

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

“Утверждаю”

Директор ИВМ РАН  
академик Тиртышников Е.Е.

\_\_\_\_\_ 2024 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 2024 году**

Москва-2024

## Содержание

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Результаты фундаментальных и прикладных исследований<br>ИВМ РАН, имеющие первостепенное значение .....              | 3  |
| 2. Крупные результаты научных исследований ИВМ РАН .....                                                               | 5  |
| 3. Основные исследования и разработки ИВМ РАН, готовые к<br>практическому применению .....                             | 15 |
| 4. Результаты исследований по актуальным направлениям,<br>полученные сотрудниками ИВМ РАН .....                        | 15 |
| 5. Премии, награды и почётные звания, полученные сотрудниками<br>ИВМ РАН в 2024 году .....                             | 29 |
| 6. Международные научные связи .....                                                                                   | 30 |
| 7. Научно-организационная деятельность ИВМ РАН .....                                                                   | 31 |
| 8. Семинары .....                                                                                                      | 33 |
| 9. Математический центр .....                                                                                          | 33 |
| 10. Публикации сотрудников в 2024 году .....                                                                           | 35 |
| 11. Конференции: организация и участие .....                                                                           | 48 |
| 12. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ,<br>полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2024 году ..... | 68 |

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

**Разработаны суперкомпьютерные вычислительные технологии моделирования многофизических процессов на динамических адаптивных сетках общего вида с приложениями в медицине (задачи тромбозмболии, кардиоэлектромеханики, механики сердечного клапана) и геофизике (безопасное захоронение радиоактивных отходов, гидроразрыв пласта, анализ керна).**

### **Аннотация**

Разработан комплекс консервативных вычислительных методов для моделирования широкого спектра физико-химических процессов на подвижных динамически изменяемых сетках, которые отличаются устойчивостью как для задач с преобладающей конвективной составляющей, так и для задач седлового типа [6-9,13-16,18-22]. Важным преимуществом комплекса является возможность совместного учета нескольких физических процессов.

Динамическое перестроение сеток общего вида позволяет как передвигать узлы многогранной расчетной сетки, так и разбивать многогранные ячейки расчетной сетки общего вида в ходе решения задачи, что повышает точность решения с одной стороны и экономит вычислительные ресурсы с другой стороны [4,16-18]. Для эффективного решения возникающих систем алгебраических уравнений предложен ряд методов, среди которых можно выделить блочный алгебраический многосеточный метод [5], демонстрирующий на практике линейную зависимость вычислительной сложности от порядка систем, в том числе и для систем седлового типа [3,5,12,15,23-26].

Приложения разработанных вычислительных технологий: тромбообразование в кровотоке в сложных подвижных областях [4,6,27],

течение крови с учетом перфузии в стенки сосудов [11,19], механика нелинейных биоматериалов [17,18], пороупругое взаимодействие [14,15,20,27], задачи кардиоэлектромеханики [1,9], задачи фильтрации [7,8,20,24,27], проблемы безопасного захоронения радиоактивных отходов [2,10,27].

Новизна предложенных численных методов заключается в их устойчивости, которая обеспечивает сохранение точности дискретизации

на стыках сеток с разными пространственными разрешениями или разными типами ячеек.

Актуальность предложенных технологий обеспечивается существенной экономией вычислительных ресурсов при совместном моделировании нескольких физических и физико-химических процессов в медицине (тромбозмболия, кардиоэлектромеханика, механика биоматериалов и сердечного клапана) и геофизике (безопасное захоронение радиоактивных отходов, гидроразрыв пласта, анализ керна) на суперкомпьютерных вычислительных системах.

Работа поддержана грантами РФФИ 21-71-20024, 21-71-30023. Защищено две кандидатские диссертации Р.М. Янбарисовым и Д.В. Ануприенко.

Опубликованные статьи:

[1] Danilov A.A., Liogky A.A., Syomin F.A.. Temporally and spatially segregated discretization for a coupled electromechanical myocardium model // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 39(5), 243-258, (2024)

[2] Капырин И.В., Болдырев К.А. Моделирование процессов переноса с учетом химических взаимодействий в программном комплексе GeRa. // Радиоактивные отходы. 2024. No.1 (26). С. 84-92.

