриц, с которыми работает пакет, описаны названия и входные параметры реализованных процедур, дан порядок работы с данным пакетом.
Получены все множества пар симметричных теплицевых матриц, квадраты которых совпадают (д.ф.-м.н. Чугунов В.Н.).

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

Изучены свойства метода градиентного спуска на многообразии для задачи восполнения малорангового тензора в формате тензорного поезда по малому числу его элементов. Доказаны оценки на число элементов, которые с высокой вероятностью гарантируют локальную сходимость метода к искомому тензору. Аналогичные оценки доказаны также для задачи восполнения тензора с дополнительной информацией.
Численно исследована бифуркация Андронова—Хопфа для замкнутой системы уравнений агрегации-фрагментации без источников и стоков. Найдена область в пространстве параметров, при которых решение системы с течением времени переходит в режим бесконечных периодических осцилляций (с.н.с. Будзинский С.С.).

В терминах рядов Фабера получены общие оценки погрешности вычисления матричных функций, связанных с решением дифференциальных уравнений первого порядка по времени. Для симметричных матриц получены конкретизированные оценки погрешности в терминах сдвинутых рядов Чебышёва.

Разработан алгоритм решения обратной динамической задачи акустики для вертикально-неоднородной модели трёхмерной среды и слегка «размытого» по времени точечного источника. Проведены численные эксперименты, результаты которых подтверждают работоспособность алгоритма (д.ф.-м.н. Книжнерман Л.А.).

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

Разработаны и исследованы алгоритмы решения задачи одновременного восстановления начальных и граничных условий и параметров модели термодинамики моря с помощью вариационного усвоения данных. Проведены численные эксперименты на основе измерений инфракрасного радиометра VIIRS (спутник SNPP), спектрорадиометров MODIS (спутники AQUA и Terra) Сервисом ЦКП "ИКИ - Мониторинг" для модели динамики Черного и Азовского морей (д.ф.-м.н. Агошков В.И., д.ф.-м.н. Шутяев В.П., к.ф.-м.н. Пармузин Е.И.).
Проведено сравнение методов восстановления неизвестной функции в граничном условии на открытой границе по данным наблюдений за уровнем и скоростью в задаче мелкой воды в ряде численных экспериментов для области простой формы. Результаты экспериментов показали, что при наличии значительного градиента в функции глубины водоема метод восстановления функции по данным об уровне дает лучший результат (д.ф.-м.н. Агошков В.И., к.ф.-м.н. Шелопут Т.О.).

Исследована методика построения алгоритмов разделения области, которая базируется на теории оптимального управления, результатах теории обратных и некорректных задач, применении сопряженных уравнений и современных итерационных процессах. Предложены подходы по развитию представленных алгоритмов для решения широкого класса краевых задач с использованием методов разделения области (д.ф.-м.н. Агошков В.И.).

Разработаны алгоритмы вычисления ковариационных матриц оптимальных оценок при вариационном усвоении данных через обратный гессиан и эффективный обратный гессиан. Разработан алгоритм исследования устойчивости оптимальных решений на основе метода расщепления и с учетом пошагового накопления ошибок.
Разработан численный алгоритм решения нестандартной системы на основе свойств гессиана исходного функционала стоимости и путем сведения к задаче оптимального управления.
Разработаны модификации стохастического метода Ньютона с использованием специальных формул для оценки математического ожидания градиента и гессиана функционала стоимости.
Разработан алгоритм вычисления градиента функции отклика (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Геджадзе И.Ю.).

Проведен анализ устойчивости функционалов при вариационном усвоении данных с учетом неопределенностей входных данных для модели морской термодинамики (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с к.ф.-м.н. Пармузиным Е.И., Геджадзе И.Ю.).

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.).

Проведен численный анализ алгоритмов решения задачи вариационной ассимиляции данных с ковариационными матрицами ошибок наблюдений и несколькими функция-

ми управления для конкретных морских акваторий (д.ф.-м.н. Шутяев В.П., к.ф.-м.н. Пармузин Е.И., к.ф.-м.н. Захарова Н.Б.).

Разработаны и исследованы алгоритмы решения задачи одновременного восстановления начальных и граничных условий и параметров модели термодинамики моря с помощью вариационного усвоения данных. Проведены численные эксперименты для модели динамики Черного и Азовского морей (д.ф.-м.н. Шутяев В.П., д.ф.-м.н. Агошков В.И., к.ф.-м.н. Пармузин Е.И.).

Разработана схема интеграции ИВС с программно-аппаратным комплексом ЦКП (к.ф.-м.н. Пармузин Е.И., к.ф.-м.н. Захарова Н.Б., к.ф.-м.н. Шелопут Т.О. с коллегами из ИКИ РАН)

Проведены численные эксперименты с ковариационными матрицами ошибок первого приближения (бэкграунда) на основе данных атмосферного воздействия за 1979–2020 гг. в задачах вариационного усвоения данных (к.ф.-м.н. Пармузин Е.И., д.ф.-м.н. Шутяев В.П., к.ф.-м.н. Захарова Н.Б., Фомин В.В.).

Исследован алгоритм решения обратной задачи по восстановлению функции начального состояния и граничного условия с выбором расширенного периода ассимиляции при неполных данных наблюдений. Алгоритм реализован с использованием данных наблюдений со спутников в акватории Черного и Азовского морей (к.ф.-м.н. Пармузин Е.И.).

Проведена серия численных экспериментов с ковариационными матрицами ошибок наблюдений для численного решения задачи вариационной ассимиляции с несколькими функциями управления для конкретных прикладных задач моделирования морских акваторий. (к.ф.-м.н. Пармузин Е.И., к.ф.-м.н. Шутяев, к.ф.-м.н. Захарова Н.Б.).

Разработан блок обработки данных дистанционного зондирования с учетом возможностей программно-аппаратного комплекса ЦКП и специфики архивов предоставляемых данных).
Проведена работа по развитию существующих алгоритмов и программ для решения задач усвоения данных наблюдений в модели гидротермодинамики морских сред:
Проведен анализ имеющихся массивов данных наблюдений о температуре поверхности Черного и Азовского морей, исследованы статистические характеристики ошибок данных.
Для верификации оперативных данных наблюдений о температуре поверхности океана со спутников был разработан алгоритм, основанный на определении весовых коэффициентов, характеризующих близость данных наблюдений к принятым «эталонными».
Для интерполяции данных дистанционного зондирования о состоянии температуры поверхности моря реализован метод интерполяции и экстраполяции данных наблюдений с учетом характеристик адвективных и конвективных течений в водах океанов и морей (к.ф.-м.н. Захарова Н.Б.).

Проведено исследование совместного применения алгоритмов вариационной ассимиляции данных о температуре, солености и уровне на открытой границе. Для численной реализации алгоритмов была использована модель гидротермодинамики Балтийского моря, реализованная на основе модели INMOM. Сравнение алгоритмов вариационной ассимиляции и алгоритмов релаксации к данным наблюдений в численном эксперименте по моделированию большого балтийского затока 2014 года показало, что приме-

нение алгоритмов вариационной ассимиляции данных предпочтительнее (к.ф.-м.н. Шелопут Т.О.).
Проведено сравнение методов восстановления неизвестной функции в граничном условии на открытой границе по данным наблюдений за уровнем и скоростью в задаче мелкой воды в ряде численных экспериментов для области простой формы. Результаты экспериментов показали, что при наличии значительного градиента в функции глубины водоема метод восстановления функции по данным об уровне дает лучший результат (к.ф.-м.н. Шелопут Т.О. совместно с д.ф.-м.н. Агошковым В.И.).
Разработана модификация алгоритма ассимиляции спутниковой альтиметрии с учетом специфики акватории Черного моря. Проведена интеграция блока обработки данных дистанционного зондирования с учетом возможностей и особенностей программно-аппаратного комплекса ЦКП «ИКИ - Мониторинг» в ИВС «ИВМ РАН – Черное море» (к.ф.-м.н. Шелопут Т.О. совместно с к.ф.-м.н. Захаровой Н.Б.)
Проведено исследование возможностей сжатия и обработки данных об уровне на основе тензорных вычислений (к.ф.-м.н. Шелопут Т.О. совместно с Желтковым Д.А., Петровым С.В.).

Разработаны и исследованы алгоритмов разделения области для основных подзадач модели гидротермодинамики моря, основанной на методе расщепления по физическим процессам; проведен ряд численных экспериментов (Лёзина Н.Р. совместно с д.ф.-м.н. Агошковым В.И.).
Проведено тестирование метода разделения области для модели гидротермодинамики Черного моря.
Разработан комплекс программ реализации метода разделения области для модели гидродинамики Баренцева и Карского морей; проведены численных экспериментов соответствующего блока (Лёзина Н.Р.)

Подтема «Оптимальные методы в задачах вычислительной математики»

Найдена асимптотика вложения пространства весов графа, определяющего комплексную структуру, в пространство модулей возникающего при слиянии точек ветвления для кривых рода два с одним овалом.
Исследованы дискретные режимы метода анзаца для задачи об электрическом фильтре в случае трех рабочих полос (д.ф.-м.н. Богатырев А.Б., к.ф.-м.н. Григорьев О.А.).

В рамках работы над оригинальным программным комплексом LOTRAN, предназначенным для прогноза положения ламинарно-турбулентного перехода в трехмерных аэродинамических пограничных слоях, была проведена работа над новой версией LOTRAN 3.6. Новые задачи, которые к настоящему моменту удалось решить в рамках этой версии, следующие: существенное (в несколько раз) ускорение перевода данных об основном течении, полученных программным комплексом ANSYS, во внутренний формат данных программного комплекса LOTRAN за счет дополнительной векторизации и распараллеливания; существенное (в несколько раз) ускорение интерполяции данных в узлы сетки, заданной на нормали к поверхности, за счет совершенствования алгоритма поиска тетраэдров, в которых лежат эти узлы; разработка и реализация более надежного и физически обоснованного алгоритма построения линий распространения возмущений; модификация алгоритма расчета сформировавшегося пограничного слоя вдоль разреза, которая обеспечивает гарантированную сходимость расчетов ламинарно-турбулентного обтекания при наличии локальных отрывов потока; разработка и реализация алгоритма определения пороговых N-факторов на основе рассчитанных программным комплексом LOTRAN полей N-факторов волн Толлмина-Шлихтинга и вихрей поперечного течения и соответствующих поверхностных термограмм, полу-

ченных в трубном эксперименте; внедрение новых (вероятностного типа) оценок толщины пограничного слоя и их численное обоснование. Проведены численные расчеты для различных аэродинамических кофигураций при различных значениях числа Маха и единичного числа Рейнольдса. Результаты расчетов показали хорошее совпадение с экспериментальными данными и/или данными других исследователей (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М., к.ф.-м.н. Демьянко К.В.).
В рамках работы по изучению механизма образования крупномасштабных структур на фоне мелкомасштабной турбулентности на примере стратифицированного турбулентного течения Куэтта были получены следующие результаты: исследовано возникновение оптимальных возмущений под воздействием стохастического форсинга; получены новые более точные оценки нормы матричной экспоненты; разработаны методы генерации оптимальных стохастических форсингов для анализа чувствительности линейных динамических систем.
Разрабатываемая оригинальная вычислительная технология анализа моделей динамики инфекций и иммунного ответа, представляющих собой системы дифференциальных уравнений с запаздыванием, была дополнена алгоритмом вычисления оптимальных возмущений устойчивых периодических решений. Разработанный алгоритм опробован на модели динамики заболевания, вызванного вирусом лимфоцитарного хориоменингита (ВЛХМ) (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М.).

Проведено исследование биглобальной устойчивости течения Пуазейля в трубах постоянного эллиптического сечения с твердыми, либо податливыми стенками. В случае трубы с твердой стенкой, в частности, исследована зависимость энергетического критического числа Рейнольдса течения Пуазейля от отношения длин осей сечения трубы, дано качественное объяснение этой зависимости. В случае трубы с податливой стенкой выполнена классификация наблюдаемых неустойчивостей на основе анализа влияния на них демпфирования стенки трубы; получены новые результаты по устойчивости течения Пуазейля в эллиптической трубе с двухслойной стенкой (к.ф.-м.н. Демьянко К.В.).

Введено понятие возмущения устойчивого периодического решения системы с запаздыванием, оптимального в заданный момент времени. Предложен и обоснован алгоритм вычисления такого возмущения, являющийся модификацией алгоритма вычисления оптимальных возмущений стационарных решений систем с запаздыванием, предложенного ранее. Были выполнены численные эксперименты с известной моделью динамики инфекции, вызванной вирусами лимфоцитарного хориоменингита, представляющей собой систему из четырех дифференциальных уравнений с запаздыванием. Показано, что малое по норме возмущение, оптимальное в момент времени, равный наименьшему периоду периодического решения, позволяет перевести систему из устойчивого периодического решения, которое можно интерпретировать как хроническое течение заболевания, в окрестность стационарного решения с нулевой вирусной нагрузкой, которое можно интерпретировать как состояние здорового организма.
Разработанные ранее алгоритмы вычисления периодических решений и стационарных состояний систем с запаздыванием и анализа их устойчивости были реализованы в рамках пакета программ DIDAN. С помощью разработанного пакета DIDAN были исследованы стационарные состояния и периодические решения модели противовирусного иммунного ответа Марчука-Петрова, представляющей собой систему из десяти дифференциальных уравнений с запаздыванием. Было показано, что пакет DIDAN позволяет вычислять все стационарные состояния модели при фиксированных значениях параметров, выполнять анализ их устойчивости, вычислять периодические решения в окрестности неустойчивых стационарных состояний и выполнять анализ устойчивости найденных периодических решений. В частности, с помощью пакета DIDAN

удалось впервые вычислить периодические решения с низкой вирусной нагрузкой при значениях параметров модели, отвечающих гепатиту В. Эти решения соответствуют формам хронического гепатита В, которые нельзя диагностировать обычными методами (асп. Христиченко М.Ю.)

Проведён анализ взаимодействия и влияния нормальной и тангенциальной компонент квадратичного оператора у продифференцированного уравнения Бюргерса на динамику его решения с ростом времени (д.ф.-м.н. Фурсиков А.В.).

Разработана математическая модель естественной нейронной сети живого организма, функционирующей в реальном времени. Особенностью модели является постоянная модификация синаптических весов, управляемая случайным процессом. Его интенсивность пропорциональна отклонению текущей реакции организма на внешние воздействия от оптимальной (к.ф.-м.н. Ноаров А.И.).

Выполнены параметрические расчеты оптимальных возмущений в широком диапазоне чисел Рейнольдса и Ричардсона. Показано, что основным параметром течения, отвечающим за переход между типами организованных структур, наблюдаемых в турбулентных течениях (ролики и стрики при нейтральной стратификации и наклонные структуры при устойчивой стратификации), является безразмерный масштаб длины Обухова.
Получены новые верхние оценки максимума нормы матричной экспоненты. Наряду с оценками, выведенными из наилучших известных экспоненциальных оценок нормы матричной экспоненты, основанных на решении уравнения Ляпунова, предложена новая оценка имеющая ряд преимуществ. Проведено детальное сравнение всех этих оценок на матрицах порядка 2 и матрицах из коллекции NEP. Предложенные оценки, в том числе, могут быть использованы при исследовании немодовой устойчивости стационарных решений систем ОДУ для ускорения параметрических расчетов.
Для исследования механизма образования крупномасштабных организованных структур в стратифицированном турбулентном течении Куэтта были получены длинные временные ряды турбулентных флуктуаций на основе (нелинейной) модели RANS с турбулентной вязкостью, параметризующей взаимодействие крупномасштабных составляющих течения с мелкомасштабной турбулентностью, и стохастическим форсингом, описывающим генерацию мелкомасштабной турбулентности. Анализ полученных временных рядов показал, что развитие оптимальных возмущений наблюдается и в рамках нелинейной модели. Это показано как качественно, так и количественно с помощью статистических оценок характерных параметров развития оптимального возмущения: времени развития и величины подскока. Сформулирован универсальный механизм появления и развития оптимальных возмущений в турбулентном течении.
Предложена и обоснована вычислительная технология построения оптимального стохастического форсинга для анализа чувствительности линейных динамических систем. Оптимальные форсинги ищутся в нормах Шэттена. Построенный оптимальный форсинг может быть использован для эффективного возбуждения крупномасштабных организованных структур в турбулентных течениях (асп. Засько Г.В.).

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

Разработана стохастическая модель внутриклеточной репликации вирусов иммунодефицита человека (ВИЧ-1) в зараженной клетке на основе марковских цепей и определены характеристики изменчивости процесса заражения и продукции вирусов.

Разработана стохастическая версия модели взаимодействия зерновой культуры (пшеница Triticum eastivum) и патогенных грибов Fusarium и исследовано влияние случайных факторов на динамику системы.
Разработана стохастическая модель внутриклеточной репликации коронавирусов SARS-CoV-2 в зараженной клетке на основе марковских цепей и определены характеристики чувствительности продукции вирусов к процессам ингибирования интерфероном первого типа.
С помощью модели противовирусного иммунного ответа Марчука-Петрова показана возможность использования мультипликативного характера взаимодействия гуморального и клеточного звеньев иммунитета при разработке вакцин для снижения пороговых значений иммунитета необходимых для обеспечения устойчивости положения равновесия, отвечающего неинфицированному состоянию.
Разработана модель дренажной функции лимфатического узла на основе нейронных сетей.
Разработана и исследована модель динамики иммунодоминантности гуморального иммунного ответа при вирусных инфекциях (д.ф.-м.н. Бочаров Г.А.).

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

Предложен метод конечных объемов для расчета уравнений пороупругости с коллокацией степеней свободы в центрах ячеек многогранной расчетной сетки (член-корр. Василевский Ю.В., к.ф.-м.н.Терехов К.М.).
Предложен монолитный устойчивый метод расчета трехмерных течений в каналах с пористыми упругими стенками (FPSI) (член-корр. Василевский Ю.В., к.ф.-м.н. Лозовский А.М., к.ф.-м.н. Ольшанским М.).
Проведен сравнительный анализ применения мембранной и оболочечной моделей закрытия аортального клапана, реконструированного с использованием аутоперикарда (член-корр. Василевский Ю.В., к.ф.-м.н. Саламатова В.Ю, Лёгкий А.).
Предложен новый подход к моделированию операций Фонтена для пациентов с врожденным пороком сердца (член-корр. Василевский Ю.В., к.ф.-м.н. Добросердова Т.К., к.ф.-м.н. Симаков С.С., Гамилов Т.М.).
Предложен метод построения персонализированной геометрии в биомеханической модели коленного сустава (член-корр. Василевский Ю.В., Юрова А.).

Дано развития моделей переноса примесей в подземных водах с учетом химических взаимодействий в системе вода-порода. Осуществлен переход на наиболее современный модуль расчета геохимических взаимодействий PHREEQCRM. Выполнена реализация полностью неявной схемы (итерационное сопряжение процессов переноса и химии, SIA) решения задач переноса с химическими реакциями в пористых средах.
Обеспечены возможности учета наличия равновесных фаз и поверхностного комплексообразования, также реализованы возможности задания исходных растворов в поровой жидкости и на границах расчетной области с помощью стандартного формата записи растворов PHREEQC. Данные усовершенствования позволили решить ряд новых задач: растворение кальцита и сидерита в породе при вторжении кислого раствора с образованием твердой фазы ферригидрита; осаждение урана на проницаемом реакционном барьере, содержащем металлическое железо.
С помощью ранее разработанной модели переноса с биологической нитратредукцией проведены расчеты для оценки влияния нитратредукции на распространение ореолов загрязнения в пластах-коллекторах, используемых для закачки жидких радиоактивных отходов. Показано, что при малых концентрациях нитрат-иона в закачиваемых раство-

рах нитрат-редукция приводит к полному исчезновению нитратного загрязнения подземных вод через 150 лет после прекращения закачки. Если же при закачке концентрация нитрат-иона высока (250 г/л), то через 150 лет в пласте остаются ореолы с высоким загрязнением, однако пропадают дисперсионные «хвосты» с малыми концентрациями, наблюдаемые в расчетах без учета нитратредукции (к.ф.-м.н. Капырин И.В.).

Проведены работы по созданию и верификации 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. Была 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 предобуславния BIILU2 показал высокую надежность и параллельную эффективность.
Проведена верификация решателей на линейных системах, возникающих при использовании нефтяного симулятора ИВМ РАН. При моделировании нестационарных задач фильтрации удалось добиться уменьшения времени расчета за счет контроля параметров порога фильтрации, размера перекрытия подобластей и степени разложения.
Для разработки решателей для незнакоопределенных систем линейных уравнений, возникающих в задачах механики, при численном решении уравнений Навье--Стокса, включая смешанную постановку задачи, проведены исследования свойств сходимости параллельных линейных решателей для этого класса задач.
Получены оценки оптимальной величины перекрытия подобластей при параллельной реализации явных схем дискретизации (к.ф.-м.н. Коньшин И.Н.).

Разработаны методы сегментации и построения расчетных сеток для корня аорты.
Исследованы различные методы обработки данных КТ перфузии (к.ф.-м.н. Данилов А.А.).

Построена двухмасштабная 1D-3D модель кровотока Фонтена конкретного пациента: большой круг кровообращения считался одномерным, а кавапульмональное соединение – трехмерной областью. Расчетная 3D область получена из данных компьютерной томографии. Структура 1D большого круга кровообращения была построена на основе имеющегося графа сосудистой сети здорового человека и отмасштабирована с учетом роста и диаметров сосудов конкретного пациента (взяты из исследования МРТ). Граничные условия и параметры модели были подобраны на основе 4D flow МРТ данных.
Построенная модель воспроизводит осредненные во времени потоки крови в нижней и верхней полых венах, правой и левой легочных артериях (взяты из данных 4D flow МРТ), а также давление в области кавапульмонального соединения для пациента в положении лежа.
Рассчитана гемодинамика того же пациент в положении стоя. Большинство показателей кровотока ухудшаются по сравнению с горизонтальной позицией, что подтверждает плохую переносимость физических нагрузок пациентами с кровообращением Фонтена (к.ф.-м.н. Добросердова Т.К.).

Разработан модуль генерации адаптивных треугольных сеток для оптимизации расчета течений в среде с трещиной.
Проведена апробация модели двухфазной фильтрации, реализованной ранее в расчетном коде GeRa (к.ф.-м.н. Никитин К.В.).

Разработаны новые конечно-объемные численные методы для совместного моделирования физических процессов, имеющих седловой характер, а также методы решения возникающих линейных систем (к.ф.-м.н. Терехов К.М.).
Параллелизована монотонная модель вложенных дискретных трещин. Результаты численных экспериментов демонстрируют масштабируемость при увеличении числа процессоров.
Предложена новая модель вязкоэластичного несжимаемого материала, основанная на совмещении моделей вязкоэластичной жидкости Олдройда-Б и гиперупругого твердого тела нео-Гука. Полученная модель была реализована в программном пакете Floctree для задач течения неньютоновских жидкостей со свободной поверхностью. Модель была успешно верифицирована на серии тестовых задач и применялась для оценки параметров вязкоупругости сфероидов из биоматериала, что имеет приложения в задачах биопринтинга (асп. Янбарисов Р.М.).

Исследовано применение различных нелинейных решателей (метода Ньютона, метода Пикара и комбинированного решателя в сочетании с разными стратегиями линейного поиска) в рамках метода продолжения для задач моделирования стационарного течения подземных вод в условиях переменной насыщенности с использованием различных схем метода конечных объемов.
Показано, что предиктор первого порядка может значительно снизить объем вычислений, требуемый для решения задач, а метод опорных операторов требует меньшего числа нелинейных итераций по сравнению с методом конечных объемов.
Создан программный комплекс для моделирования процессов пороупругости – одновременно протекающих и взаимосвязанных процессов упругой деформации пористой среды и течения однофазной жидкости в этой среде. Для моделирования упругости проведено сравнительное изучение технологий моделирования упругости: методов конечных элементов, конечных объемов, опорных операторов, виртуальных элементов. Удовлетворяющим всем поставленным требованиям оказался метод вирутальных элементов, который и был реализован в составе комплекса. Расчетные эксперименты показали соответствие теоретическим оценкам сходимости численных решений к точным (асп. Ануприенко Д.В.).

Верифицирован реализованный метод оболочек для учёта изгибной жёсткости в тонких мембранах на ряде бенчмарков. Произведено сравнение мембранного и оболочечного подходов с точки зрения величин зон коаптации, которые они обеспечивают на приближенной к физиологичной геометрии клапана. Произведены расчёты зон коаптации на реальных геометриях свиных корней аорты для сравнения результатов работы модели с результатами натурного эксперимента (А.А. Легкий).

Разработана модель кровотока в микроциркуляторном русле в норме и при опухолевом ангиогенезе.
Разработана методология моделирования работы сердечно-сосудистой системы пациента с патологиями (гемодинамика при атеросклерозе и извитости артерий, коронарный кровоток при вариабельности частоты сердечных сокращений, сердечный выброс при недостаточности клапанов сердца, микроциркуляция при опухолевом ангиогенезе);
Разработана методология вычислительного прогнозирования гемодинамики после сосудистых операций по поводу устранения атеросклероза (с.н.с. Симаков С.С.).

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

Построена математическая модель популяционной динамики психических расстройств. Модель используется для описания динамики пандемии.
Предложен новый подход к математическому моделированию эпидемического процесса, основанный на описании динамики здоровья популяции (д.ф.-м.н. Романюха А.А.).

Проведена апробация метода разведения дейтерия у детей с онкологическими заболеваниями с целью оценки его информативности и прогностической значимости (в рамках проекта МАГАТЭ, на базе ФНКЦ ДГОИ им. Д. Рогачева). Проведен анализ сравнимости данных биоимпедансных измерений, полученных с использованием биоимпедансного оборудования и измерительных электродов нескольких наименований. Установлена сопоставимость оценок состава тела, получаемых в центрах здоровья при использовании различных типов биоадгезивных электродов несмотря на значимые различия их электрических свойств (к.ф.-м.н. Руднев С.Г.).

Проведён анализ влияния социоэпидемиологических факторов заболеваемости туберкулёзом в г. Москве. Проведено исследование «кластеров» заболеваемости туберкулёзом в г. Москве с учётом реальной плотности населени (к.ф.-м.н. Каркач А.С.).

Разработан метод генерации синтетических популяций, статистически эквивалентных реальному населению различных регионов России, для использования их в агентных эпидемиологических моделях. Синтетические популяции генерируются на основе данных исследования RLMS-HSE и других наборов данных, релевантных для России (к.ф.-м.н. Авилов К.К.).

Исследованы модели сетей эпидемически значимых контактов. При помощи агентных моделей распространения туберкулеза и респираторных инфекций показано, что модели сетей эпидемически значимых контактов обладают свойствами сетей "мир тесен", определены параметры модели для небольших городов и микрорайонов мегаполиса.
Исследовано течение новой коронавирусной инфекции в условиях отделения интенсивной терапии. Предложен индекс коморбидности, характеризующий наличие и тяжесть сопутствующих заболеваний. При помощи цепей Маркова показано, что оценка индекса коморбидности пациента в момент госпитализации позволяет выделить группу пациентов с высоким риском тяжелого течения и смерти.
Проведен анализ смертности в г. Москве 2019-2020 гг. по возрасту и причинам. Получены оценки смертности от COVID-19 и оценки избыточной смертности в 2020 г. от ряда причин, не связанных напрямую с новой коронавирусной инфекцией (к.ф.-м.н. Санникова Т.Е.).

Произведено объединение моделей создания синтетической популяции, виртуальной среды, распространения инфекции и тестирования на наличие заболевания COVID-19 в рамках создания общей агентной модели распространения COVID-19 в г.Москве.
Разработана и реализована сопряженная модель 1D поверхностного стока, 2D поверхностного стока и 3D подземной фильтрации в программном коде GeRa (к.ф.-м.н. Новиков К.А.).

Тема «Моделирование динамики Земной системы»

Подтема «Моделирование климата и его изменений»

В рамках создания бесшовной модели Земной Системы с верхней границей на высоте 500 км (с включением явного описания термосферы и ионосферы) в 2021 г. построен вычислительный алгоритм решения системы уравнений, описывающей гидростатическую атмосферу в сферическом слое от 0 до 500 км с вертикальной гибридной координатой.
Для решения полученной системы уравнений по времени была использована полунеявная схема, требующая однократного решения спектральной проблемы на собственные значения для вертикального динамического оператора. Была исследована точность решения соответствующих конечномерных спектральных задач.
Анализ качества сформулированного алгоритма проведен с помощью численных экспериментов для адиабатической модели атмосферы на основе решения задачи суточного прогноза погоды (акад. Дымников В.П., к.ф.-м.н. Кулямин Д.В.).
На основе сформулированного в 2020 г. нового метода решения системы уравнений амбиполярной диффузии ионов в ионосфере, удовлетворяющего ряду априорных требований, решена задача формирования «провала» в концентрации электронов в средних широтах в периоды геомагнитных возмущений. Полученные результаты показали устойчивость и хорошую точность сформулированных алгоритмов при решении данной задачи, основной критической характеристикой которой является наличие супервысоких величин скоростей электромагнитного дрейфа ионов в области высоких широт (акад. Дымников В.П., Останин П., к.ф.-м.н. Кулямин Д.В.).

С помощью совместной климатической модели ИВМ РАН проведены эксперименты по изучению влияния выбросов черного углерода (ЧУ) различной природы (антропогенной и естественной) на радиационных баланс в Арктике. В частности, рассматривались выбросы от интенсивных лесных пожаров в Сибири в 2019 г. и выбросы от газовых факелов, расположенных на территории России. Выполнены оценки радиационных воздействий от этих двух механизмов и показано, что, например, для выбросов черного углерода от энергетического сектора экономики эти воздействия в среднем компенсируют друг друга, однако локально они могут сильно отличаться (к.ф.-м.н. Кострыкин С.В.).
В рамках работ по проекту с ПАО «Газпром» проведена оценка доли выбросов метана от ПАО "Газпром" в 2020 г. к текущим глобальным выбросам метана в атмосферу, она составляет 0,21-0,23% . На основе этих данных сделана оценка изменения концентрации метана в атмосфере в случае исключения источника выбросов от ПАО "Газпром".
С помощью глобальной климатической модели ИВМ РАН проведены модельные эксперименты для оценки среднегодового прямого радиационного форсинга атмосферы, вызванного данным возмущением концентрации метана. На основе гипотезы о линейности отклика в равновесной глобальной температуре относительно величины радиационного форсинга и результатов экспериментов по моделированию климата будущего получена оценка для изменения глобальной равновесной температуры в случае возмущения концентрации метана от выбросов от ПАО «Газпром». Построены вертикальные распределения среднезонального радиационного нагрева атмосферы и приведена оценка для поля изменения приземной температуры для данного возмущения (к.ф.-м.н. Кострыкин С.В., д.ф.-м.н. Володин Е.М.).

Для динамической модели F-слоя ионосферы (100-500 км) были реализованы параметризации расчета источников дрейфового переноса плазмы в полярных областях (за счет формирования полей магнитосферной конвекцией и др.) с учетом различного уровня геомагнитной активности. Проведены контрольные численные эксперименты

по воспроизведению глобальных распределений электронной концентрации для различных условий и на их основе получены ключевые характерные для ионосферы структурные образования (главный ионосферный провал, повышенная ионизация вблизи полярной шапки и др.). Количественные оценки результатов показали, что модель ионосферы удовлетворительно воспроизводит характеристики распределения электронной плотности в сравнении с данными наблюдений.
В рамках работ по усовершенствованию модели F-слоя ионосферы проведено разделение географических и геомагнитных полюсов и проведены тестовые расчеты, позволившие оценить точность разделения и значимость его учета в распределениях параметров модели ионосферы.
В ходе разработки нового вычислительного ядра для модели общей циркуляции нейтральной атмосферы с высокой верхней границей (0-500 км) проведен анализ спектральных характеристик оператора полунеявного учета гравитационных волн и показано отсутствие возникновения неустойчивостей. Разработан алгоритм реализации нового динамического ядра для модели атмосферы (0-500 км) и успешно проведены предварительные тестовые численные эксперименты (к.ф.-м.н. Кулямин Д.В.).

Модель климата ИВМ РАН подготовлена для использования в целях оперативного сезонного и декадного (1-10 лет) прогноза аномалий климата.
Проанализированы причины возникновения аномалий погоды зимнего сезона 2019-2020 г. Показано, что основной причиной положительных аномалий температуры в Евразии было состояние тропического Индийского океана (д.ф.-м.н. Володин Е.М.).

Проведены расчеты по прогнозу состояния Земной системы на 5-15 лет в формате международного проекта DCPP международной программы CMIP6. Для этого модель климата ИВМ РАН INM-CM5 запускалась с реальных начальных условий каждый год с 1980 по 2020 гг. и производился расчет климатических характеристик на 5 лет (раз в 5 лет – на 15), при этом использовался ансамблевый подход (для каждой даты строился ансамбль из 10 начальных условий, которые вычислялись с помощью возмущения атмосферной компоненты начального условия). Проведен предварительный анализ полученных результатов. Показано, что прогностические характеристики модели INM-CM5 при сверхдолгосрочном прогнозировании не уступают по качеству моделям ведущих климатических центров (д.ф.-м.н. Грицун А.С.).

Разработана новая программная реализация параллельной модели динамики океана и динамики-термодинамики морского льда на языке Fortran-90/95. Проведены расчеты состояния Белого моря (с учетом биохимии) и Северного Ледовитого океана.
Сделан подробный анализ существующей модели Мирового океана, сделана трассировка программы и выявлены наиболее узкие места. Реализован новый солвер для вычисления уровня океана, изменена схема интегрирования по времени, выявлены проблемы с формулировкой целого ряда подсеточных параметризаций (д.ф.-м.н. Яковлев Н.Г.).

Подтема «Математическое моделирование региональных природно-климатических процессов»

При помощи LES-модели проведены расчеты турбулентного теплообмена над поверхностями со сложной геометрией. Выявлен эффект блокировки поверхностного потока тепла при сильной устойчивости. Показано, что этот эффект может являться эффективным механизмом поддержания турбулентности при больших значениях числа Ричардсона.

На основе расчетов с LES-моделями верифицированы локально-одномерные модели АПС с замыканиями первого порядка и универсальные пристеночные функции, применяемые в моделях общей циркуляции атмосферы (д.ф.-м.н. Глазунов А.В.).

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

Разработана новая численная модель для описания кинетики формирования композитных частиц, состоящих из смеси различных веществ. Такие задачи встречаются при моделировании аварийных сценариев на энергетических объектах, образовании кислотных осадков в атмосфере и т.д. При этом используется более сложное уравнение, чем классическое уравнение Смолуховского для описания процессов коагуляционного роста частиц, в связи с необходимостью введения нового параметра, учитывающего массу выделенных частиц. В модели использованы три взаимосвязанных интегро-дифференциальных уравнений для различных аэрозольных характеристик.
Проведены численные эксперименты по исследованию пространственно-временных изменений концентраций газовых примесей и аэрозолей на разных высотах в сферической атмосфере, рассчитанных с учетом бинарной и ионной нуклеации паров серной кислоты и воды. Получены оценки влияния распределения аэрозольных частиц в атмосфере на скорость ионной нуклеации для частиц разных размеров. Детально изучена изменчивость концентраций газовых примесей и аэрозольных частиц с учетом роли процессов гомогенной бинарной нуклеации, а также ионной нуклеации в формировании атмосферного аэрозоля в земной атмосфере. Исследованы принципиальные отличия распределения концентраций газовых примесей и аэрозолей на разных высотах атмосферы северного и южного полушарий (д.ф.-м.н. Алоян А.Е.).

Проведены численные расчеты по динамике образования зародышей частиц сульфатного аэрозоля в зимнее время применительно к северным умеренным широтам и тропикам. Исследована вертикальная изменчивость газовых веществ и аэрозолей от поверхности земли до высоты 42 км. В модели учтены физико-химические свойства индивидуальных компонентов, в качестве органических соединений-компонентов суррогатных частиц взяты продукты химических превращений в атмосфере биогенных α-пинена и изопрена. По результатам вычислений обнаружен сложный характер изменений коэффициентов активности компонентов при вариациях состава органического аэрозоля. Построена также модель формирования органического аэрозоля в атмосфере при вариациях состава органического аэрозоля (к.ф.-м.н. Арутюнян В.О.).