- [3] Konshin I., Terekhov K., Vassilevski Yu. Strategies with algebraic multigrid method for coupled systems // *Lobachevskii Journal of Mathematics*, 2024, Vol. 45, No. 1, pp. 251-261.
- [4] Terekhov K.M., Butakov I.D., Danilov A.A., Vassilevski Yu.V. Dynamic adaptive moving mesh finite-volume method for the blood flow and coagulation modeling // *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, e3731, (2023).
- [5] I.N. Konshin, K.M. Terekhov. Block Algebraic Multigrid Method for Saddle-Point Problems of Various Physics // *Supercomputing: 9th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2023*, (2023)
- [6] I.D. Butakov, K.M. Terekhov. Two Methods for the Implicit Integration of Stiff Reaction Systems // *Computational Methods in Applied Mathematics* 23 (1), 83-92 (2023)
- [7] K.M. Terekhov. Pressure-correction projection method for modelling the incompressible fluid flow in porous media // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling* 38 (4), 241-265, (2023)
- [8] L. Li, M. Khait, D. Voskov, K.M. Terekhov, A. Abushaikha. Applying Massively Parallel Interface for MPFA scheme with advanced linearization for fluid flow in porous media // *Journal of Petroleum Science and Engineering* 220, 111190 (2023)
- [9] A. A. Liogky, A. Y. Chernyshenko, A. A. Danilov, F. A. Syomin. CarNum: parallel numerical framework for computational cardiac electromechanics. *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, 38(3), 127-144. (2023)
- [10] I.V. Kapyrin. Particle tracking for face-based flux data on general polyhedral grids with applications to groundwater flow modelling // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling* 38 (3), 115-126 (2023)
- [11] A. Lozovskiy, M.A. Olshanskii, Yu.V. Vassilevski. A finite element scheme for the numerical solution of the Navier–Stokes/Biot coupled problem // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling* 37 (3), 159-174, (2022)
- [12] I.N. Konshin, K.M. Terekhov. Distributed Parallel Bootstrap Adaptive Algebraic Multigrid Method *Supercomputing: 8th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2022*, (2022)
- [13] K.M. Terekhov. Pressure boundary conditions in the collocated finite-volume method for the steady Navier–Stokes equations // *Computational Mathematics and Mathematical Physics* 62 (8), 1345-1355, (2022)
- [14] K.M. Terekhov, Y.V. Vassilevski. Finite volume method for coupled subsurface flow problems, II: Poroelasticity // *Journal of Computational Physics* 462, 111225, (2022)
- [15] D. Anuprienko. Parallel Efficiency for Poroelasticity // *Russian Supercomputing Days*, 225-236 (2022)
- [16] Yu.V. Vassilevski, K.M. Terekhov. Nonlinear Finite Volume Method for the Interface Advection-Compression Problem on Unstructured Adaptive Meshes // *Computational Mathematics and Mathematical Physics* 62 (7), 1041-1058, (2022)
- [17] R. Yanbarisov, Yu. Efremov, N. Kosheleva, P. Timashev, Yu. Vassilevski. Numerical modelling of multicellular spheroid compression: Viscoelastic fluid vs. viscoelastic solid // *Mathematics* 9 (18), 2333, (2021)
- [18] K. Nikitin, Yu. Vassilevski, R. Yanbarisov. An implicit scheme for simulation of free surface non-Newtonian fluid flows on dynamically adapted grids // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling* 36 (3), 165-176, (2021)
- [19] A. Lozovskiy, M.A. Olshanskii, Yu.V. Vassilevski. A monolithic fluid-porous structure interaction finite element method // *arXiv preprint arXiv:2105.05487*, (2021)
- [20] K.M. Terekhov. General finite-volume framework for saddle-point problems of various physics // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling* 36 (6), 359-379, (2021)
- [21] K.M. Terekhov. Collocated finite-volume method for the incompressible Navier–Stokes problem. // *Journal of Numerical Mathematics* 29 (1), 63-79 (2021)
- [22] K.M. Terekhov. Fully-implicit collocated finite-volume method for the unsteady incompressible Navier–Stokes problem // *Numerical Geometry, Grid Generation and Scientific*

- Computing: Proceedings of the 10th International Conference, NUMGRID 2020/Delaunay 130, Celebrating the 130th Anniversary of Boris Delaunay, Moscow, Russia (2021)
- [23] K. Terekhov. Greedy dissection method for shared parallelism in incomplete factorization within INMOST platform // Supercomputing: 7th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2021, Moscow (2021)
- [24] I. Konshin, K. Terekhov. Solution of large-scale black oil recovery problem in parallel using INMOST platform // Supercomputing: 7th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2021, Moscow, (2021)
- [25] I. Konshin, K. Terekhov. Sparse system solution methods for complex problems // Parallel Computing Technologies: 16th International Conference, PaCT, (2021)
- [26] I. Konshin, V. Kramarenko, G. Neuvazhaev, K. Novikov. Parameters Optimization of Linear and Nonlinear Solvers in GeRa Code // Supercomputing: 7th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2021, Moscow, (2021)
- [27] Yu. Vassilevski, K. Terekhov, K. Nikitin, I. Kapyrin. Parallel finite volume computation on general meshes // Springer International Publishing (2020)

Исполнители работ:

Ануприенко Д.В., Бутаков Д.И., Данилов А.А., Капырин И.В., Коньшин И.Н., Лёгкий А.А., Лозовский А.В., Терехов К.М., Янбарисов Р.М.

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

## 2. Крупные результаты научных исследований ИВМ РАН

**Построены принципиально новые методы построения матричных и тензорных приближений малого ранга для класса норм, в том числе чебышевской нормы, важнейших для задач вычислительной математики, алгоритмов обработки больших данных и искусственного интеллекта. Получено теоретическое обоснование их эффективности, подводятся определенный итог развитию методов крестовых строчно-столбцовых аппроксимаций, начатому в ИВМ РАН более 30 лет назад.**

### Аннотация

Введено важное понятие двумерного альтернанса ранга  $r$  и доказано, что его наличие является необходимым условием для оптимального приближения ранга  $r$ . В качестве базового подхода к поиску наилучшего приближения ранга  $r$  вида  $UV^T$  с матрицами  $U \in R^{m \times r}$  и  $V \in R^{n \times r}$  был предложен итерационный алгоритм, в котором попеременно фиксируется один из факторов, а другой определяется из решения чебышевской задачи наилучшего равномерного приближения. Показано, что при незначительных ограничениях итерационный алгоритм сходится, а его предельные точки удовлетворяют условиям двумерного альтернанса. В частном случае приближений ранга 1 показано, что множество мощность множества предельных точек алгоритма конечна и содержит оптимальное приближение. Особую ценность проведенным исследованиям придает разработка эффективной реализации метода. В окончательном варианте сложность одной итерации алгоритма пропорциональна произведению размера матрицы и ранга приближения. Таким образом, даже для матриц размера несколько тысяч сложность предложенного метода оказывается сравнимой со сложностью SVD алгоритма.

Наличие эффективного вычислительного метода означает появление важного исследовательского инструмента и открывает ранее недостижимые возможности в использовании матричных чебышевских приближений. Очевидными практическими областями применения данного подхода являются приближения малого ранга для матриц объект-

признак, возникающих в рекомендательных системах, а также методы оптимальной квантизации данных (то есть способы приближения данных минимально возможным числом бит).

Проведено исследование точности столбцовых и крестовых матричных приближений малого ранга. Предложены оригинальные методы получения верхних и нижних оценок точности крестовых и столбцовых матричных приближений в случае различных унитарно инвариантных норм и нормы Чебышева. Показано, что в то время как поиск в матрице подматриц почти максимального объема (то есть, подматриц с почти наибольшим значением модуля определителя) является NP-сложной задачей, поиск подматриц почти локально максимального объема, то есть таких подматриц, объем которых почти превосходит объем любой подматрицы, которая может быть получена из данной путем замены одной строки и/или одного столбца, можно осуществить за полиномиальное время. Доказано, что подматрицы локально максимального объема гарантируют получение крестовых приближений заданной высокой точности, а вычислительная сложность финальных алгоритмов, позволяющих достичь указанной точности, является наименьшей среди всех известных, включая широкий класс рандомизированных алгоритмов. В случае, когда крестовые и столбцовые приближения строятся по неполному набору элементов матрицы, получены вероятностные оценки на точность получаемых приближений.

Научный руководитель работ – академик Тыртышников Е.Е.

### **Впервые вычислены и исследованы оптимальные возмущения стационарных решений модели динамики гепатита В.**

#### **Аннотация**

Вычислены оптимальные возмущения ряда характерных стационарных решений модели динамики инфекции, вызванной вирусами гепатита В. Эта модель представляет собой калиброванную версию модели противовирусного иммунного ответа Марчука-Петрова. Выбирались, во-первых, стационарные решения, соответствующие различным формам хронического течения заболевания и учитывающие иммунный статус человека, во-вторых, решения, соответствующие режиму низкоуровневой персистенции вируса. Во втором случае оптимальные возмущения применялись для снижения тяжести заболевания и улучшения характеристик иммунного контроля инфекции, а также для активации иммунологической памяти. Исследовано влияние на решение малых возмущений начальных значений различных групп переменных. Показана возможность перехода с помощью оптимальных возмущений из устойчивых стационарных состояний, отвечающих хроническим формам гепатита В, в устойчивые стационарные состояния, отвечающие состоянию функционального выздоровления либо здорового организма, с учетом применяемых в настоящее время терапевтических препаратов.