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

Проведена работа по совершенствованию моделей распознавания типов лесной растительной поверхности по дистанционным самолетным и спутниковым данным высокого пространственного разрешения. Проведено изучение возможности применения разработанных ранее схем для определения объема биомассы по самолетным гиперспектральным данным (ГСК 290 каналов, ПО “Лептон”, г. Зеленоград) и по спутниковым 8-канальным данным WorldView2 (к.ф.-м.н. Егоров В.Д.).

Предложен эффективный метод детектирования и сегментации крон отдельных деревьев по фото и мультиспектральным изображеним с пространственным разрешением менее 15 см на пиксель. Проведен анализ эффективности существующих матричных методов извлечения текстурных признаков в задачах сегментации природно-

техногенных объектов и структурных особенностей лесного полога. Предложен метод извлечения текстурных признаков для обработки данных доплеровских лидарных измерений пространственного распределения скорости и направления ветра с целью определения когерентных структур в атмосфере (к.ф.-м.н. Дмитриев Е.В.).

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

Проведены работы по разработке системы прогноза состояния Мирового океана с усвоением океанографических данных методом ансамблевой оптимальной интерполяции (EnOI). 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 x 1/4 x 49, код INMIO 4.1 — CICE 5.1 — CMF 3.0 — DAS. Работа СНАПО — МО была протестована в режиме оперативного прогноза.
Построена модель СЛО 1/10 × 1/10 × 49 ИВМИО (горизонтальное разрешение 0.1°, 49 вертикальных уровней) на базе совместной модели INMIO – CICE5.1. Основное внимание было уделено исследованию межгодовой изменчивости СЛО и взаимодействия океана и морского льда с применением модели высокого пространственного разрешения. Было получено, что модель адекватным образом воспроизводит межгодовой ход основных характеристик циркуляции вод СЛО. Количественные оценки изменений находятся в согласии с данными наблюдениями.
сследована изменчивость в распространении атлантических вод в Евразийском бассейне СЛО. Согласно модельному решению зафиксировано увеличение температуры слоя АВ, отмечен сдвиг границы атлантических вод на восток (чл.-корр. Ибраев Р.А.).

Изучены изменчивости функции тока Атлантической меридиональной опрокидывающейся циркуляции (АМОЦ) в различные фазы Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО) за последние 70 лет по данным объективных анализов EN4 и WOA13 и реанализов GFDL, ESTOC, ORA-S4 и GECCO2. Показано, что ядро АМОЦ усиливается за период с 1951 по 2017 на 6 Св и доминирующий вклад в это усиление дают изменения в поле потенциальной температуры. Показано, что детрендированные аномалии температуры поверхности океана (ТПО) осредненные по области Северной Атлантике (СА) и, следовательно, индекс АМО сильно зависят от напряжения трения ветра, а значит и с Североатлантическим колебанием (асп. Багатинский В.А.).

Для модели INMOM реализован параллельный алгоритм решения уравнений мелкой воды для эффективного использования на массивно-параллельных и гетерогенных вычислительных системах с реализацией блочного подхода и балансировки нагрузки вычислений на процессоры; гибридного подхода с совместным использованием технологий MPI и OpenMP; поддержкой графических ускорителей для вычислений на гетерогенных вычислительных системах. Проведены тестирования новых параллельных методов и подходов на кластере ИВМ РАН, суперкомпьютерах МВС-10П ОП1 и Ломоносов-2. Новые методы и подходы в модели демонстрируют высокую производительность на массивно-параллельных и гетерогенных вычислительных системах (асп. Чаплыгин А.В.).

В рамках проекта РНФ № 17-17-01295 «Исследование десятилетней и междесятилетней изменчивости климата в Северной Атлантике и Арктике» изучено влияние суммарного потока тепла на температуру и глубину верхнего перемешанного слоя (ВПС) в

СА в зимний сезон с использованием данных океанических (ORA-S3, GODAS, GECCO3) и атмосферных (ERA-40, NCEP DOE R-2, NCEP RA1) ре-анализов. Показано, что на большей части акватории Северной Атлантики, за исключением области перехода Гольфстрима в Североатлантическое течение, зимние аномалии температуры ВПС вызваны изменением теплового обмена с атмосферой.

Проведено уточнение мультидесятилетней изменчивости параметров субполярного круговорота в Северной Атлантике с использованием данных океанического реанализа ORA-S3 и массива потоков тепла COREv2. Показано, что усиление оттока тепла из океана в атмосферу с конца 1990-х годов в Субтропической Атлантике сопровождалось соответствующим ослаблением потери тепла с поверхности океана в Субполярной Атлантике.

В рамках проекта РФФИ № 18-05-60111-Арктика “Изменения криосферных процессов в Российской Арктике и связанные с ними опасные явления и последствия” прогноз по парниково-цикличесому сценарию Г.Н. Панина по модели INMOM показал, что во второй половине XXI века ледовитость Северного Ледовитого океана снизиться – площадь льда в сентябре в течение 2010-2071 гг. уменьшится до 2 млн.кв.км. Отмечено, что происходящее в настоящее время усиление парникового эффекта и накопление океаном большого количества тепла, сгладит мультидесятилетнее колебание, направленное на увеличение ледовитсости в СЛО и перекроет его «парниковым» (линейным) эффектом.

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.

Для воспроизведения текущего состояния и краткосрочного прогноза гидротермодинамики Северного Ледовитого океана (СЛО) и прилегающих к нему акваторий подготовлена версия σ-модели морской циркуляции INMOM с пространственным разрешением ~3,7 км (INMOM-Арктика). На открытых боковых границах предписываются скорости течений, сплоченность и толщина морского льда, температура, соленость и уровень моря (включая приливные колебания) из глобальных реанализов или прогнозов. На поверхности океана усваиваются спутниковые данные по температуре поверхности моря и сплоченности ледяного покрова с использованием программного комплекса DART на основе ансамблевого фильтра Калмана EnKF. Проведена настройка и верификация модели INMOM-Арктика в ретроспективных расчетах за период с 1 марта по 31 августа 2020 г. Выполнен анализ качества воспроизведения термохалинных характеристик и проведено сравнение с результатами расчетов по модели HYCOM для СЛО, предоставляемыми службой CMEMS, и с данными профилографов ARGO. Показано, что INMOM-Арктика имеет сопоставимые с CMEMS оценки точности воспроизведения полей температуры и солености для СЛО (д.ф.-м.н. Дианский Н.А.).

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

Сформулирована нестационарная двухслойная модель квазигеострофического потенциального вихря в Южном океане. Модель включает два краевых условия на конуре двухсвязной области, первое из которых является нестационарным интегральным соотношением, а второе - стационарным. Модель формулируется в рамках задачи оптимального управления, причем нестационарное соотношение включается в систему основных эволюционных уравнений, а на основе стационарного соотношения формируется минимизируемый функционал. Предложен численный алгоритм решения системы оптимальности, проведены соответствующие тестовые и вычислительные эксперименты (д.ф.-м.н. Залесный В.Б.).

Проведено усовершенствование методики расчёта атмосферного воздействия в модели INMOM. Реализованы современные алгоритмы расчёта турбулентных потоков на основе теории Монина-Обухова, более точные функции состояния атмосферы, а также внедрена оптимальная функция состояния для плотности морской воды, основанная на уравнении Юнеско, адаптированном к потенциальной температуре.
Реализована новая версия модуля переноса субстанции в модели INMOM, основанная на схеме Кабаре, известной, по сравнению с центральными схемами, свойством транспортивности, а также оптимальным соотношением монотонности и низкой диссипативности. Предварительные результаты расчётов показали ряд преимуществ данного подхода, но также и необходимость его доработки и усовершенствования.
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 со смещённым полюсом). Проведены тестовые расчёты по воспроизведению новой версией INMOM состояния Мирового океана за 1958-2009 с использованием новых специальных данных атмосферного воздействия JRA55-do, подготовленных для новой фазы проекта OMIP (Ocean Model Intercomparison Project) (к.ф.-м.н. Гусев А.В.).

Подтема «Создание вычислительного ядра для модели атмосферы нового поколения»

Выполнены работы по ускорению программного комплекса глобальной модели атмосферы ПЛАВ, как по усовершенствованию алгоритма блока динамики, так и по оптимизации параллельной реализации модели. Удалось ускорить новую версию модели ПЛАВ с горизонтальным разрешением около 10 км примерно в 4 раза, в результате чего расчет прогноза на 24 часа занимает 15 минут на 2916 процессорных ядрах вычислительной системы Cray XC40. Выполнен ряд численных экспериментов по среднесрочным прогнозам с моделью ПЛАВ с редуцированной широтно-долготной сеткой (д.ф.-м.н. Толстых М.А.).

Подготовлена новая версия модели ПЛАВ для долгосрочного прогноза погоды, которая показывает существенное и статистически значимое уменьшение интегральных среднеквадратических ошибок ансамблевого долгосрочного прогноза в полях давления на уровне моря, осадках и геопотенциала на высотах 250, 500 и 850 гПа в сравнении с версией модели, применяющейся в настоящее время в Гидрометцентре России в качестве компонента вероятностной системы долгосрочного прогноза аномалий погоды. Результат получен благодаря внедрению новых и доработке существующих парамет-

ризаций процессов подсеточного масштаба в сочетании с общей настройкой ПЛАВ (к.ф.-м.н. Фадеев Р.Ю.).

Проведена работа по исследованию влияния различных наборов возмущаемых параметров на свойства получаемых ансамблей при стохастическом возмущении параметров физических параметризаций. Исследование проводилось с системой ансамблевого прогноза погоды на основе глобальной полулагранжевой модели атмосферы ПЛАВ с разрешением 0,9×0,72 градуса по долготе и широте соответственно, 96 вертикальных уровней, а также локального ансамблевого фильтра Калмана с преобразованием ансамбля (LETKF) (асп. Алипова К.А.).

Реализованы конечно-разностные аппроксимации операторов дивергенции и градиента 2-6-го порядка точности на сетке кубическая сфера, для которых выполняются свойства суммирования по частям (SBP). Используется слабая постановка граничных условий на стыке граней куба по методу одновременной аппроксимации (simultaneous approximation terms). На основе построенных аппроксимаций операторов реализована параллельная модель мелкой воды в векторно-инвариантной и адвективной форме. Разработана дискретизация трехмерных негидростатических уравнений на сетке кубическая сфера.
К глобальной модели атмосферы ПЛАВ подключена модель фотохимии озона Центральной аэрологической обсерватории. Совместная модель воспроизводит базовую физику озонового слоя - циркуляцию Брюера-Добсона с максимумом концентрации озона в зимней полярной области.
Получены критерии устойчивости неявной полулагранжевой дискретизации негидростатических уравнений динамики атмосферы при наличии стратификации (к.ф.-м.н. Шашкин В.В.).

На основе разработанной ранее библиотеки параллельных обменов на редуцированной широтно-долготной сетке реализован параллельный блок решения многослойных уравнений мелкой воды на сфере. Показано, что реализованный программный комплекс позволяет эффективно использовать как минимум 4608 процессорных ядер для сетки с горизонтальным разрешением около 20 км. Результаты исследования вычислительных и параллельных характеристик предложенного подхода аппроксимации уравнений на редуцированной сетке с разнесением переменных показали, что данный подход можно рассматривать в качестве основы для создания нового блока численного решения негидростатических уравнений динамики атмосферы.

Реализован многосеточный метод и метод BiCGstab решения уравнений типа Гельмгольца на сетке кубическая сфера. Показано, что реализованные алгоритмы позволяют эффективно использовать как минимум 4608 процессорных ядер для сетки с горизонтальным разрешением около 20 км (асп. Гойман Г.С.).

5. Премии, награды и почетные звания, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2021 году

1. Ведомственной наградой Минобрнауки медалью «За безупречный труд и отличие III степени» награжден д.ф.-м.н. *Бочаров Геннадий Алексеевич.*
2. Ведомственной наградой Минобрнауки медалью «За вклад в реализацию государственной политики в области научно-технологического развития» награждены д.ф.-м.н. *Володин Евгений Михайлович* и д.ф.-м.н. *Толстых Михаил Андреевич*.

3. Ведомственной наградой Минобрнауки «Почетный работник науки и высоких технологий Российской федерации» награжден д.ф.-м.н. *Яковлев Николай Геннадьевич*.

4. Ведомственной наградой - Благодарностью Минобрнауки России награждены д.ф.-м.н. Агошков Валерий Иванович, д.ф.-м.н. Залесный Владимир Борисович, д.ф.-м.н. Грицун Андрей Сергеевич, д.ф.-м.н. Глазунов Андрей Васильевич, д.ф.-м.н. Богатырев Андрей Борисович, к.ф.-м.н. Фадеев Ростислав Юрьевич, к.ф.-м.н. Захарова Наталья Борисовна, к.ф.-м.н. Добросердова Татьяна Константиновна, Шитова Татьяна Ивановна, Подплутова Марина Викторовна.

5. Дипломы победителей конкурса научных работ молодых учёных на 64-й научной конференции МФТИ присуждены студентам кафедры вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике ФУПМ МФТИ *Абрашевой Веронике Олеговне* и *Кузнецовой Светлане Андреевне.*

6. Международные научные связи

В 2021 году ИВМ продолжалась научная работа по договорам с Обществом с ограниченной ответственностью «Техкомпания Хуавэй» (Китай).

25 – 26 марта 2021 года прошел первый международный онлайн-семинар, организованный ИВМ РАН, ИБРАЭ РАН, King Abdallah University of Science and Technology и Goethe University Frankfurt. Основными темами стали методы дискретизации задач фильтрации и переноса в поровых и трещиноватых породах, эффективное решение соответствующих систем линейных и нелинейных уравнений, обратные задачи и практические приложения.

В августе 2021 года в образовательном центре “Сириус” (г. Сочи) прошла летняя школа по вычислительным технологиям, многомерному анализу данных и моделированию. Кураторами Школы являются сотрудники “Сириуса”, преподаватели кафедры ВТМ факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова, сотрудники ИВМ РАН и эксперты Хуавей.

2 – 3 ноября 2021 г. проводилась XIII конференция «Математические модели и численные методы в биологии и медицине». Традиционная ежегодная конференция была совмещена со Школой молодых ученых «Математические модели в биомедицине». Место проведения: онлайн (из-за введенных эпидемиологических ограничений). Темы: математическое моделирование в кардиологии, иммунологии, онкологии, эпидемиологии, системной биологии, спорте, фармакологии, методах диагностики (УЗИ, ЭКГ, МРТ, электроимпеданс), вычислительной гемодинамике, вычислительной биомеханике и т.п.

Организаторы конференции: ИВМ РАН им. Г.И. Марчука, Отделение математического центра мирового уровня “Московский центр фундаментальной и прикладной математики” в ИВМ РАН, Сеченовский университет.

22 – 27 ноября 2021 г. состоялась Международная конференция с элементами Школы для молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде памяти чл.-корр. РАН Лыкосова В.Н. – CITES-2021, организовання Институтом вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН, Институтом мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Научно-исследовательским вычислительным центром МГУ им. М.В. Ломоносова и Гидрометцентром РФ. Выступления проходили в смешанном формате – в зале и онлайн.

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 2021 году состоял из 42 проектов, в том числе 2 проекта – по бюджету (госзадание), 11 – как договоры с различными организациями, 6 международных проектов, 13 проектов РНФ, 10 проектов РФФИ.

7.3. Научные кадры

Всего штатных научных сотрудников – 67 (в т.ч. 15 вне бюджета); внешние 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.), 1 внутренний совместитель и 29 совместителей вне бюджета.

Среди штатных научных сотрудников:
докторов наук – 19 (в т.ч. 4 члена РАН: академики Дымников В.П., Тыртышников Е.Е., чл.-корр. Василевский Ю.В., чл.-корр. Ибраев Р.А.),
кандидатов наук – 33,
научных сотрудников без степени – 15,
аспирантов – 9.

Движение кадров: принято на работу 2 научных сотрудника по бюджету, 11 научных сотрудников вне бюджета, 3 совместителя по бюджету; уволено: 1 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 2021 года в аспирантуре обучалось 9 человек, все на бюджетной основе. Окончили обучение успешно 3 человека (получили дипломы о присвоении квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь»). Вновь принято 3 человека. На конец года в аспирантуре обучается 9 человек: 6 человек по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 3 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 5 аспирантов и 30 студентов 3-6 курсов.

7.5. Ученый совет ИВМ

Ученый совет ИВМ избран и утверждён на Общем собрании ИВМ РАН 8 сентября 2020 г. (приказ ИВМ РАН №84/1-О от 08.09.2020).

В 2021 г. проведено 13 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 ИВМ РАН работают 6 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 по результатам 2021 года была проведена Молодежная конференция Отделения Московского центра фундаментальной и прикладной математики в ИВМ РАН, где были представлены доклады стипендиатов Математического центра. Кроме того, Математический центр ИВМ РАН принял участие в организации Конференции международных математических центров мирового уровня (9-13 августа 2021 г., Сириус), Всероссийской конференции «Вычислительная математика и приложения» (Университет Сириус, Сочи, 2-6 августа 2021 г.), XIII международной конференции «Математические модели и численные методы в биологии и медицине», (ИВМ РАН, Москва, 2-3 ноября 2021 г.). Сотрудники Математического центра приняли активное участие в организации и проведении Российской научно-образовательной летней школы «Вычислительные технологии, многомерный анализ данных и моделирование» (Сириус, 2-22 августа 2021 г.).

Также для сотрудников Отделения Математического центра в ИВМ РАН были организованы научные лекции ведущих ученых: Игорем Владимировичем Каменковичем

(Professor, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science , USA) прочитан курс из 4 лекций по темам «Мезомасштабная циркуляция: динамика и переносы» и «Южный Океан и его роль в термохалинной циркуляции и климате» в апреле 2021 г.; 26 октября 2021 г. состоялся доклад д.ф.-м.н., профессора Сергея Грудского (Departamento de Matemáticas, CINVESTAV del I.P.N, México) на тему «Кластеры собственных значений широкополосных теплицевых матриц».