Khristichenko M.Yu., Nечepurenko Yu.M., Mironov I.V., Grebennikov D.S. and Bocharov, G.A. Computation and analysis of optimal disturbances of stationary solutions of the hepatitis B dynamics model // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2024. V. 39, No. 2, p. 83-96.

Исполнители работ: М.Ю. Христиченко, И.В. Миронов, Ю.М. Нечепуренко, Д.С. Гребенников, Г.А. Бочаров.

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

## **Впервые вычислены и исследованы оптимальные возмущения периодических решений модели динамики гепатита В.**

### **Аннотация**

Вычислены оптимальные возмущения ряда характерных периодических решений модели динамики инфекции, вызванной вирусами гепатита В. Эта модель представляет собой калиброванную версию модели противовирусного иммунного ответа Марчука-Петрова. Рассмотренные периодические решения отвечают хроническим рецидивирующим формам заболевания различной периодичности и амплитуды обострений. Показана возможность использования оптимальных возмущений для выхода из области притяжения рассматриваемого периодического решения с помощью минимального воздействия. Выполнен анализ зависимости оптимального возмущения периодического решения от фазы периодического решения. В рамках этого анализа рассмотрены фазы, соответствующие клинически различным периодам развития иммунного ответа и тяжести заболевания, в частности, пика и минимума вирусной нагрузки.

Khristichenko M.Yu., Mironov I.V., Nечepurenko Yu.M., Grebennikov D.S. and Bocharov, G.A. Computation and analysis of optimal disturbances of periodic solution of the hepatitis B dynamics model // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2024. V.39, No. 5, p. 289-300.

Исполнители работ:

М.Ю. Христиченко, И.В. Миронов, Ю.М. Нечепуренко, Д.С. Гребенников, Г.А. Бочаров.

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

## **Предложено использовать структурированные псевдоспектры для численного анализа чувствительности собственных значений в задачах пространственной устойчивости пограничных слоев.**

### **Аннотация**

Предложено использовать структурированные псевдоспектры для численного анализа чувствительности собственных значений в задачах пространственной устойчивости пограничных слоев к погрешностям, с которыми задано основное течение. На примере течения вязкой несжимаемой жидкости над вогнутой поверхностью малой кривизны при параметрах течения благоприятных для развития вихрей Гертлера и волн Толлмина-Шлихтинга показано, что полученные оценки чувствительности значительно точнее оценок на основе обычного (неструктурированного) псевдоспектра.

Демьянко К.В., Засько Г.В., Нечепуренко Ю.М. Структурированные псевдоспектры в задачах пространственной устойчивости пограничных слоев // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2024, Т. 64, № 8, С. 1474-1483.

Demyanko K.V., Nечepurenko Yu.M., Zasko G.V., Structured pseudospectra in problems of spatial stability of boundary layers // Comput. Math. Math. Phys., 2024, V. 64, N. 8, P. 1785-1795.

Исполнители работ: К.В. Демьянко, Г.В. Засько, Ю.М. Нечепуренко.

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

**Показано, что генерация оптимального возмущения с помощью вдува–отсоса через стенки существенно более затратна, чем генерация волн Толлмина–Шлихтинга.**

#### Аннотация

Предложен оригинальный численный матричный метод решения задач оптимального управления для линейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Работа метода продемонстрирована на примере задачи генерации заданного малого возмущения течения Пуазейля в канале квадратного сечения с помощью вдува–отсоса через стенки. Проведено сравнение затрат на создание ведущей моды и оптимального возмущения, представляющее самостоятельный интерес. При этом использован функционал затрат на генерацию возмущения, пропорциональный среднеквадратичной скорости вдува–отсоса. Впервые показано, что генерация оптимального возмущения требует значительно больших затрат, чем генерация ведущей моды.

Chechkin I.G., Demyanko K.V., Nечepurenko Yu.M. Numerical solution of optimal control problems for linear systems of ordinary differential equations. Russ. J. Num. Anal. Math. Model. 39 (4) 2024, 175-185. <https://doi.org/10.1515/rnam-2024-0017> (Wos, Scopus, Q4)  
Demyanko K.V., Nечepurenko Yu.M., Chechkin I.G. Comparison of the costs for generating the Tollmien-Schlichting waves and optimal disturbances using optimal blowing-suction. Doklady Mathematics. 110, 2024. (Q3, Scopus Q2)

Исполнители работ: К.В. Демьянко, Ю.М. Нечепуренко, И.Г. Чечкин.