10. Публикации сотрудников в 2021 году

Сотрудниками ИВМ РАН опубликовано в 2021 году *125* работ, в том числе:
108 статей в ведущих российских и международных журналах;
100 статей в мировых научных журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (WEB of Science) и Scopus.

В 2021 году опубликованы следующие научные работы:

Тема «Вычислительная математика, тензоры, оптимизация и задачи биологии и медицины»

Подтема «Матричные методы в математике и приложениях»

Самохин А.Б., Тыртышников Е.Е. Численный метод решения объемных интегральных уравнений на неравномерной сетке // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2021, т. 61, №5, с. 189-195.
Разжевайкин В.Н., Тыртышников Е.Е. О построении индексов устойчивости неотрицательных матриц // Математические заметки, 2021, т.109, № 3, с. 407-418.
Тимохин И.В., Матвеев С.А., Тыртышников Е.Е., Смирнов А.П. Метод поиска редуцированного базиса для нестационарных задач // Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления, 2021, т.497, №1, с. 31-34.
Timokhin I.V., Matveev S.A., Tyrtyshnikov E.E., Smirnov A.P. Method for Reduced Basis Discovery in Nonstationary Problems, Doklady Mathematics, 2021, v. 103, pp.92-94.
Timokhin I., Matveev S., Tyrtyshnikov E., Smirnov A. Model reduction for Smoluchowski equations with particle transfer // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 2021, v.36, no.3, pp.177-181.
Vysotsky L.I., Smirnov A.V., Tyrtyshnikov E.E. Tensor-Train Numerical Integration of Multivariate Functions with Singularities // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2021, v.42, no.7, pp.1608-1621.
Botchev M.A., Knizhnerman L., Tyrtyshnikov E. E. Residual and Restarting in Krylov Subspace Evaluation of the Function // SIAM J. Sci. Comput., v. 43, issue 6, pp. A3733–A3759. doi: 10.1137/20M1375383.
Budzinskiy S.S., Matveev S.A., Krapivsky P.L. Hopf bifurcation in addition-shattering kinetics // Phys. Rev. E, 2021, V.103, No. 4, pp. L040101.
Yurova A., Salamatova V., Vassilevski Yu., Wang L., Goreynov S., Kosukhin O., Shipilov A., Aliev Yu. Personalized Geometric Modeling of a Human Knee: Data, Algorithms, Outcomes. In: M. N. Favorskaya et al. (eds.), Smart Modelling Smart Innovation // Systems and Technologies. V.1, 214, Springer, 2021, 213-222 https://doi.org/10.1007/978-981-33-4709-0_18.
Zamarashkin N.L., Osinsky A.I. On the Accuracy of Cross and Column Low-Rank Maxvol Approximations in Average // Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2021, v.61, Issue 5, pp.786–798.

Zamarashkin N. L., Oseledets I. V., Tyrtyshnikov E.E. New Applications of Matrix Methods // Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2021, v., Issue 5, pp.669-673.
Setukha A.V. On the solvability of a hypersingular integral equation on a surface with isothermal coordinates // Differential Equations. — 2021. — Vol. 57, no. 9. — P. 1256–1272.

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

Parmuzin, E.I., Zalesny, V.B., Agoshkov, V.I. and Shutyaev, V.P. Variational Data Assimilation Methods in Geophysical Hydrodynamics Models and Their Application // Radiophysics and Quantum Electronics, 2021, V. 63, no. 9-10, pp. 673-693, doi: 10.1007/s11141-021-10089-5.
Шелопут Т.О., Агошков В.И. Сравнение двух методов ассимиляции данных, используемых при моделировании гидротермодинамики в открытых акваториях // Океанологические исследования, 2021. С. 1-18.
Шелопут Т.О., Агошков В.И. Совместная реализация алгоритмов вариационной ассимиляции солености, температуры и уровня моря на открытой границе // Марчуковские научные чтения-2021: Тезисы Междунар. конф., 4–8 октября 2021 г. / Ин-т вычислит. математики и матем. геофизики СО РАН. С. 107.
Zakharova N.B., Sheloput T.O., Lezina N.R., Shutyaev V.P., Parmuzin E.I., Agoshkov V.I. Processing and Assimilation of Observation Data for the Hydrodynamics Model of the Black and Azov Seas // Journal of Physics: Conference Series, 2021. С. 1-20.
Лезина Н.Р., Агошков В.И. Об одном подходе к восстановлению условий на внутренней границе в задаче гидротермодинамики // Марчуковские научные чтения-2021: Тезисы Междунар. конф., 4–8 октября 2021 г. / Ин-т вычислит. математики и матем. геофизики СО РАН. С. 107.
Shutyaev, V.P., Parmuzin, E.I. Numerical solution of the problem of variational data assimilation to restore heat fluxes and initial state for the ocean thermodynamics model // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, 2021, v.36, no.1, pp.43-53, doi: 10.1515/rnam-2021-0004.
Shutyaev V. P. and Parmuzin E.I. Restoring the Boundary Condition and the Initial State in the Variational Data Assimilation Problem for the Black Sea Dynamics Model // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2021, Vol. 666, 032034, pp. 1-6, doi: 10.1088/1755-1315/666/3/032034.
Shutyaev V.P., Parmuzin E.I. , Gejadze I. Yu. Stability analysis of functionals in variational data assimilation with respect to uncertainties of input data for a sea thermodynamics model // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, 2021, v.36, no. 6, pp. 1-11.
Shutyaev V., Parmuzin E., Gejadze I. Sensitivity of functionals in variational data assimilation // Marchuk Scientific Readings-2021: Abstracts of the Intern. conf., October 4–8, 2021 / Institute of comput. mathematics and mat. geophysics SB RAS, p. 23.
Shutyaev V.P., Parmuzin E.I. and Gejadze I.Yu. Sensitivity of functionals in variational data assimilation for a sea thermodynamics model // Journal of Physics: Conference Series, 2021, v.2099, 012031, pp.1-9.
Le Dimet F.-X., Shutyaev V. Second-order methods in variational data assimilation // Data Assimilation for Atmospheric, Oceanic, and Hydrologic Applications, Volume 4, Eds. Park S.K., Xu L. Springer Publishing Co., 2021, pp.155-183. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77722-7_7.
Шелопут Т.О., Гусев А.В. Методика постановки условий на открытых боковых границах в модели гидротермодинамики Балтийского моря на основе вариационной ассимиляции данных о солености // Метеорология и гидрология, 2022. С. 1-17.
Shutyaev V. P., Agoshkov, V. I., Zalesny V. B., Parmuzin E.I., and Zakharova N.B. 4D Technology of Variational Data Assimilation for Sea Dynamics Problems // Supercomputing Frontiers and Innovations, 2021, v.8, no.4, 1–14.

Подтема «Оптимальные методы в задачах вычислительной математики»

Bogatyrev A.B., Projective view at optimization problem for multiband filter, Proceedings of AMS, 149:7 (2021), 3021-3035.
Bogatyrev A., Riemann surface: a computational instrument, // ArXiv, 2021.
Bocharov G.A., Nechepurenko Yu.M., Khristichenko M.Yu., Grebennikov D.S. Optimal perturbations of systems with delayed independent variables for control of dynamics of infectious diseases based on multicomponent actions // J. Math. Sci, 2021, V. 253, P. 618–641. (WoS, Scopus, Q3) https://doi.org/10.1007/s10958-021-05258-w.
Zasko G.V., Nechepurenko Yu.M., Spectral analysis of the optimal disturbances of stratified turbulent Couette flow //Comp. Math. Math. Phys., 2021, V. 61, N. 1, P.129-141. (WoS, Scopus, JCR2020=0.675, Q2) https://doi.org/10.1134/S0965542521010103.
Khristichenko M.Yu., Nechepurenko Yu.M. Computation of periodic solutions to a model of infection disease dynamics and immune response // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, 2021, V.36, N.2, P.87-99. (WoS, Scopus, JCR2020= 1.161, Q2) https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/rnam-2021-0008/html.
Boiko A.V., Demyanko K.V., Kirilovskiy S.V., Nechepurenko Yu.M., Poplavskaya T.V. Modeling of transonic transitional three-dimensional flows for aerodynamic applications // AIAA Journal. 2021. V. 59, P. 1-13. (WoS, Scopus, JCR2020= 2.127, Q1 https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/1.J060174.
Boiko, A.V., Demyanko K.V., Nechepurenko Yu.M., Zasko G.V., On the use of probability-based methods for estimating the aerodynamic boundary-layer thickness // Fluids. 2021. V. 6. N. 9, P.267. (WoS, Scopus, JCR2020=1.81, Q2) https://doi.org/10.3390/fluids6080267.
Бойко А.В., Демьянко К.В., Кириловский С.В., Нечепуренко Ю.М., Поплавская Т.В., Об определении пороговых N-факторов положения ламинарно-турбулентного перехода в дозвуковом пограничном слое вытянутого сфероида // ПМТФ. 2021. Т. 62. № 6.
Boiko A.V., Demianko K.V., Ivanov A.V., Kirilovsiy S.V., Mischenko D.A., Nechepurenko Yu.M., Poplavskaya T.V., Borodulin V.I. On the development of methods of the laminar-turbulent transition prediction // AIP Conf. Proc. 2351, 030006 (2021). (WoS, Scopus) https://doi.org/10.1063/5.0052159.
Khristichenko M.Yu., Nechepurenko Yu.M., Grebennikov D.S., Bocharov G.A. Chronic hepatitis B modelling with the Marchuk-Petrov model // Journal of Physics: Conference Series, 2021 (WoS, Scopus, Q4).
Zasko G.V., Perezhogin P.A., Glazunov A.V., Mortikov E.V., Nechepurenko Yu.M., Emergence of optimal disturbances in stratified turbulent shear flow under the stochastic forcing. // Journal of Physics: Conference Series, 2021. (WoS, Scopus, Q4).
Poplavskaya T.V., Boiko A.V., Demyanko K.V., Kirilovskiy S.V., Nechepurenko Yu.M., Simulation of laminar-turbulent flow in three-dimensional aerodynamic configurations // Journal of Physics: Conference Series 2057 (2021) 012080, (WoS, Scopus, Q4) doi:10.1088/1742-6596/2057/1/012080.
Demyanko K.V., Klyushnev N.V. On monotonic stability of elliptic pipe flow // Phys. Fluids. 2021. V. 33, N. 11. https://doi.org/10.1063/5.0069537 (WoS, Scopus, Q1).
Boiko A.V., Demyanko K.V. On numerical stability analysis of fluid flows in compliant pipes of elliptic cross-section // J. Fluid. Struct. 2021. (WoS, Scopus, Q1) https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2021.103414.
Demyanko K.V. On using the shell theory in stability analysis of fluid flows in compliant pipes // Comput. Math. and Math. Phys. 2021. V. 61, 1444-1469. (WoS, Scopus, Q2) https://doi.org/10.1134/S0965542521090074.
Kirilovskiy S.V., Boiko A.V., Borodulin V.I., Demyanko K.V., Ivanov A.V., Mischenko D.A., Nechepurenko Yu.M., Poplavskaya T.V., On predicting the onset of the transition to

turbulence in the three-dimensional boundary layer on a swept wing // AIP 2021 (Wos, Scopus).

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

Bocharov G, Grebennikov D, Argilaguet J, Meyerhans A. Examining the cooperativity mode of antibody and CD8+ T cell immune responses for vaccinology. Trends Immunol. 2021 Oct;42(10):852-855. doi: 10.1016/j.it.2021.08.003, (Q1), ISSN 1471-4981.

Grebennikov D., Kholodareva E., Sazonov I., Karsonova A., Meyerhans A., Bocharov G. Intracellular Life Cycle Kinetics of SARS-CoV-2 // Predicted Using Mathematical Modelling. Viruses 2021, 13, 1735. https://doi.org/10.3390/v13091735, (Q1), ISSN: 1999-4915.

Bocharov G.A., Loginov K.K., Pertsev N.V., Topchii V.A. Direct Statistical Modeling of HIV-1 Infection Based on a Non-Markovian Stochastic Model // Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2021, 61(8):1229–1251, DOI: 10.1134/S0965542521060026, (Q2), ISSN 09655425, 15556662.

Sazonov I, Grebennikov D, Meyerhans A, Bocharov G. Markov Chain-Based Stochastic Modelling of HIV-1 Life Cycle in a CD4 T Cell // Mathematics. 2021; 9(17):2025. https://doi.org/10.3390/math9172025, (Q1), ISSN: 22277390.

Bocharov G.A., Nechepurenko Yu.M., Khristichenko M.Yu., Grebennikov D.S. Optimal perturbations of systems with delayed independent variables for control of dynamics of infectious diseases based on multicomponent actions // Journal of Mathematical Sciences, Vol. 253, No. 5, March, 2021. DOI 10.1007/s10958-021-05258-w, (Q3), ISSN 10723374, 15738795.

Bessonov N., Bocharov G., Meyerhans A., Popov V., Volpert V. Existence and dynamics of strains in a nonlocal in a nonlocal reaction-diffusion model of viral evolution // SIAM J. APPL. MATH. 2021 Society for Industrial and Applied Mathematics Vol. 81, No. 1, pp. 107-128. DOI. 10.1137/19M1282234, (Q1), ISSN 00361399, 1095712X.

Bocharov G.A., Grebennikov D.S., Savinkov R.S. Frontiers in mathematical modelling of the lipid metabolism under normal conditions and its alterations in heart diseases // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 2021, 36(5), 2021: 255-266. https://doi.org/10.1515/rnam-2021-0021. (Q2), ISSN: 0927-6467.

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

Yurova A., Salamatova V., Lychagin A., Vassilevski Yu. Automatic detection of attachment sites for knee ligaments and tendons on CT images. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery (2021). https://doi.org/10.1007/s11548-021-02527-6 (Q1).

Dobroserdova T., Vassilevski Yu., Simakov S., Gamilov T., Svobodov A., Yurpolskaya L. Two-scale haemodynamic modelling for patients with Fontan circulation. Russ. J. Numer.Anal.Math. Modelling, 36(5), 2021, 267-278. (Q2 SJR)
https://doi.org/10.1515/rnam-2021-0022.

Yanbarisov R, Efremov Y, Kosheleva N, Timashev P, Vassilevski Yu. Numerical Modelling of Multicellular Spheroid Compression: Viscoelastic Fluid vs. Viscoelastic Solid. Mathematics. 2021; 9(18):2333. https://doi.org/10.3390/math9182333 (Q1).

Vassilevski Yu, Liogky A, Salamatova V. Application of Hyperelastic Nodal Force Method to Evaluation of Aortic Valve Cusps Coaptation: Thin Shell vs. Membrane Formulations. Mathematics. 2021; 9(12):1450. https://doi.org/10.3390/math9121450 (Q1)

Yanbarisov R., Nikitin K.,, Vassilevski Yu. An implicit scheme for simulation of free surface non-Newtonian fluid flows on dynamically adapted grids Russ.J.Numer.Anal.Math.Modelling (Q2 SJR), 36(3), 2021, 165-176. (Q2 SJR)

https://doi.org/10.1515/rnam-2021-0014.
Gognieva D., Mitina Yu., Gamilov T., Pryamonosov R., Vasilevskii Yu., Simakov S., Liang F., Ternovoy S., Serova N., Tebenkova E., Sinitsyn V., Pershina E., Abugov S., Mardanian D., Zakarian N., Kirakosian V., Betelin V., Shchekochikhin D., Syrkin A., Kopylov Ph. Non-invasive Assessment of the Fractional Flow Reserve with the CT FFRc 1D Method: Final Results of a Pilot Study // Global Heart. 2021; 16(1): 1.
DOI: https://doi.org/10.5334/gh.837 (Q1).
Vassilevski Yu, Danilov A., Dobroserdova T., Lozovskiy A. Non-FSI 3D hemodynamic simulations in time-dependent domains // Mondaini R. (eds) Trends in Biomathematics. Springer, Cham. 2021, p.261-269. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73241-7_16.
Yurova A., Salamatova V., Vassilevski Yu., Wang L., Goreynov S., Kosukhin O., Shipilov A., Aliev Yu. Personalized Geometric Modeling of a Human Knee: Data, Algorithms, Outcomes // M. N. Favorskaya et al. (eds.), Smart Modelling Smart Innovation, Systems and Technologies. V.1, 214, Springer, 2021, 213-222.
https://doi.org/10.1007/978-981-33-4709-0_18.
Сускин В.В., Капырин И.В., Расторгуев А.В. Программное средство «ГЕОПОЛИС»: геофильтрационное моделирование пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов полигона «Северный» // Горный журнал, 2021, №5, с.91-97.
Anuprienko D.V., Kapyrin I.V. Nonlinearity continuation method for steady-state groundwater flow modeling in variably saturated conditions // Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 393, 2021, p.113502.
Kapyrin I.V. Assessment of density driven convection effect on the dynamics of contaminant propagation on a deep well radioactive waste injection disposal site // Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 392, 2021, p.113425.
Konshin I., Terekhov K., Sparse system solution methods for complex problems // Springer Lecture Notes in Computer Science, (2021), V. 12942, 53--73. DOI: 10.1007/978-3-030-86359-3_5.
Vassilevski Y.V., Bogdanov O.N., Chesnokova X.V., Danilov A.A., Dobroserdova T.K., Dobrovolsky D.D., Lozovskiy A.V. (2021) Non-FSI 3D Hemodynamic Simulations in Time-Dependent Domains // Mondaini R.P. (eds) Trends in Biomathematics: Chaos and Control in Epidemics, Ecosystems, and Cells. BIOMAT 2020. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73241-7_16.
Yanbarisov R.M., Nikitin K. D. Projection-based monotone embedded discrete fracture method for flow and transport in porous media // Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 392, 2021, 113484, DOI: 10.1016/j.cam.2021.113484.
Terekhov K. Fully-implicit Collocated Finite-Volume Method for the Unsteady Incompressible Navier-Stokes Problem // Garanzha V.A., Kamenski L., Si H. (eds) Numerical Geometry, Grid Generation and Scientific Computing // Lecture Notes in Computer Science and Engineering, vol 143. Springer, Cham, pp. 361-374, (2021).
https://doi.org/10.1007/978-3-030-76798-3_23.
Terekhov K. General finite-volume framework for saddle-point problems of various physics // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, vol.36, No.6, pp.359-379, (2021). https://doi.org/10.1515/rnam-2021-0029.
Янбарисов Р.М. Параллельный метод вложенных дискретных трещин для моделирования течений в трещиноватых пористых средах // Компьютерные исследования и моделирование, 2021, т. 13, № 4, с. 735-745.
Anuprienko D. Comparison of nonlinear solvers within continuation method for steady-state variably saturated groundwater flow modeling //Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modeling – 2021. – T. 4. doi: 10.1515/rnam-2021-0016 (IF=1.161).
Симаков С.С. Новые граничные условия для одномерных сетевых моделей гемодинамики // Журнал вычислительной математики и математической физики, 61(12). 210-226, 2021.

Simakov S.S., Gamilov T.M., Liang F., et.al. Numerical evaluation of the effectiveness of coronary revascularization // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 36(5), 303--312 , 2021.
Simakov S., Gamilov T., Liang F., Kopylov P. Computational analysis of haemodynamic indices in synthetic atherosclerotic coronary networks // Mathematics, 9(18), paper ID 2221, 2021.
Xinyang Ge, Simakov S., Liu Yu., Liang F. Impact of Arrhythmia on Myocardial Perfusion: A Computational Model-Based Study // Mathematics, 9(17), paper ID 2128, 2021.
Tauraginskii R., Lurie F., Simakov S., Agalarov R. Venous reflux in the great saphenous vein is driven by a suction force provided by the calf muscle pump in the compression–decompression maneuver // Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders, 9(5), 1282--1290, 2021.
Tauraginskii R., Lurie F., Agalarov R., Simakov S., Borsuk D. Blood flow from competent tributaries is likely contributor to distally increasing reflux volume in incompetent great saphenous vein // Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders, PMID: 33957280, DOI: 10.1016/j.jvsv.2021.04.010, 2021.
Gognieva D., Mitina Y., Gamilov T., et.al. Noninvasive assessment of the fractional flow reserve with the CT FFRc 1D method: Final results of a pilot study // Global Heart, 16(1), paper ID 837, 2021.

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

Каркач А.С., Новиков К.А., Авилов К.К. Синтетическая популяция для агентной модели распространения инфекционных заболеваний в мегаполисе: источники реальных данных, четырнадцатая международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем», 27–29 сентября 2021 г.

Тема «Моделирование динамики Земной системы»

Подтема «Моделирование климата и его изменений»

Черненков А.Ю., Кострыкни С.В., Оценка радиационного форсинга от загрязнения снега черным углеродом по данным климатической модели // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2021, том 57, №2, с. 146–155 doi:10.31857/S0002351521020036.
Kostrykin S.; Revokatova A.; Chernenkov A.; Ginzburg V.; Polumieva P.; Zelenova M. Black carbon emissions from the Siberian fires 2019: modelling of the atmospheric transport and possible impact on the radiation balance in the Arctic region // Atmosphere. 2021, *12*, 814. doi:10.3390/atmos12070814.
Варгин П.Н., Коленникова М.А., Кострыкин С.В., Володин Е.М. Влияние аномалий температуры поверхности экваториальной и северной части Тихого океана на стратосферу Арктики по расчетам климатической модели ИВМ РАН // Метеорология и гидрология, 2021, № 1, стр. 5-16.doi:10.3103/S1068373921010015.
Варгин П.Н., Кострыкин С.В., Цветкова Н.Д., Лукьянов А.Н., Володин Е.М. Исследование динамических параметров стратосферы Арктики в условиях современного и будущего климата // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2021. выпуск 6, стр. 21-26. doi: 10.23885/2500-395X-2021-1-6-21-28
Kulyamin D.V, Ostanin P.A, Dymnikov V.P. INM-IM (v2.0): INM RAS Earth ionosphere F region dynamical model // Geoscientific Model Development — 2021.

Кострыкин С.В., Кулямин Д. В., Останин П. А., Дымников В. П. Модель F слоя земной ионосферы на основе уравнений переноса и амбиполярной диффузии // Математическое моделирование. — 2021.
Володин Е.М. Связь естественной изменчивости климата и чувствительности модели климата ИВМ РАН к увеличению концентрации CO_2 // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, Т.57, N5, 509-513.
Чубарова Н.Е., Полюхов А.А., Володин Е.М. Совершенствование расчета эволюции сульфатного аэрозоля и его радиационных эффектов в климатической модели ИВМ РАН // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, Т.57, N4, 421-431.
Воробьева В.В., Володин Е.М. Экспериментальное исследование сезонной предсказуемости погоды, выполненное на основе климатической модели ИВМ РАН // Математическое моделирование, Т32, N11, 47-58.
Tebaldi C., Debeire K., Eyring V., (...), Volodin E., Ziehn T. Climate model projections from the Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) of CMIP6 // Earth System Dynamics 12(1), с. 253-293.
Otto-Bliesner B.L., Brady E.C., Zhao A., (...), Volodin E., Zhang Z., Zheng W. Large-scale features of Last Interglacial climate: Results from evaluating the lig127k simulations for the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6)-Paleoclimate Modeling Intercomparison Project (PMIP4) // Climate of the Past. 17(1),632021, с. 63-94.
Kageyama M., Sime L.C., Sicard M., (...), Volodin E., Zheng W., Ziehn T. A multi-model CMIP6-PMIP4 study of Arctic sea ice at 127 ka: Sea ice data compilation and model differences // Climate of the Past 17(1),372021, с. 37-62.
Kageyama M., Harrison S.P., Kapsch M.-L., (...), Volodin E., Zhu J. The PMIP4 Last Glacial Maximum experiments: Preliminary results and comparison with the PMIP3 simulations //. Climate of the Past 17(3), с. 1065-1089.
Lunt D.J., Bragg F., Chan W.-L., (...), Huber M., Otto-Bliesner B.L. DeepMIP: Model intercomparison of early Eocene climatic optimum (EECO) large-scale climate features and comparison with proxy data // Climate of the Past 17(1), с. 203-227.
Vorobyeva V.V., Volodin E.M. Analysis of the predictability of stratospheric variability and climate indices based on seasonal retrospective forecasts of the INM RAS climate model // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling 36(2), с. 117-126.
Vorobyeva, V., Volodin, E. Evaluation of the INM RAS climate model skill in climate indices and stratospheric anomalies on seasonal timescale // Tellus, Series A: Dynamic Meteorology and Oceanography 73(1), с. 1-12.
Грицун А.С. Формирование экстремальных аномалий полной электронной концентрации по данным линейной теории // Геомагнетизм и аэрономия. 2021. Т. 61. № 1. С. 35-45.
Perezhogin P., Chernov I., Iakovlev N. Advanced parallel implementation of the coupled ocean–ice model FEMAO (version 2.0) with load balancing // Geosci. Model Dev., 14, 843–857, 2021. Doi: 10.5194/gmd-14-843-2021. Q1.
Petrov S., Iakovlev N. The Optimized Finite Element Dynamical Core of the Arctic Ocean Sea Ice Model // Communications in Computer and Information Science, 2021, 1413, с. 389–400. Номер публикации в Scopus: 2-s2.0-85111436030.
Petrov S.S., Iakovlev N.G. The suite of Taylor–Galerkin class schemes for ice transport on sphere implemented by the INMOST package // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, V.36, No.4, 2021. P. 227-238. Doi: 10.1515/rnam-2021-0019. Q2.

Подтема «Математическое моделирование региональных природно-климатических процессов»

Zilitinkevich S., Kadantsev E., Repina I., Mortikov E., Glazunov, A. (2021). Order out of Chaos: Shifting Paradigm of Convective Turbulence // Journal of the Atmospheric Sciences, *78*(12), 3925-3932.

Perezhogin P., Chernov I., Iakovlev N. Advanced parallel implementation of the coupled ocean–ice model FEMAO (version 2.0) with load balancing // Geoscientific Model Development. – 2021. – Т. 14. – №. 2. – С. 843-857.

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 моделировании состава органического аэрозоля в атмосфере // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2021. Т. 57. № 4. С. 444-451. doi 10.31857/S0002351521030032.
Алоян А.Е., Ермаков А.Н., Арутюнян В.О. Моделирование влияния ионов на динамику формирования атмосферного аэрозоля // Изв. РАН: Физика атмосферы и океана, 2021. Т. 57. № 1. С. 113-119. doi 10.31857/S0002351521010028.
Ларин И.К., Алоян А.Е., Ермаков А.Н., Влияние частиц слоя Юнге на скорость разрушения озона в нижней стратосфере // Химическая физика. 2021. Т. 40. № 5. С. 86-90. doi 10.31857/S0207401X21050095.
Ларин И.К., Алоян А.Е., Ермаков А.Н., Влияние сульфатного аэрозоля в нижней стратосфере на время жизни нечётного кислорода // Химическая физика. 2021. Т. 40. № 3. С. 80-85. doi 10.31857/S0207401X21030080.
Алоян А.Е., Ермаков А.Н., Арутюнян В.О. О роли бинарной и ионной нуклеации паров серной кислоты и воды в динамике формирования сульфатного аэрозоля в атмосфере // Метеорология и гидрология. 2021. Т. 46. № 1. С. 53-60.
doi 10.3103/S1068373921010052.

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

Егоров В.Д. Метод нахождения затененных и частично затененных пикселов для решения задачи восстановления объема биомассы лесной растительности по дистанционным спутниковым многоканальным и самолетным гиперспектральным изображениям высокого пространственного разрешения // XIX международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М., Институт космических исследований РАН. 2021.
Dmitriev E.V., Sokolov A., Zotov S., Kondranin T.V., Melnik P.G Information content of statistical texture features in the problem of recognition and mapping of natural and man-made objects from space images // E3S Web of Conferences, RPERS 2020. EDP Sciences. 2020. V. 223. P. 02013. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022302013.
Sokolov A., Dmitriev E., Cheliotis I., Delbarre H., Dieudonne E., Augustin P., Fourmentin M. Automated multi-classifier recognition of atmospheric turbulent structures obtained by Doppler lidar // E3S Web of Conferences, RPERS 2020. EDP Sciences. 2020. V. 223. P. 03013. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022303013.
Safonova A.; Hamad Y.; Dmitriev E.; Georgiev G.; Trenkin V.; Georgieva M.; Dimitrov S.; Iliev M. Individual Tree Crown Delineation for the Species Classification and Assessment of Vital Status of Forest Stands from UAV Images. Drones 2021, 5, 77. https://doi.org/10.3390/drones5030077.
Cheliotis I., Dieudonné E., Delbarre H., Sokolov A., Dmitriev E., Augustin P., Fourmentin M. Ravetta F. & Pelon, J. Properties of coherent structures over Paris: a study based on an automated classification method for Doppler lidar observations // Journal of Applied Meteorology and Climatology.2021. https://doi.org/10.1175/JAMC-D-21-0014.1.
Petukhov V.I., Dmitriev E.V., Baumane L.Kh., Skalny A.V., Grabeklis A.R. Distinctive Features of Criticality in the Operation of Membrane Na+/K+-ATPases // Acta Scientific Clinical Case Reports 2.8 (2021): 84-90.

Дмитриев Е.В., Зотов С.А., Донской С.А., Мельник П.Г., Соколов А.А. Спектрально-текстурная обработка разномасштабных спутниковых изображений в задаче определения структурных особенностей и породного состава древостоев // Региональные проблемы дистанционного зондирования земли. Материалы VIII Международной научной конференции, Красноярск, 14–17 сентября 2021 г. 2021. С. 59-64.
Русин Д.С., Алехина А.Е., Сафонова А.Н., Дмитриев Е.В. Использование алгоритмов глубокого обучения для текстурной сегментации спутниковых изображений сверхвысокого разрешения // Региональные проблемы дистанционного зондирования земли. Материалы VIII Международной научной конференции, Красноярск, 14–17 сентября 2021 г. 2021. С. 114-118.
Dmitriev E.V., Kondranin T.V., Melnik P.G., Donskoy S.A. Statistical texture analysis of forest areas from very high spatial resolution satellite images // In CEUR Workshop Proceedings. Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes 2021. Novosibirsk, Russia, August 24-27, 2021. P. 56-66.
Alyokhina A.E., Rusin D.S., Dmitriev E.V., Safonova A.N. Neural network texture segmentation of satellite images of woodlands using the U-net model // CEUR Workshop Proceedings. Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes 2021. Novosibirsk, Russia, August 24-27, 2021. P. 15-23.
Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Зотов С.А., Мельник П.Г., Донской С.А. Сегментация и определение структурных особенностей объектов окружающей среды на основе спектрально-текстурной обработки разномасштабных спутниковых изображений XIX международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)». 2021.
Дмитриев Е.В. Методы оценки таксационных и биопродукционных параметров древостоев по многоспектральным и гиперспектральным аэрокосмическим изображениям // Сборник трудов XX Международной конференции молодых учёных «Леса Евразии – Карельские леса», Петрозаводск, Россия, 22-27 марта 2021. С. 1-14.

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

Kaurkin M.N., Kalnitski L.Y., Ushakov K.V., Ibrayev R.A. Assimilation of ice compactness data in a strong coupling regime in the ocean – sea ice coupled model // Ocean Sci. Discuss. [preprint], https://doi.org/10.5194/os-2021-65, 2021.
Сухонос П.А., Дианский Н.А. Анализ повторного появления зимних аномалий характеристик верхнего слоя Северной Атлантики по данным ре-анализов // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2021, Т. 57, № 3, стр. 349-361. DOI: 10.31857/S0002351521030093 (Sukhonos P.A., Diansky N.A. Analysis of the Reemergence of Winter Anomalies of Upper Ocean Characteristics in the North Atlantic from Reanalysis Data // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2021, Vol. 57, No. 3, pp. 310–320. DOI: 10.1134/S0001433821030099).
Фомин В.В., Панасенкова И.И., Гусев А.В., Чаплыгин А.В., Дианский Н.А. Система оперативного моделирования Северного Ледовитого океана и прилегающих к нему акваторий на основе российской модели INMOM-Арктика // Арктика: экология и экономика. — 2021. Т. 11. № 2. С. 205-218. DOI: 10.25283/2223-4594-2021-2-205-218.
Дианский Н.А., Морозов Е.Г., Фомин В.В., Фрей Д.И. Распространение загрязнений в Норвежском море от придонного источника // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2021, Т. 57, № 2, с. 218-230. DOI: 10.31857/S0002351521020048 (Diansky N.A., Morozov E.G., Fomin V.V., and Frey D.I. Spread of Pollution from a Bottom Source in the Norwegian Sea // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2021, Vol. 57, No. 2, pp. 197–207. DOI: 10.1134/S0001433821020043).

Багатинский В.А., Дианский Н.А. Изменчивость термохалинной циркуляции Северной Атлантики в различные фазы Атлантической мультидекадной осцилляции по данным океанических объективных анализов и реанализов // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2021, том 57, № 2, с. 231-244. DOI: 10.31857/S0002351521020024 (Bagatinsky V.A., Diansky N.A. Variability of the North Atlantic Thermochaline Circulation in Different Phases of The Atlantic Multidecadal Oscillation According to Ocean Objective Analysis and Reanalysis Atmospheric and Oceanic Physics, 2021, Vol. 57, No. 2, pp. 208–219. DOI:10.1134/S000143382102002X).
Diansky N.A., Sukhonos P.A. (2021) Multidecadal Variability of the Hydrothermodynamic Characteristics of the North Atlantic Subpolar Gyre // Chaplina T. (eds) Processes in GeoMedia - Volume II. Springer Geology. Springer, Cham. P. 293-300. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53521-6_328.
Diansky N.A., Bagatinskaya V.V., Gusev A.V., Morozov E.G. Geostrophic and Wind-Driven Components of the Antarctic Circumpolar Current. E. G. Morozov et al. (eds.), Antarctic Peninsula Region of the Southern Ocean, Advances in Polar Ecology 6, https://doi.org/10.1007/978-3-030-78927-5_1.
Фомин В.В., Панасенкова И.И., Дианский Н.А. Моделирование циркуляции арктического бассейна на основе российской модели INMOM // Труды Государственного океанографического института – Москва: ГОИН 2021. Т. 222. С. 7-25.
Кабатченко И.М., Дианский Н.А., Резников М.В., Фомин В.В. Способ расчета коэффициента турбулентной вязкости // Труды Государственного океанографического института – Москва: ГОИН 2021. Т. 222. С. 42-52.
Тихонова Н.А., Гусев А.В., Захарчук Е.А., Дианский Н.А. Влияние изменений уровня в проливе Каттегат на динамику вод Балтийского моря // Труды Государственного океанографического института – Москва: ГОИН 2021. Т. 222. С. 53-63.

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

Пармузин Е.И., Залесный В.Б., Агошков В.И., Шутяев В.П. Методы вариационного усвоения данных в моделях геофизической гидродинамики и их применение // Изв. вузов. Радиофизика. 2020. Т. 63, № 9. С. 749–770.
Parmuzin E.I., Zalesny V.B., Agoshkov V.I., Shutyaev V.P. Variational data assimilation methods in Geophysical hydrodynamics models and their applications // Radiophysics and Quantum Electronics. 2021. V. 63. N. 9-10. P. 673-693 (eLibrary ID: 4693071) – англ. версия.
Фомин В.В., Панасенкова И.И., Гусев А.В., Чаплыгин А.В., Дианский Н.А. Система оперативного моделирования Северного Ледовитого океана и прилегающих к нему акваторий на основе российской модели INMOM –Арктика // Арктика: экология и экономика. 2021. Т. 11. № 2. С. 205-218.
Чаплыгин А.В., Гусев А.В. Гибридная модель мелкой воды с использованием технологий MPI-OpenMP // Проблемы информатики. 2021. № 1 (50). С. 65-82.
Бышев В.И., Анисимов М.В., Гусев А.В., Сидорова А.Н. О пространственно-временной структуре мультидекадной осцилляции теплосодержания Мирового океана // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2021). Материалы XVII международной научно-технической конференции. Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН. 2021. С. 147-150.
Diansky N., Bagatinskaya V., Gusev A., Morozov E, Geostrophic and Wind-Driven Components of the Antarctic Circumpolar Current. In: Antarctic Peninsula Region of the Southern Ocean // Oceanography and Ecology. (Morozov, E., Flint, M., Spiridonov, V. (Eds.) Springer IP, 2021.