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

**Разработаны эффективные методы и алгоритмы вариационного усвоения данных в задачах геофизической гидродинамики, устойчивые к неопределенностям входных данных.**

#### Аннотация

Исследованы задачи вариационного усвоения данных для математических моделей геофизической гидродинамики, в том числе гидротермодинамики океанов и морей, описываемых системами нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, с целью оценки неизвестных входов моделей: начального состояния системы, граничных условий, функций источников, распределенных коэффициентов и др. Дано развитие существующих в ИВМ РАН численных алгоритмов и программ для решения задач усвоения данных наблюдений в модели гидротермодинамики океана, проведен анализ устойчивости оптимальных оценок и функционалов в задаче вариационного усвоения к неопределенностям входных данных для моделей геофизической гидродинамики, проведено исследование глобальной чувствительности решений задач вариационного усвоения к входным данным, разработаны алгоритмы устойчивого оценивания в задачах вариационного усвоения данных, дано применение разработанных методологий и алгоритмов для исследования и численного решения прикладных задач усвоения данных для конкретных акваторий Мирового океана.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ 20-11-20057 «Анализ и разработка устойчивых алгоритмов вариационного усвоения данных в задачах геофизической гидродинамики».

1. В.П. Шутяев, Е.И. Пармузин. Чувствительность функционалов к входным данным в задаче вариационного усвоения для модели термодинамики моря // СибЖВМ, 2024, т.27, №1, с.97-112.
2. В.П. Шутяев, Е.И. Пармузин. Чувствительность функционалов задачи вариационного усвоения данных при восстановлении начального состояния и потока тепла для модели термодинамики моря // ЖВМ и МФ, 2024, т.64, №1, 176-186.
3. Shutyaev, V.; Zalesny, V.; Agoshkov, V.; Parmuzin, E.; Zakharova, N. Four-dimensional variational data assimilation and sensitivity of ocean model state variables to observation errors. J. Mar. Sci. Eng., 2023, v.11, 1253.
4. I.Gejadze, V. Shutyaev, H.Oubanas, P.-O.Malaterre. A Bayesian-variational cyclic method for solving estimation problems characterized by non-uniqueness (equifinality). Journal of Computational Physics, 2023, v.488, 112239.
5. Пармузин Е.И., Шутяев В.П. Чувствительность функционалов от решения задачи вариационного усвоения к входным данным о потоке тепла для модели термодинамики моря // ЖВМ и МФ, 2023, т.63, №4, с. 657-666.
6. V.P. Shutyaev, E.I. Parmuzin, I.Yu. Gejadze. Study of the local sensitivity of functionals of the optimal solution to observational data and the heat flux input data in a variational assimilation problem for the sea thermodynamics model. Russ. J. Numer. Anal. Math. Modeling, 2023, v.38, no.6, pp. 1-11.
7. Шутяев В.П., Пармузин Е.И. Вариационное усвоение данных для модели термодинамики моря и чувствительность морских характеристик к ошибкам наблюдений // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2023, т.59, №6, с. 815–824.

Научные руководители работ – д.ф.-м.н. Агошков В.И., д.ф.-м.н. Шутяев В.П.

## **Разработана математическая модель развития психических заболеваний у индивида.**

### **Аннотация**

Согласно данным ВОЗ психические заболевания занимают третье место среди нозологий по вызванным ими потерям лет здоровой жизни человека. Потери, связанные с психическими заболеваниями, существенно увеличились за последние 10 лет. Нами разработаны математическая модель развития депрессии и тревожности у индивида и модель распространения этих заболеваний в популяции при увеличении психологического стресса.

Romanyukha, A.A., Novikov K.A., Avilov K.K., Nestik T.A., Sannikova T.E. (2023). The trade-off between COVID-19 and mental diseases burden during a lockdown: Mathematical modeling of control measures. Infectious Disease Modelling. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2023.04.003>

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

**Разработана и калибрована математическая модель совместной динамики внутриклеточного размножения и дефектных вирусных частиц SARS-CoV-2. Определены характеристики подавления размножения инфекционных вирионов дефектными вирусными частицами.**

#### Аннотация

Вирусы SARS-CoV-2 по-прежнему представляет глобальную угрозу здоровью человека из-за продолжающегося появления новых штаммов и ослабления иммунитета среди вакцинированного населения. Актуальным является изучение потенциальных противовирусных средств, таких как дефектные интерферирующие вирусные частицы (DIPs). Нами сформулирована и калибрована модель в виде системы нелинейных ОДУ, которая описывает репликацию вируса SARS-CoV-2 дикого типа (WT) в присутствии (ко-инфекции) DIPs. С помощью модели предсказано влияние ко-инфекции DIP на репликацию инфекционных вирусов WT, в частности то, как доза DIP влияет на количество произведенных вирусных частиц WT и вероятность развития продуктивной инфекции. Результаты моделирования могут быть использованы в качестве рационального руководства при разработке разнообразных вариантов DIPs и режимов их применения в качестве терапевтического средства при неблагоприятных формах течения COVID-19.

Locke M, Grebennikov D, Sazonov I, López-García M, Loguinova M, Meyerhans A, Bocharov G, Molina-París C. Exploring the Therapeutic Potential of Defective Interfering Particles in Reducing the Replication of SARS-CoV-2. *Mathematics*. 2024; 12(12):1904. <https://doi.org/10.3390/math12121904>.

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

**Модель климата ИВМ РАН подготовлена для участия в программе международного сравнения климатических моделей CMIP7.**

#### Аннотация

В модели климата все блоки были настроены так, чтобы наилучшим образом воспроизводить современный климат и его наблюдаемые изменения в последние 100 лет. В частности, блок наземного углеродного цикла дополнен учетом цикла азота и землепользования. В аэрозольном блоке используются новые оптические свойства основных аэрозолей. Параметризации перемешанного слоя в океане и фонового перемешивания настроены так, чтобы правильно воспроизводить современное состояние океана. Параметризация облачности в атмосфере настроена так, чтобы равновесная чувствительность модели к удвоению концентрации CO<sub>2</sub> составляла около 3 градусов, а неравновесная - около 1.75 градуса. В такой конфигурации модель готова к следующей фазе международного сравнения климатических моделей.

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

**Проведена оценка возможности реорганизации термохалинного состояния и структуры циркуляции в Северном Ледовитом океане и Северной Атлантике в условиях длительного экстремального атмосферного воздействия.**

#### Аннотация

С помощью идеализированных численных экспериментов по модели циркуляции INMOM проведена оценка возможности реорганизации термохалинного состояния и структуры циркуляции в Северном Ледовитом океане и Северной Атлантике. Актуальность такого исследования продиктована наличием огромного объёма пресной воды, накопленной в вихре Бофорта за последние 30 лет из-за экстремального таяния морских льдов и увеличения речного стока. В гипотетическом случае быстрого выброса в Атлантику этот объем пресной воды может, как минимум, вызвать сильную аномалию солёности, аналогичную Великой солёностной аномалии в 1970-х годах, что может негативно повлиять на интенсивность меридиональной циркуляции и похолоданию климата в Северном полушарии. Для определения возможных последствий долгосрочного атмосферного воздействия с экстремальными характеристиками были проведены два идеализированных модельных эксперимента с использованием атмосферных характеристик над СЛО разнонаправленного типа: циклонического (на примере 1989 года) и антициклонического (на примере 2004 года). Результаты показали, что длительное сохранение “циклонического” воздействия способно существенно изменить солёность в верхнем слое океана. Однако это не приводит к немедленному массовому оттоку пресной воды из СЛО через проливы Фрама и Датский, поскольку значительная часть накопленной в море Бофорта пресной воды распространяется по всему СЛО, не достигая пролива Фрама. Тем не менее, подтверждена тенденция к опреснению верхнего слоя океана в приполярной СА за счёт притока пресной воды из СЛО.

Ivanov V., Gusev A., Diansky N., Sukhonos P. Modelled response of Arctic and North Atlantic thermohaline structure and circulation to the prolonged unidirectional atmospheric forcing over the Arctic Ocean // *Climate Dynamics*. 2024 V.62. N.7. P.6841–6860. <https://doi.org/10.1007/s00382-024-07239-6>

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

**Изучены вклады геострофической и ветровой составляющих динамики вод Южного океана в формирование средней климатической структуры Антарктического Циркумполярного течения. Изучена изменчивость положения купола температуры глубинной воды моря Уэдделла в зависимости от интенсивности циклонического поля ветра.**

#### Аннотация

С помощью вихредопускающей версии модели общей циркуляции океана INMOM-G025 (Institute of Numerical Mathematics Ocean Model, Global area of 0.25° resolution) на основе результатов численных расчётов, выполненных по методу А.С. Саркисяна «диагноз-адаптация», проведены исследования вкладов геострофической и ветровой составляющих динамики вод Южного океана в формирование средней климатической структуры Антарктического Циркумполярного течения (АЦТ). Расчёты циркуляции были проведены для летних (февраль) и зимних (август) условий Южного полушария на основе данных реанализа EN4 по температуре и солёности за климатический период с 1993 по 2012 гг. Анализ результатов расчётов показал, что, несмотря на сильные ветры над Южным океаном, геострофическая составляющая циркуляции, как правило,