Подтема «Создание вычислительного ядра для модели атмосферы нового поколения»

M.A.Tolstykh, G.S.Goyman, R.Y.Fadeev, S.V.Travova, V.V.Shashkin. Development of the global multiscale atmosphere model: computational aspects // J. Phys.: Conf. Ser. 2021. V. 1740. doi:10.1088/1742-6596/1740/1/012074 Online ISSN: 1742-6596 Print ISSN: 1742-6588.

Saurral R. I., Merryfield W. J., Tolstykh M. A., Lee W.-S., Doblas-Reyes F. J., García-Serrano J., et al. (2021). A data set for intercomparing the transient behavior of dynamical model-based subseasonal to decadal climate predictions // Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 13, e2021MS002570. doi: 10.1029/2021MS002570 (1й квартиль) Online ISSN:1942-2466.

Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Толстых М.А., Травова С.В., Мизяк В.Г., Рогутов В.С., Алипова К.А. Развитие системы долгосрочного прогноза Гидрометцентра России в 2020 году // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2021. № 1 (379). С. 58-72. doi: 10.37162/2618-9631-2021-1-58-72.

Mizyak V.G., Rogutov V.S., Alipova K.A. Development of the new ensemble weather prediction system at the Hydrometcentre of Russia // J. Phys.: Conf. Ser. 2021. V. 1740. doi:10.1088/1742-6596/1740/1/012072.

Goyman G.S., Shashkin V.V. Horizontal approximation schemes for the staggered reduced latitude-longitude grid // J. of Comp. Phys. 2021 V. 434. doi: 10.1016/j.jcp.2021.110234.

Shashkin V.V., Goyman G.S. Semi-Lagrangian shallow water equations solver on the cubed-sphere grid as a prototype of new-generation global atmospheric model // J. Phys.: Conf. Ser. 2021. V. 1740. doi:10.1088/1742-6596/1740/1/012073 Online ISSN:1742-6596 Print ISSN:1742-6588.

Shashkin V.V., Goyman G.S. Parallel Efficiency of Time-Integration Strategies for the Next Generation Global Weather Prediction Model. Communications in Computer and Information Science (Russian Supercomputer days 2020), Springer, 2021, 12 pp., doi: 10.1007/978-3-030-64616-5_25.

Shashkin V.V. Stability analysis of implicit Semi-Lagrangian methods for numerical solution of non-hydrostatic atmospheric dynamics equations // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, vol. 36, no. 4, 2021, pp. 239-253. https://doi.org/10.1515/rnam-2021-0020.

11. Конференции: организация и участие

ИВМ РАН был одним из организаторов следующих конференций в 2021 году:

1. International Seminar on Mathematical Models and Numerical Methods for Flow and Transport in Porous Media, Международный онлайн-семинар, 25-26 марта 2021 г.

2. Российская научно-образовательная летняя школа «Вычислительные технологии, многомерный анализ данных и моделирование», Россия, Сириус, Сочи, 2-22 августа 2021 г.

3. Всероссийская конференция «Вычислительная математика и приложения», Университет Сириус, Сочи, Россия, 2-6 августа 2021 г.

4. Международная конференция «Марчуковские научные чтения-2021», 4-8 октября 2021 г., г. Новосибирск.

5. III российско-китайская школа по математическому моделированию и параллельным вычислениям, конкурс СИАТ-СЕЧЕНОВА по численному моделированию биоимпедансного анализа, 25 октября 2021 г. - 26 ноября 2021 г., онлайн, Москва, ИВМ РАН, Сеченовский университет, Шэньчжэньский институт передовых технологий CAS (SIAT).

6. XIII конференция «Математические модели и численные методы в биологии и медицине», (ИВМ РАН им. Г.И.Марчука, Отделение математического центра мирового уровня “Московский центр фундаментальной и прикладной математики” в ИВМ РАН, Сеченовский университет, г. Москва), 2-3 ноября 2021 г.

7. Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей сред (CITES-2021), 22 – 27 ноября 2021 г., Москва.

8. 64-я научная конференция МФТИ, 29 ноября – 3 декабря 2021 г., МФТИ, Москва-Долгопрудный.

9. Молодежная конференция Отделения Московского центра фундаментальной и прикладной математики в ИВМ РАН, 24 декабря 2021 г., Москва, ИВМ РАН.

Сотрудники института приняли участие в 90 конференциях:

конференции в России – 82,

международные конференции за рубежом – 18.

Всего докладов – 188.

Тема «Вычислительная математика, тензоры, оптимизация и задачи биологии и медицины»

Подтема «Матричные методы в математике и приложениях»

Seminar at Gran Sasso Science Institute, Italy, Италия, 9 марта 2021 г.
Tyrtyshnikov E. Tikhonov's solutions for linear systems equivalent within perturbations.

Beijing-Moscow Mathematics Colloquium, Москва, Россия, 3 декабря 2021 г.
Tyrtyshnikov E. Tikhonov's solutions for linear systems equivalent within perturbations.

Всероссийский съезд учителей и преподавателей математики и информатики, Москва, Россия, 18-19 ноября 2021 г.
Тыртышников Е.Е. Линейная алгебра в математике и приложениях.

Международная конференция «Дифференциальные уравнения, математическое моделирование и вычислительные алгоритмы», Белгород, Россия, 25-29 октября 2021 г.
Тыртышников Е.Е. О корректных постановках некорректных задач.

Конференция “Численное моделирование в механике сплошных сред”, Москва, Россия, 27-29 октября 2021 г.

Тыртышников Е.Е. О корректных постановках некорректно поставленных задач.

Научный семинар "Задачи дифференциальных уравнений, анализа и управления: теория и приложения", Москва, МГУ, Россия, 18 октября 2021 г.
Тыртышников Е.Е. О корректных постановках некорректно поставленных задач.

Международная конференция «Математические идеи П. Л. Чебышёва и их приложения к современным проблемам естествознания», приуроченная к 200-летию со дня рождения великого русского математика, академика П. Л. Чебышёва, г. Обнинск, Россия, 13-16 мая 2021 г.
Матвеев С.А., Смирнов А.П., Тыртышников Е.Е. Сильно осциллирующие стационарные решения модели агрегации с множественными источниками частиц.

Ломоносовские чтения 2021. Секция вычислительная математика и кибернетика, Москва, Россия, 20-29 апреля 2021 г.
Тыртышников Е.Е., Смирнов А.П., Тимохин И.В., Матвеев С.А. Аппроксимация решения пространственно-неоднородного обобщения уравнения Смолуховского на маломерных подпространствах.

Международная геолого-геофизическая экспедиция «ГеоЕвразия-2021», Москва, март 2021. Книжнерман Л. А., Плешкевич А. Л. Алгоритм решения обратной динамической задачи акустики для вертикально-неоднородной модели среды и точечного источника.
Ставцев С.Л. Метод малоранговых аппроксимаций матриц при численном решении интегральных уравнений электродинамики.

Huawei Machine Learning Workshop, Сириус, Сочи, Россия, 22-25 ноября 2021.
Tyrtyshnikov E. Correct settings for ill-posed problems.

Российская научно-образовательная летняя школа «Вычислительные технологии, многомерный анализ данных и моделирование», Россия, Сириус, 2-22 августа 2021. Будзинский С.С., Смирнов М.С. Методы оптимизации на многообразиях.

Международная конференция Matrix Equations and Tensor Techniques IX, Италия, Перуджа, 9-10 сентября 2021.
Тимохин И.В., Матвеев С.А., Смирнов А.П., Тыртышников Е.Е. Model order reduction and utilization of the reduced basis for aggregation kinetic equations.
Будзинский С.С. On the number of elements needed for low-rank tensor train completion.

Международная конференция 34-th Marian Smoluchowski Symposium on Statistical Physics, Польша, Краков, 27-29 сентября 2021. Matveev S.A., Budzinskiy S.S., Krapivsky P.L. Hopf bifurcation in addition-shattering kinetic equations.

Международная конференция «Тринадцатые Петряновские и четвертые Фуксовские чтения», Россия, Нижний Новгород, 8-9 октября 2021. Матвеев С.А., Будзинский С.С. Периодические решения кинетических уравнений процессов агрегации-дробления и испарения вещества.

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

Семинар "Суперкомпьютерное моделирование климатической системы", 17.03.2021, НИВЦ МГУ, г. Москва. Шутяев В.П., В.И. Агошков, В.Б. Залесный, Ф.-Х. Ле Диме,

Е.И. Пармузин, Н.Б. Захарова Методы вариационной ассимиляции данных и их приложения в задачах геофизической гидродинамики.

Конференция «Вычислительная математика и приложения», Университет Сириус, Сочи, Россия, 2-6 августа 2021 г.
Е.И.Пармузин, В.И.Агошков, В.П.Шутяев, Н.Б.Захарова Вариационная ассимиляция данных наблюдений о температуре поверхности Черного моря ЦКП «ИКИ-мониторинг.
Шелопут Т.О., Гусев А.В. Методика постановки условий на открытых границах в модели гидротермодинамики Балтийского моря на основе вариационной ассимиляции данных.

Международная конференция «Марчуковские научные чтения-2021», 4-8 октября 2021 г., Новосибирск.
Шелопут Т.О., Агошков В.И. Совместная реализация алгоритмов вариационной ассимиляции солености, температуры и уровня моря на открытой границе.
Лёзина Н.Р., Агошков В.И. Об одном подходе к восстановлению условий на внутренней границе в задаче гидротермодинамики.
В.П. Шутяев, Е.И. Пармузин, И.Ю.Геджадзе. Чувствительность функционалов при вариационном усвоении данных.

Школа молодых ученых «Вычислительные технологии, многомерный анализ данных и моделирование». Университет Сириус, Сочи, Россия, 2-22 августа 2021 г.
Шутяев В.П. Методы и подходы ассимиляции данных наблюдений в задачах геофизической гидродинамики.
Шутяев В.П. Методы вариационной ассимиляции данных наблюдений.

International Conference «Mathematical Modeling, Inverse Problems and Big Data», г. Якутск, Россия, 18-25 июля 2021. N.Zakharova, E.Parmuzin. Data analysis for variational assimilation of the surface temperature of the Black and Azov Seas.

Девятнадцатая международная конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса", 15-19 ноября 2021 г., ИКИ РАН, г. Москва.
Захарова Н.Б., Пармузин Е.И. Учет ошибок данных наблюдений при вариационной ассимиляции температуры поверхности Черного и Азовского морей.
Уваров И.А., Бриль А.А., Марченков В.В., Пармузин Е.И., Захарова Н.Б., Шелопут Т.О. Интеграция результатов численного моделирования гидрофизических параметров состояния воды Черного моря в информационную систему See the Sea.
Лёзина Н.Р., Шелопут Т.О. Алгоритмы вариационной ассимиляции данных на открытой границе и разделения области для модели гидротермодинамики Белого, Баренцева и Карского морей.

X Юбилейная международную научно-практическую конференцию "Морские исследования и образование. MARESEDU-2021". 24-28 октября 2021, г. Москва.
Захарова Н.Б. Анализ и интерполяция гидрофизических данных с нерегулярной пространственно-временной структурой.

Подтема «Оптимальные методы в задачах вычислительной математики»
Дни анализа в Сириусе, 29 октября 2021 г. A. B. Bogatyrev. Graphs describing conformal structure and their degeneration.

Workshop, МЦ Сириус, 7 июня 2021 г. A. B. Bogatyrev. Complex Approximations, Orthogonal Polynomials and Applications Stability polynomials for explicit Runge–Kutta methods: optimal and damped.

Научный интернет-семинар «Актуальные проблемы прикладной математики» под руководством. И.А.Тайманова, С.И. Кабанихина, А.Е. Миронова, М.А. Шишленина, 12.11.2021. А.Б. Богатырев. Математические задачи синтеза электрических фильтров.

Научная Конференция МЦ «Сириус» «Вычислительная математика и приложения», 01-06 августа 2021. Bogatyrev AB. Mathematical problems in filter synthesis.

Online workshop on «Applied Functional Analysis and High-Dimensional Approximation», Erwin Schroedinger Institute, University of Vienna, May 17 — 18, 2021. Bogatyrev A. Chebyshev heritage in new Millennium.

Летняя школа «Вычислительные технологии, многомерный анализ данных и моделирование», 2–22 августа 2021, НТУ Сириус. Богатырев А.Б. Риманова поверхность как инструмент для вычислений.

Всероссийская конференция: XVII Всероссийский семинар с международным участием «Динамика многофазных сред» (ДМС-2021), 27 августа – 4 сентября 2021 г., Новосибирск. S.V.Kirilovskiy, A.V.Boiko, V.I.Borodulin, K.V.Demyanko, A.V.Ivanov, D.A.Mischenko, Y.M.Nechepurenko, T.V.Poplavskaya. On predicting the onset of the transition to turbulence in the three-dimensional boundary layer on a swept wing.

Международная конференция: "Mathematical Modelling in Biomedicine", October 25 – 29, 2021, RUDN University, Moscow.
Khristichenko M.Yu., Nechepurenko Yu.M., Grebennikov D.S., Bocharov G.A. Optimal disturbances of periodic solutions of viral infections models.
Khristichenko M.Yu., Nechepurenko Yu.M., Grebennikov D.S., Bocharov G.A. Chronic hepatitis B modelling within the Marchuk-Petrov model.

Международная конференция: International conference "EGU General Assembly 2021", 19–30 April 2021. Zasko G., Glazunov A., Mortikov E., Nechepurenko Yu., Perezhogin P. Optimal energy growth in stably stratified turbulent Couette flow.

Всероссийская конференция: "Вычислительная математика и приложения", 2-6 августа 2021, ИВМ РАН и Математический центр НТУ Сириус, Сочи.
Нечепуренко Ю.М. Численный анализ устойчивости нестационарных систем.

VI всероссийская научная конференция "Теплофизика и физическая гидродинамика" и Научная молодежная школа "Теплофизика и физическая гидродинамика: современные вызовы" (ТФГСВ2021), г. Севастополь, 22-29 августа 2021 г.
Поплавская Т.В., Бойко А.В., Демьянко К.В., Кириловский С.В., Нечепуренко Ю.М. Моделирование ламинарно-турбулентного обтекания трехмерных аэродинамических конфигураций.

XXVIII всероссийская конференция с международным участием «Высокоэнергетические процессы в механике сплошной среды», посвященная 100-летию со дня рождения Н.Н. Яненко, 20 – 24 сентября 2021 г., Новосибирск. K.V.Demyanko and N.V.Klyushnev. On Numerical Investigation of the Nonmodal Instability of the Poiseuille Flow in an Elliptic Pipe.

XV всероссийская конференция молодых ученых «Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии», 25 февраля – 5 марта 2021 года, Новосибирск-Шерегеш.
Демьянко К.В. О линейной устойчивости течений жидкости в трубах с податливыми стенками.
Засько Г.В., Глазунов А.В., Мортиков Е.В., Нечепуренко Ю.М., Анализ оптимальных возмущений стратифицированного турбулентного течения Куэтта.

International Conference "Marchuk Scientific Readings 2021", October 4–8, 2021, Institute of Comput. Mathematics and Mat. Geophysics SB RAS.

Khristichenko M.Yu., Nechepurenko Yu.M., Grebennikov D.S., Bocharov G.A. Modelling chronic hepatitis B using the Marchuk-Petrov model.
Zasko G.V., Perezhogin P.A., Glazunov A.V., Mortikov E.V., Nechepurenko Yu.M. Emergence of optimal disturbances in stratified turbulent shear flow under the stochastic forcing.

International conference "EGU General Assembly 2021", 19–30 April 2021.
Zasko G., Glazunov A., Mortikov E., Nechepurenko Yu., Perezhogin P. Optimal energy growth in stably stratified turbulent Couette flow.

64-я всероссийская научная конференция МФТИ, ноябрь 2021 года, Москва-Долгопрудный-Жуковский. Засько Г.В. О построении оптимального стохастического форсинга для линейных динамических систем.

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

Всероссийский симпозиум «Биомеханика-2021», Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН и Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, 17-19 февраля 2021, Санкт-Петербург, Россия. Р.С.Савинков, Д.С.Гребенников, Г.А.Бочаров. Моделирование и анализ лимфатической системы человека с помощью теории графов.

Russian Conference with International Participation "Experimental and computational biomedicine" in memory of Professor Vladimir S. Markhasin, Ekaterinburg, May 26-28, 2021.
G.Bocharov, D.Grebennikov, R.Savinkov. Mathematical Modelling of Antiviral Immune Responses to SARS-CoV-2.
D.Grebennikov, G.Bocharov. Multiscale modeling of immune response to virus infections.

International conference on dynamics in systems and synthetic biology (DynS^3Bio), Centre de Recerca Matemàtica, Barcelona, June 14-19, 2021.
G.Bocharov, D.Grebennikov, R.Savinkov, J.Argilaguet, A.Meyerhans. Multiscale modelling of the structure, regulation and dynamics of immune responses to virus infections.

Научная школа – образовательный модуль образовательного центра СИРИУС «Вычислительные технологии, многомерный анализ данных и моделирование», г. Сочи, 1-21 августа 2021 г.
Бочаров Г.А. Математическая иммунология: системный подход.
Бочаров Г.А. Моделирование структуры и функционирования лимфатической системы и лимфатических узлов.

Рабочее совещание компании Modelling and Simulations Decisions, г. Петрозаводск 27-29 сентября 2021 г. Бочаров Г.А. Математическая иммунология: этапы развития.

5th Workshop on Virus Dynamics, October 4-6, 2021. D.Grebennikov, G.Bocharov. Mathematical modeling of intracellular life cycle of HIV-1 and SARS-CoV-2.