намного сильнее ветровой. Тем не менее, вклад ветровой составляющей в увеличение приповерхностной зональной скорости может достигать 15–20% от геострофической скорости. Показано, что ветровое воздействие способствует понижению средней динамической топографии (СДТ) от открытого океана до побережья Антарктиды. Ветровой вклад в формирование структуры баротропной функции тока выражен сильнее, чем в СДТ. Интенсивность геострофического переноса вод в АЦТ в летний и зимний периоды примерно одинакова. Под влиянием ветра общий поток АЦТ вокруг Антарктиды увеличивается в среднем на 10–15 Св летом и на 15–20 Св зимой. Продemonстрировано, что АЦТ имеет ярко выраженную трёхструйную структуру, которая обусловлена их квазигеострофической природой.

Изучена изменчивость положения купола глубинной воды моря Уэдделла по данным EN4 по температуре и солёности для среднемесячных февральских и августовских условий в 1993–2012 гг. в зависимости от напряжения трения ветра, рассчитанного по данным JRA55-do. Сам купол рассматривается в районе 60°–67° S и 10°–25° W. Диапазон потенциальных температур в слое Глубинной воды моря Уэдделла 0.02–0.2°С. Наблюдаемый среднефевральский с 1993 по 2012 гг. купол изотерм и изопикн формируется как следствие интенсификации термохалинной циркуляции в целом, так и ветровой циркуляции вод в море Уэдделла. Под воздействием сезонной изменчивости циклонического характера и интенсивности ветрового поля изотермы испытывают периодический подъем и опускание. Вытекание Глубинной воды моря Уэдделла в основном происходит через Оркнейский проход с глубиной поперечного хребта около 3600 м. В зависимости от поднятия или опускания изотерм в районе этого прохода в море Скоша поступают более теплые или более холодные Антарктические донные воды.

1. Багатинская В.В., Дианский Н.А., Багатинский В.А., Гусев А.В., Морозов Е.Г. Геострофическая и дрейфовая составляющие динамики вод Южного океана ВМУ // Серия 3. Физика. Астрономия. 80(1), 2510901 (2025).
2. Morozov E. G., Bagatinskaya V. V., Bagatinsky V. A., Diansky N. A. Variability of the Temperature Dome of Weddell Sea Deep Water Depending on the Intensity of the Cyclonic Wind Field // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2024, Vol. 60, No. 5, pp. 579–595.

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

### **Разработана модель динамики атмосферы нового поколения.**

#### **Аннотация**

В ИВМ РАН совместно с Гидрометцентром России разработана модель динамики атмосферы нового поколения для прогноза погоды с разрешением 3–5 км по горизонтали и моделирования климата с разрешением 20 км (в перспективе шаг сетки планируется уменьшать до 3–5 км, чтобы разрешать отдельные облачные кластеры). На сетке с квазиравномерным разрешением на сфере построена устойчивая конечно-разностная пространственная аппроксимация уравнений динамики атмосферы высокого порядка точности, для которой выполняются законы сохранения массы и энергии. Модель испытана на общепринятых идеализированных задачах, показала результаты, соответствующие передовому мировому уровню. Показана эффективная масштабируемость как минимум до 7000 ядер. В модели заложена возможность локального повышения разрешения сетки. Полученные результаты, в перспективе, будут способствовать повышению точности прогноза погоды, в том числе прогноза опасных явлений высокой интенсивности и малого пространственного масштаба.

Shashkin V.V., Goyman G. S., Tolstykh M.A., Summation-by-parts finite-difference shallow water model on the cubed-sphere grid. Part I: Non-staggered grid // Journal of Computational Physics, Volume 474, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2022.111797>.

Shashkin V.V., Goyman G.S., Tretyak I.D. Development of the Next-generation Atmosphere Dynamics Model in Russia: Current State and Prospects // Lobachevskii J Math 45, 3159–3172 (2024). <https://doi.org/10.1134/S1995080224603746>

Tretyak I.D., Goyman G.S., Shashkin V.V. Multiresolution approximation for shallow water equations using summation-by-parts finite differences // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, vol. 38, no. 6, 2023, pp. 393-407. <https://doi.org/10.1515/mam-2023-0030>.

Исполнители работ: В.В. Шашкин, Г.С. Гойман, И.Д.Третьяк

Научный руководитель работ – к.ф.-м.н. Шашкин В.В.