International online workshop: Mathematical Modelling in Biomedicine, RUDN University, Moscow, 25.10-29.10 2021.
G.Bocharov, D.Grebennikov, R.Savinkov. Mathematical Immunology emerging challenges and novel approaches.
D.Grebennikov, G.Bocharov. Mathematical modeling of intracellular life cycle of HIV-1 and SARS-CoV-2.
R.Savinkov, G.Bocharov, D.Grebennikov. Modeling individual cellular dynamics using cellular automata and artificial neural networks.
A.S.Bratus, M.R.Chamo, G.A.Bocharov, N.R.Leslie. Mathematical immunology: emerging challenges and novel approaches.

International Conference «Marchuk Scientific Readings 2021» (MSR-2021), October 4–8, 2021, Akademgorodok, Novosibirsk, Russia.
Гребенников Д.С., Сазонов И.А., Бочаров Г.А. Markov chain based stochastic modelling of HIV-1 and SARS-CoV-2 intracellular replication cycles.
Христиченко М.Ю., Нечепуренко Ю.М., Гребенников Д.С., Бочаров Г.А. Modelling chronic hepatitis B using the Marchuk-Petrov model.

Тихоновские чтения 2021, Секция Кафедры вычислительных технологий и моделирования МГУ им. М.В. Ломоносова, 25 октября 2021 г. Третьякова Р.М., Сетуха А.В., Бочаров Г.А. Моделирование дренажной функции лимфатического узла методом граничных интегральных уравнений.

XIII конференция «Математические модели и численные методы в биологии и медицине», ИВМ РАН им. Г.И.Марчука, Отделение математического центра мирового уровня "Московский центр фундаментальной и прикладной математики" в ИВМ РАН, Сеченовский университет, г. Москва, 2-3 ноября 2021 г.
Д.С.Гребенников, Г.А.Бочаров. Математическое моделирование внутриклеточной репликации вирусов HIV-1 и SARS-CoV-2.
А.А.Никитич, К.В.Песков, Г.А.Бочаров. Механизменное математическое моделирование лимфоцитарного хориоменингита у мышей.
Р.С.Савинков, Д.С.Гребенников, Г.А.Бочаров. Стохастическое моделирование индивидуальной клеточной динамики с использованием клеточных автоматов и искусственных нейронных сетей.
А.С.Братусь, М.Р.Чамо, Г.А.Бочаров. Математическая модель динамики рака поджелудочной железы.

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

Всероссийский симпозиум «Биомеханика-2021», С-Петербург, 18 февраля, 2021.
Василевский Ю.В. Персонализированная вычислительная гемодинамика.

Конференция «Нелинейные волны – 2021», Новосибирск, 4 марта 2021.
Василевский Ю.В. Трехмерная гемодинамика в областях, зависящих от времени: неизбежно ли FSI-моделирование?

Russian-Chinese Workshop «Computer Mechanics and Applied Mathematics»,14 мая 2021.
Василевский Ю.В. Personalized Computational Hemodynamics.

Конференция «Математика в медицине», Томский политехнический университет, 28-29 мая 2021. Василевский Ю.В. Персонализированная вычислительная гемодинамика.

13-я международная конференция Large-Scale Scientific Computations, Созополь, Болгария, 7-11 июня 2021. Василевский Ю.В. Numerical Schemes for Simulation of Incompressible Flows in Time-Dependent Domains.

Минисимпозиум Multiscale Modeling and Methods: Application in Engineering, Biology and .Medicine, 8-го европейского конгресса механиков, Portoroz, Slovenia, June 20-26, 2021. Василевский Ю.В. FSI and reduced models for 3D hemodynamic simulations in time-dependent domains.

International online conference «Modelling the Cardiac Function», Politecnico di Milano, July 1-3, 2021. Василевский Ю.В. Stable numerical schemes for modelling hemodynamic flows in time-dependent domains.

Всероссийская конференция «Вычислительная математика и приложения», Сириус, г. Сочи, 3 августа 2021. Василевский Ю.В. Устойчивые схемы расчета течений в областях с движущимися границами.

Международная конференция «Марчуковские научные чтения», Новосибирск, 4-8 октября 2021. Василевский Ю.В. Personalized computational 3D hemodynamics and clinical applications'.

Международная конференция «Smart Computational Methods in Continuum Mechanics 2021», МФТИ, 28 октября 2021. Василевский Ю.В. Finite volume solution of boundary value problems with general coefficients on general meshes.

Международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития», Круглый стол «Цифровой биодизайн и персонализированное здравоохранение», 27 октября 2021, Москва. Василевский Ю.В. Вычислительная технология неинвазивной диагностики стенозов коронарных артерий пациентов с ишемической болезнью сердца.

Международная конференция «Mathematical modelling in biomedicine», РУДН, Москва 25-29 октября 2021. Василевский Ю.В. Personalized computational 3D hemodynamics and clinical applications.

Международная конференция «Mathematical Aspects of Contemporary Continuum Mechanics», МИАН РАН, Москва 8-12 ноября 2021. Василевский Ю.В. 3D flows of Newtonian, viscoplastic and viscoelastic fluids with free surface.

International Seminar on Mathematical Models and Numerical Methods for Flow and Transport in Porous Media, Москва, март 2021. Капырин И.В. Mathematical models and numerical methods of GeRa hydrogeological modeling software.

Конференция «Computational Mathematics and Applications», Сочи, Сириус, август 2021. Капырин И.В. Reactive transport modelling for hydrogeological applications in GeRa software.

Международная конференция «Численное моделирование в механике сплошных сред». Москва, МФТИ, октябрь 2021. Капырин И.В. Численное моделирование в гидрогеологических задачах.

Международная конференция «16th International Conference on Parallel Computing Technologies, PaCT-2021», 13-18 сентября, 2021, Калининград.
Коньшин И.Н. Sparse system solution methods for complex problems.

Международная конференция «Russian Supercomputing Days», 27-28 сентября, 2021, Москва.

Коньшин И.Н. Solution of large-scale black oil recovery problem in parallel using INMOST platform.
Коньшин И.Н. Parameters optimization of linear and nonlinear solvers in GeRa code.

Международная конференция «Smart Computational Methods in Continuum Mechanics 2021», посвященная 95-летию академика О.М.Белоцерковского, 27-29 октября, 2021, Москва. Коньшин И.Н. Parallel efficiency estimation in linear algebra and continuum mechanics algorithms.

Восьмой профессиональный слёт разработчиков отечественных CFD кодов «Отечественные CFD коды – 2021» (CFD Weekend-2021), 18-19 декабря 2021, Москва.
Коньшин И.Н. Программная платформа INMOST. Разработки 2021 года.

IX всероссийский съезд аритмологов «Аритмология без границ от научной лаборатории к клиническим рекомандациям», 20–22 мая 2021г., ФГБУ «НМИЦ им. В.А.Алмазова», г. Санкт-Петербург, Россия. А. Данилов. А. Чернышенко, Ю. Василев-

ский. Построение персонифицированных электрофизиологических вычислительных моделей на основе КТ/МРТ-изображений.

Российская конференция с международным участием «Экспериментальная и компьютерная биомедицина» памяти члена-корреспондента РАН Владимира Семёновича Мархасина, 26–28 мая 2021г., ИИФ УрО РАН, г. Екатеринбург.
A.Danilov, Yu.Vassilevski, A.Chernyshenko. Personalized anatomical cardiac models for computational electrophysiology problems.

XIII конференция по математическим моделям и численным методам в биологии и медицине, 2–3 ноября 2021г., ИВМ РАН, г. Москва, Россия.
Данилов А.А. Сегментация КТ снимков и построение расчетных сеток для корня аорты в задаче моделирования реконструкции аортального клапана.
Добросердова Т.К. Two-scale haemodynamic modelling with Fontan Circulation.
Терехов К.М. Fully-Implicit Finite-Volume Methods for Clot Formation Modelling.

Международный семинар «International Seminar on Mathematical Models and Numerical Methods for Flow and Transport in Porous Media», Москва, 25.03.2021-26.03.2021.
Никитин К.В. Application of nonlinear monotone finite volume methods for flow and transport in porous media.

Совместный семинар "Газпромнефть НТЦ" (г. Санкт-Петербург) и Новосибирского госуниверситета "Моделирование в нефтяном инжиниринге", 02.06.2021.
Никитин К.В. Устойчивый метод конечных объемов для задачи гидроразрыва пласта и моделирования течений в трещиноватых пористых средах.

Конференция "Вычислительная математика и приложения", Сириус, г. Сочи, 02.08.2021–06.08.2021. Никитин К.В. Нелинейный метод конечных объемов для моделирования течений в трещиноватых пористых средах.

Семинар «Моделирование в нефтяном инжиниринге», НТЦ Газпромнефть, Новосибирск, 12 мая 2021. Терехов К.М. INMOST – платформа для параллельного численного моделирования и приложений.

Семинар «Моделирование в нефтяном инжиниринге», НТЦ Газпромнефть, (Новосибирск, 2 июня 2021. Терехов К.М. Устойчивый метод конечных объемов для моделирования гидроразрыва пласта.

Международная конференция «SIAM Geosciences 21», Милан, 22 июня 2021.
Терехов К.М. Multi-Physics Finite-Volume Framework with Application to Hydraulic Fracturing and Blood Coagulation.

Конференция «Вычислительная математика и приложения», Математический центр Сириус, Сочи, 4 августа 2021. Терехов К.М. Много-физическая конечно-объемная технология в применении к задачам гидроразрыва пласта и свертываемости крови.

Международная конференция «16th International Conference on Parallel Computing Technologies», 15 сентября, Калининград. Терехов К.М. Sparse System Solution Methods For Complex Problems.

Международная конференция «Суперкомпьютерные дни в России 2021, 28 сентября, Москва, Россия.
Терехов К.М. Solution of large-scale black oil recovery problem in parallel using INMOST platform.
Терехов К.М. Greedy Dissection Method for Shared Parallelism in Incomplete Factorization within INMOST Platform.

Всероссийская конференция «Вычислительная математика и приложения», Математический центр НТУ Сириус, г. Сочи, август 2021 г.

Янбарисов Р.М. Монотонный метод вложенных дискретных трещин для задач фильтрации в трещиноватых пористых средах.

Всероссийская конференция молодых ученых-механиков, Пансионат Буревестник, Сочи, сентябрь 2021 г. Янбарисов Р.М. Неявный метод моделирования неньютоновских жидкостей со свободной поверхностью на динамически адаптивных сетках.

Международный семинар «International Seminar on Mathematical Models and Numerical Methods for Flow and Transport in Porous Media», ИВМ РАН, ИБРАЭ РАН, KAUST и Goethe University Frankfurt, 26 марта 2021 г.
Ануприенко Д.В. Solution strategies for nonlinear systems in variably saturated groundwater flowmodeling.
Янбарисов Р.М. Projection-based monotone embedded fracture method for flow and transport in porous media.

Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2021», 19 апреля 2021 г. Ануприенко Д.В. Сравнение нелинейных решателей в рамках метода продолжения для задач ненасыщенной фильтрации.

EGU General Assembly 2021, session GD7.2: Long-term rheology, heat budget and dynamic permeability of deforming and reacting rocks: from laboratory to geological scales.
D.Anuprienko, V.Yarushina, Y.Podladchikov Effect of capillary pressure and geomechanics on multiphase fluid flow in rocks.

Конференция «Вычислительная математика и приложения», Сириус, г. Сочи, 2 августа 2021 г. Ануприенко Д.В. Метод продолжения 1-го порядка для моделирования фильтрации в ненасыщенных условиях.

XI российская научная конференция «Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях», 27 октября 2021 г. Ануприенко Д.В. Метод продолжения 1-го порядка для моделирования фильтрации.

XIII конференция "Математические модели и численные методы в биологии и медицине", ИВМ РАН, Москва, Россия, 2-3 ноября, 2021. Симаков С.С. Анализ граничных условий в областях соединения сосудов в одномерных моделях гемодинамики.

Smart Computational Methods in Continuum Mechanics, MIPT, Dolgoprudny, Russia, 27-29 October, 2021. Симаков С.С. Novel boundary conditins for arterial bifurcations in 1D network model.

Mathematical Modelling in Biomedicine, RUDN, Moscow, Russia, 25-29 October, 2021.
Симаков С.С. Computational evaluation of the effectiveness of coronary revascularization.

P.Chebyshev Mathematical Ideas and Their Applications to Natural Sciences International Conference, Obninsk, Russia, 14-18 May, 2021. Симаков С.С. Mathematical modelling of the treatment of cardiovascular diseases.

"Нелинейные волны – 2021", Новосибирск, Россия, 2-4 марта, 2021.
Симаков С.С. Об особенностях использования одномерных сетевых динамических моделей для расчета гемодинамики в артериальном и венозном русле.

Всероссийский симпозиум "Биомеханика-2021", НИИ Механики МГУ, Москва, Россия, 17-18 февраля, 2021. Симаков С.С. Анализ гладкости решений в одномерных сетевых моделях кровообращения.

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

«Забабахинские научные чтения», 20–24 сентября 2021, г. Снежинск, Челябинская область. Романюха А.А. Популяционная динамика психических нарушений. Переменные, процессы, сценарии.

Тринадцатая международная молодежная научная школа-конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач», Новосибирск, Академгородок, 12-22 апреля 2021 года. A.A.Romanyukha, A.S.Karkach, T.E.Sannikova. Space heterogeneity of the tuberculosis incidence trend. Global incidence rate decline vs clusters of incidence rate increase in Moscow 2000-2019.

Конференция «Математика в медицине», Томск, 28–29 мая 2021.
Романюха А.А. Агентный подход к моделированию эпидемических процессов.

Международный семинар «Body composition analysis: tools and applications», 23 апреля 2021 года, Всеиндийский институт медицинских наук, г. Раджкот, Индия.
Руднев С.Г. Heath-Carter somatotype evaluation via bioimpedance analysis.

Саммит молодых учёных и инженеров «Большие вызовы для общества, государства и науки», 26-30 апреля 2021 г., университет Сириус, г. Сочи.
Руднев С.Г. Современные методы и технологии определения состава тела человека, некоторые применения в спорте.

VIII международная научно-практическая онлайн-конференция «Безопасный спорт - 2021», 27-28 мая 2021 года, СЗГМУ им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург.
Руднев С.Г. Состав тела и безопасность в спорте.

Студенческая научно-образовательная школа-конференция «Безопасность в спорте», 26 и 29 мая 2021 года, образовательный центр «Сириус», г. Сочи.
Руднев С.Г. Состав тела и безопасность в спорте: практические аспекты.

Международный семинар «Child health and growth», 15 сентября 2021 года, МГУ имени М.В. Ломоносова и университет Хоккайдо. Руднев С.Г. Human body composition in health and disease.

Научный семинар «Антропологическая среда», 22 сентября 2021 года, НИИ и Музей антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва. Руднев С.Г., Е.Ю.Пермякова, А.Г.Сипатрова, Е.З.Година, А.В.Анисимова, Л.В.Задорожная, И.А.Хомякова, А.В.Зубко. О качестве измерений кожно-жировых складок калиперами и скользящим циркулем.

XIII конференция «Математические модели и численные методы в биологии и медицине», 2-3 ноября 2021 года, ИВМ РАН, Москва. О.А.Старунова, С.Г.Руднев, А.Е.Иванова, В.Г.Семенова, В.И.Стародубов. Применение закона Бенфорда для оценки качества данных профилактического скрининга в центрах здоровья.

5-я всероссийская научно-практическая конференция «День спортивной информатики», 3-4 декабря 2021 г., Москва. Руднев С.Г. Состав тела спортсменов: проблемы, достижения и перспективы.

III всероссийский демографический форум с международным участием, 6-9 декабря 2021 года, Москва. Руднев С.Г. О качестве данных профилактического скрининга в центрах здоровья и возможностях их использования для прогнозирования здоровья населения.

XIII международная молодёжная научная школа–конференция “Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач”, 20 апреля 2021 г., Новосибирск.

К.К.Авилов, А.А. Романюха. Reverse-engineering the mathematical model of the natural history of tuberculosis on the basis of regular fluorography data.

Четырнадцатая международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2021), 29 сентября 2021 г., Москва.
Каркач А.С., Новиков К.А., Авилов К.К. Синтетическая популяция для агентной модели распространения инфекционных заболеваний в мегаполисе: источники реальных данных.

Международная конференция «XV Забабахинские научные чтения» (ЗНЧ-2021), 30 сентября 2021 г., Снежинск, Челябинская обл. Авилов К.К. Математические модели в эпидемиологии: решение практических задач на примере эпидемиологии туберкулёза.

Тринадцатая международная молодежная научная школа-конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач», Новосибирск, 12-22 апреля 2021 года. T.E.Sannikova. Using complex networks to model epidemiologically significant contacts.

Ежегодная научная конференция «Тихоновские чтения», посвященная 115-летию со дня рождения А.Н.Тихонова. Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 25-30 октября 2021 года. В.Я.Киселевская-Бабинина,А. А.Романюха, Т.Е.Санникова. Марковская модель лечения пациентов с COVID-19 в отделении интенсивной терапии.

64-я всероссийская научная конференция МФТИ. Москва, 29 ноября–4 декабря 2021 г.
А.И. Влад, Т.Е. Санникова. Агентная модель динамики заболеваемости ОРВИ.
В.Я.Киселевская-Бабинина, А. А.Романюха, Т.Е.Санникова. Моделирование течения COVID-19 при разном значении индекса коморбидности с помощью теории марковских цепей.

XI российская научная конференция «Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях», 26-29 октября 2021 г. Новиков К.А. Сопряженное моделирование поверхностных и подземных вод в расчетом коде GeRa.

Тема «Моделирование динамики Земной системы»

Подтема «Моделирование климата и его изменений»

IX всероссийская конференция «Экология. Экономика. Информатика. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем (САМЭС)» 6-11 сентября 2021, Абрау-Дюрсо, Россия. Варгин П.Н., Кострыкин С.В., Цветкова Н.Д., Лукьянов А.Н., Володин Е.М. Исследование динамических параметров стратосферы Арктики в условиях современного и будущего климата.

Всероссийская конференция с международным участием «Собственное излучение, структура и динамика средней и верхней атмосферы», посвященной памяти А.И. Семенова и Н.Н. Шефова, 22-23 ноября 2021, Москва, Россия. Варгин П.Н., Кострыкин С.В., Володин Е.М. Исследование изменений динамики стратосферы Арктики в течение XXI века по данным расчетов климатической модели ИВМ РАН.

Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде памяти чл.-корр. РАН Лыкосова В.Н. CITES-2021, 22 – 27 ноября 2021, Москва, Россия.
Черненков А.Ю., Кострыкин С.В., Володин Е.М. Модификация почвенно-снежного блока климатической модели ИВМ РАН.
Воробьева В. Володин Е. Исследование качества летних сезонных ретроспектиных прогнозов, выполненных на основе климатической модели ИВМ РАН.

Тарасевич М., Володин Е. Исследование причин предсказуемости индекса северо–атлантического колебания по данным ретроспективных сезонных прогнозов климатической модели ИВМ РАН для зимы 2009–2010 гг.
Яковлев Н.Г. Математические модели крупномасштабного состояния морского льда и некоторые аспекты их численной реализации.

Международная конференция «Марчуковские научные чтения 2021» (МНЧ-2021), 4-8 октября 2021 г., Академгородок, Новосибирск, Россия. Кулямин Д.В., Останин П.А., Дымников В.П. Моделирование совместной динамики термосферы и ионосферы Земли.

Научная школа-конференция «Вычислительные технологии, многомерный анализ данных и моделирование», 02-22.08.2021, Сириус, Сочи.
А.С. Грицун, Детерминированный хаос и динамика атмосферы.
Яковлев Н.Г. Моделирование океана.
Яковлев Н.Г. Некоторые вопросы моделирования Северного Ледовитого океана.
Яковлев Н.Г. Моделирование крупномасштабного состояния морского льда.
Володин Е.М. Ансамблевый подход при моделировании изменений климата и прогнозе аномалий погоды и климата.
Володин Е.М. Влияние начального состояния океана на воспроизведение сезонных аномалий зимы 2019-20 гг. в ретроспективных прогнозах климатической модели ИВМ РАН.

Workshop: Multi-annual to Decadal Climate Predictability in the North Atlantic-Arctic Sector. Copenhagen, 20-22 September 2021. Vorobyeva V., Volodin E. On the multiallual to decadal potential predictability of the Arctic ocean state in the INM RAS climate model.

Научно-практическая конференция по проблемам гидрометеорологических прогнозов, экологии и климата. Новосибирск, 20-22 октября 2021 г. Дымников В.П., Лыкосов В.Н., Володин Е.М. Суперкомпьютерное моделирование динамики земной климатической системы.

Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях» (ММТТ-34), 31.05-04.06 2021, Санкт-Петербург, Россия.
Грицун А.С. Математическое моделирование изменений климата Земли с помощью модели Земной системы ИВМ РАН.

Конференция международных математических центров мирового уровня, 9-13.08.2021, Сириус, Сочи, Россия. Грицун А.С. Прогнозирование изменений климата Земли с помощью модели Земной системы ИВМ РАН.

Международная конференция «Topical problems of Nonlinear wave physics» (NWP-2021), Нижний Новгород, Россия, 19-22.2021. Грицун А.С. The Earth climate changes forecast with the Earth system model of the INM RAS.

CMCM 2021. Smart Computational Methods in Continuum Mechanics 2021. Dolgoprudny, 27-29 October 2021. Iakovlev N.G. The understanding of the Arctic Ocean hydro- and sea ice dynamics: Multiscale physics and Numerical modeling.

Подтема «Математическое моделирование региональных природно-климатических процессов»

European Geosciences Union General Assembly 2021, Вена, Австрия, 19-30 апреля 2021.
Debolskiy A., Mortikov E., Glazunov A., Lüpkes Ch. Evaluating turbulent length scales from local MOST extension with different stability functions in first order closures for stably stratified boundary layer.

Perezhogin P.A., Glazunov A.V. A priori and a posteriori analysis in Large eddy simulation of the two-dimensional decaying turbulence using Explicit filtering approach.

Inverse and Ill-Posed Problems: Theory and Numerics. XIII international scientific conference and young scientist school, Новосибирск, Россия, 12-21 апреля 2021.
Lykosov V.N., Gritsun A.S., Glazunov A.V., Stepanenko V.M., Volodin E.M., Mortikov E.V. Supercomputer Simulation of the Earth System.

Время, хаос и математические проблемы, Москва, Россия, 7 апреля 2021 г.
Лыкосов В.Н., Грицун А.С., Глазунов А.В., Степаненко В.М., Володин Е.М., Мортиков Е.В. Математическое моделирование динамики Земной системы.

Школа по вычислительным технологиям, многомерному анализу данных и моделированию в образовательном центре "Сириус", Сочи, август 2021 г. Глазунов А.В., Мортиков Е.В. Численное моделирование геофизической турбулентности.

TRR 181 Seminar, 29 апреля 2021 г. Perezhogin P.A., Glazunov A.V. Subgrid parameterizations of quasi-2d turbulence and implementation in NEMO ocean model.

Конференция "Вычислительная математика и приложения". Сириус, Сочи, 1-7 августа 2021 г. Пережогин П.А., Глазунов А.В. Турбулентные замыкания класса LES в задаче моделирования затухающей двумерной турбулентности с использованием подхода явной фильтрации.

Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде памяти чл.-корр. РАН Лыкосова В.Н. CITES-2021, 22 – 27 ноября 2021 г., Москва, Россия.
Пережогин П.А. Исследование турбулентных замыканий в задаче о разрушающейся двумерной турбулентности.

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

XIX Международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, Институт космических исследований РАН, 15 – 19 ноября 2021 г.
Егоров В.Д. Метод нахождения затененных и частично затененных пикселов для решения задачи восстановления объема биомассы лесной растительности по дистанционным спутниковым многоканальным и самолетным гиперспектральным изображениям высокого пространственного разрешения.
Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Зотов С.А., Мельник П.Г., Донской С.А. Сегментация и определение структурных особенностей объектов окружающей среды на основе спектрально-текстурной обработки разномасштабных спутниковых изображений.

XX международная конференция молодых учёных «ЛЕСА ЕВРАЗИИ – КАРЕЛЬСКИЕ ЛЕСА» посвящённая 180-летию со дня рождения профессора М.К. Турского, 100-летию Республики Карелия и 80-летию Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск, Россия, 22-27 марта 2021 г. Дмитриев Е.В. Методы оценки таксационных и биопродукционных параметров древостоев по многоспектральным и гиперспектральным аэрокосмическим изображениям.

Международная научная конференция «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли», Красноярск, Россия, 14–17 сентября 2021 г.
Дмитриев Е.В., Зотов С.А., Донской С.А., Мельник П.Г., Соколов А.А. Спектрально-текстурная обработка разномасштабных спутниковых изображений в задаче определения структурных особенностей и породного состава древостоев.

Русин Д.С., Алехина А.Е., Сафонова А.Н., Дмитриев Е.В. Использование алгоритмов глубокого обучения для текстурной сегментации спутниковых изображений сверхвысокого разрешения.

Всероссийская конференция с международным участием «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» SDM-2021, г. Новосибирск, Россия, 24-27 августа 2021 г.
Дмитриев Е.В., Кондранин Т.В., Мельник П.Г., Донской С.А. Статистические методы текстурного анализа аэрокосмических изображений лесных территорий.
Алехина А.Е., Русин Д.С., Дмитриев Е.В., Сафонова А.Н. Нейросетевая текстурная сегментация спутниковых снимков лесных массивов с использованием модели Unet.

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

Seminar on Arctic Radioactivity Issues 2021, Helsinki, Finland, November 16, 2021.
Sarkisov A.A., Ibrayev R.A., Bibin V.A., Kobrinskiy M.N., Antipov S.V., Vysotskiy V.L., Ushakov K.V., Kalnitskii L.Y., 2021. Arctic – specific mechanism of contamination dispersion in the marine environment.

Всероссийская научная конференция «Моря россии: год науки и технологий в РФ – Десятилетие наук об океане ООн». ФГБУН ФИЦ МГИ, г. Севастополь, 02 – 04, 20 – 24 сентября 2021 г. Дианский Н.А., Морозов Е.Г., Фомин В.В., Фрей Д.И. Распространение загрязнений в Норвежском море от придонного источника.

VIII всероссийская конференция по прикладной океанографии «Проблемы оперативной океанографии» ФГБУ «ГОИН», г. Москва, 19–20 октября 2021 г.
Дианский Н.А. Фомин В.В. Моделирование термогидродинамических условий в Арктических морях и некоторые прикладные задачи.

Международный военно-технический форум «АРМИЯ-2021». Конгрессно-выставочный центр Военно-патриотического парка культуры и отдыха Вооруженных Сил Российской Федерации «Патриот», г. Кубинка, Московская обл., 23 – 28 августа 2021 г. Дианский Н.А. Фомин В.В., Панасенкова И.И., Гусев А.В. Система оперативного моделирования Северного Ледовитого океана и прилегающих к нему акваторий на основе российской модели INMOM-Арктика.

Scientific Conference on Climate Change in the Caspian Sea Region materials are available for viewing. Координационный комитет по гидрометеорологии Каспийского моря (КАСПКОМ) и Временного Секретариата Тегеранской конвенции при поддержке Росгидромета. ФГБУ «КаспМНИЦ», г. Астрахань, 27-28 октября 2021 г.
Dianskiy N., Vyruchalkina T., Fomin V. Effect of long-term variations in wind regime over Caspian sea region on the evolution of its level in 1948–2017.

X международная научно-практическая конференция «Морские исследования и образование - MARESEDU 2021». ИОРАН, г. Москва, 25-29 октября 2021 г.
Фомин В.В., Дианский Н.А., Панасенкова И.И, Гусев А.В. Система оперативного моделирования Северного Ледовитого океана и прилегающих к нему акваторий на основе российской модели INMOM-Арктика.
Багатинская В.В., Дианский Н.А., Гусев А.В., Морозов Е. Г. Геострофическая и ветровая составляющие Антарктического циркумполярного течения.
Багатинский В.А., Дианский Н.А Система оперативного моделирования Северного Ледовитого океана и прилегающих к нему акваторий на основе российской модели INMOM-Арктика.

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

Всероссийская научная конференция «Моря России: Год науки и технологий в РФ – Десятилетие наук об океане ООН». Севастополь, 20-24 сентября 2021 г.
Головизнин В.М., Залесный В.Б., Соловьев А.В. Новый подход к декомпозиции системы уравнений негидростатической модели океана на баротропную и бароклинную составляющие и новый класс консервативно-характеристических численных моделей.

X международная научно-практическая конференция «Морские исследования и образование. MARESEDU-2021», г. Москва, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 25-29 октября 2021 г.
Багатинская В.В., Дианский Н.А., Гусев А.В., Морозов Е.Г. Геострофическая и ветровая составляющие Антарктического циркумполярного течения.
Фомин В.В., Дианский Н. А., Панасенкова И.И, Гусев А.В. Система оперативного моделирования Северного Ледовитого океана и прилегающих к нему акваторий на основе российской модели INMOM-Арктика.

XVII международная научно-технической конференция «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2021), 18-20 мая 2021 г., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, 2021 г. Бышев В.И., Анисимов М.В., Гусев А.В., Сидорова А.Н. О пространственно-временной структуре мультидекадной осцилляции теплосодержания Мирового океана.

VIII всероссийская конференция по прикладной океанографии "Проблемы оперативной океанографии", Москва, ГОИН, 19-20 октября 2021 г. Бышев В.И., Анисимов М.В., Гусев А.В., Сидорова А.Н. Характерные особенности динамики современного климата.

Девятнадцатая международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Институт космических исследований РАН, Москва, 15 – 19 ноября 2021 г. Бышев В.И., Анисимов М.В., Гусев А.В., Сидорова А.Н. Взаимосвязь динамики современного климата с изменчивостью теплосодержания Мирового океана.

Подтема «Создание вычислительного ядра для модели атмосферы нового поколения»

Международная суперкомпьютерная конференция «Суперкомпьютерные дни в России», 27-28.09.2021, Москва.
Tolstykh M., Fadeev R., Goyman G., Shashkin V. Improving SL-AV Global Atmosphere Model Computational Efficiency with I/O and Algorithmic Optimizations .
Goyman G., Shashkin V. Implementation of elliptic solvers within ParCS parallel framework.

Marchuk Scientific Readings-2021, October 4–8, 2021, Institute of comput. mathematics and mat. geophysics SB RAS.
Tolstykh M.A., Fadeev R.Yu., Shashkin V.V., Goyman G.S., Travova S.V., Alipova K.A. Recent developments of SL-AV numerical weather prediction model.
Travova S.V., Tolstykh M.A. Soil moisture analysis for the multilayer soil scheme of the global atmospheric model SLAV.

Десятая сибирская конференция по параллельным и высокопроизводительным вычислениям (SibHPC'21), посвященная 100-летию со дня рождения выпускника физико-математического факультета ТГУ Героя Социалистического Труда академика Н.Н. Яненко, Томск, 5-6 октября 2021 г., Россия.

Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В, Травова С.В., Гойман Г.С., Алипова К.А. Развитие многомасштабной глобальной модели атмосферы ПЛАВ.

CITES–2021: Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде, 22–26 ноября 2021 г., Москва, Россия.
Толстых М.А. Глобальные модели атмосферы и их применения в прогнозе погоды и моделировании климата.
Мизяк В.Г., Толстых М.А., Рогутов В.С., Алипова К.А., Гойман Г.С. Система ансамблевого среднесрочного прогноза погоды Гидрометцентра России на основе модели ПЛАВ: первые результаты.
Алипова К.А., Толстых М.А. Гойман Г.С. Стохастическое возмущение параметров в модели ПЛАВ.
Травова С.В., Толстых М.А. Оценка воспроизведения влажности и температуры почвы в летний сезон глобальной моделью атмосферы ПЛАВ.
Шашкин В.В., Гойман Г.С. Разработка динамического ядра для перспективной модели общей циркуляции атмосферы.
Гойман Г.С., Шашкин В.В. Схемы высокого порядка для дискретизации уравнений на редуцированной широтно-долготной сетке с разнесением переменных.

The first joint WCRP-WWRP Symposium on data assimilation and reanalysis. 2021.
Travova S., Tolstykh M. Soil moisture assimilation system for multilayer soil model.

Конференция международных математических центров Мирового уровня, Сириус, Сочи, 9-13 августа 2021 г. Фадеев Р.Ю., Толстых М.А., Гойман Г.С., Шашкин В.В. Развитие вычислительных и параллельных технологий в модели прогноза погоды ПЛАВ.

XII международная школа-конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященная 100-летию профессора БашГУ Фарзтдинова Миркашира Минигалиевича «Уфимская осенняя математическая школа-2021», г. Уфа, 6–9 октября 2021 г.
Алипова К.А., Кошкина А.С., Лапин Т.Е., Озерова Н.А., Переладова А Е., Сахно А.В., Фадеев Р.Ю. Методы одномерной параметризации морского льда для глобальной модели атмосферы ПЛАВ.

64-я всероссийская научная конференция МФТИ, г. Долгопрудный, 29 ноября – 3 декабря 2021 г.
Алипова К.А., Кошкина А.С., Лапин Т.Е., Озерова Н.А., Переладова А.Е., Сахно А.В., Фадеев Р.Ю. Реализация одномерной параметризации морского льда для глобальной модели атмосферы ПЛАВ.
Алипова К.А., Гойман Г.С., Толстых М.А. Стохастическое возмущение параметров физических параметризаций в глобальной модели атмосферы.

PDEs on the sphere 2021, Offenbach-am-Main (Germany), 17-21.05.2021.
Goyman G.S., Shashkin V.V. Interpolation based horizontal approximation schemes on the staggered reduced latitude-longitude grid.
Shashkin V.V., Goyman G.S. Semi-Lagrangian exponential time-integration method for theshallow-water equations on the cubed-sphere grid.

Молодежная конференция Отделения Московского центра фундаментальной и прикладной математики в ИВМ РАН, 24 декабря 2021 г., Москва, ИВМ РАН.

Останин П.А. Аппроксимация диффузионного оператора в модели ионосферы с сохранением направления геомагнитного поля.
Янбарисов Р.М. Модель вязкоэластичной жидкости со свободной поверхностью для задачи компрессии клеточных сфероидов.

Шелопут Т.О. Методика постановки условий на открытых боковых границах в модели гидротермодинамики Балтийского моря на основе вариационной ассимиляции данных о солености.
Гребенников Д.С. Математические модели жизненного цикла вирусов HIV-1 и SARS-CoV-2.
Савинков Р.С. Математическое моделирование индивидуальной клеточной динамики с использованием клеточных автоматов, применение искусственных нейронных сетей в задачах математического моделирования в иммунологии.
Петров С.С. Моделирование динамики морского льда на неструктурированной сетке.
Воробьева В.В. Экспериментальные исследования предсказуемости погоды и климата на сезон и десятилетие с помощью климатической модели ИВМ РАН.
Петров С.В. Тензорные разложения в применении к автомобильным радарам.
Тимохин И.В. Общая структура редуцированных базисов для задач агрегационной кинетики различной размерности.
Морозов С.В. Поиск разреженных решений для сверхбольших систем, обладающих тензорной структурой.
Засько Г.В. Вычисление оптимальных возмущений турбулентных течений.
Христиченко М.Ю. Оптимальные возмущения периодических решений систем с запаздыванием.
Гойман Г.С. Схемы высокого порядка для дискретизации уравнений на редуцированной широтно-долготной сетке с разнесением переменных.
Пережогин П.А. Моделирование подсеточных процессов в геофизической турбулентности.

12. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2021 году

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663881 Российская Федерация. Программа визуализации результатов верификации ансамбля объективных анализов атмосферы: № 2021663065: заявл. 18.08.2021: опубл. 25.08.2021 / К. А. Алипова; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации».

Отчёт Института вычислительной математики им. Г.И.Марчука Российской академии наук утвержден Учёным советом ИВМ РАН 29 декабря 2021 года, протокол № 13.

Учёный секретарь ИВМ РАН, д.ф.-м.н. В.П.Шутяев