**Разработана новая версия модели Земной системы ИВМ РАН. Получены уточненные оценки чувствительности Земной системы к внешним воздействиям.**

#### Аннотация

Разработана новая версия модели Земной системы ИВМ РАН (INM-CM6). В модели пересмотрена параметризация облачности, используются новые оптические свойства основных аэрозолей, добавлено описание малых парниковых газов, блок наземного углеродного цикла дополнен учетом цикла азота и землепользования, параметризации перемешанного слоя в океане и фонового перемешивания настроены так, чтобы правильно воспроизводить современное состояние океана. С моделью проведены эксперименты по моделированию современного климата (доиндустриальный и исторический эксперименты проекта CMIP6). Показано, что воспроизведение современного климата в модели значительно улучшено по сравнению с предыдущей версией (INM-CM5).

Выполнены расчеты по моделированию климата Земли в 19-21 веках согласно основным сценариям IPCC: SSP1-2.6 (умеренный), SSP2-4.5 (инерционный), SSP3-7.0 (региональное соперничество), SSP5-8.5 (энергетическая экспансия), а также сценариев ИНП РАН, предполагающих 1%, 2% и 3% размер затрат мировой экономики (по отношению к мировому ВВП) на проведение мер по ее декарбонизации. Уточненные оценки показывают, что сценарии SSP1-2.6, ИНП3% и ИНП2% позволяют остановить рост глобальной температуры к 2100 году в пределах 2.2, 2.6, 2.9 +/- 0.3C. При более жестких антропогенных нагрузках на климатическую систему рост глобальной температуры в 21 веке не прекращается, а постоянный арктических лед к 2060-70 гг исчезает. Предполагается, что данная версия модели климата ИВМ РАН примет участие в программе международного сравнения климатических моделей CMIP7.

Gritsun Andrey S., Volodin Evgeny M., Bragina Vasilisa V., Tarasevich Maria A. "Simulation of modern and future climate by INM-CM6M" Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, vol. 39, no. 6, 2024, pp. 329-341. <https://doi.org/10.1515/rnam-2024-0028>

Volodin Evgeny M., Blagodatskikh Dmitry V., Bragina Vasilisa V., Chernenkov Alexey Yu., Chernov Ilya A., Ezhkova Alisa A., Fadeev Rostislav Yu., Gritsun Andrey S., Iakovlev Nikolay G., Kostykin Sergey V., Onoprienko Vladimir A., Petrov Sergey S., Tarasevich Maria A., Tsybulin, Ivan V. "Computational framework for the Earth system modelling and the INM-CM6 climate model implemented on its base" // Russian Journal of Numerical Analysis

Исполнители работ: Володин Е.М., Грицун А.С., Яковлев Н.Г., Благодатских Д.В., Брагина В.В., Ежкова А.А., Кострыкин С.В., Оноприенко В.А. Петров С.С., Тарасевич М.А., Фадеев Р.Ю., Цыбулин И.В., Черненко А.Ю.

Научный руководитель работ – д.ф.-м.н. Грицун А.С.

**Созданы ключевые элементы новой цифровой платформы для программного комплекса национальной климатической модели, ориентированной на использование существующих и перспективных суперкомпьютерных вычислительных систем.**

#### Аннотация

Работы выполнены в рамках молодежной лаборатории «Суперкомпьютерные технологии математического моделирования Земной системы». Основным направлением работы лаборатории является разработка современной цифровой платформы для программного комплекса национальной климатической модели, ориентированной на использование существующих и перспективных суперкомпьютерных вычислительных систем с массивно-параллельной гибридной (CPU+GPU) архитектурой. В результате работ 2023-24гг. созданы ключевые элементы новой цифровой платформы: система поддержки и управления версиями, кроссплатформенная система автоматической сборки модели из исходного кода, библиотека программных средств обменов данными на параллельных вычислительных системах, библиотека программных средств параллельных ввода и вывода, система диагностического тестирования модели, внешний управляющий модуль и модуль, обеспечивающий совместную работу компонентов модели (каплер). Проведена существенная оптимизация программной реализации компонент модели, осуществлен перевод части вычислений на графические процессоры. Итогом работ лаборатории явилось значительное повышение вычислительной эффективности программного кода модели Земной системы и обеспечено внедрение в ее программный комплекс современных IT стандартов.

1. Volodin E.M. et. al. Computational framework for the Earth system modelling and the INM-CM6 climate model implemented on its base // Rus. J. Num. Anal. Math. Mod. V39, N6, P. 379-392, 2024, DOI:10.1515/rnam-2024-0032.
2. Bragina, V., Volodin, E., Chernenkov, A., Tarasevich, M. Simulation of climate changes in Northern Eurasia by two versions of the INM RAS Earth system model // Clim Dyn. 62, 7783–7797 (2024), DOI: 10.1007/s00382-024-07306-y.
3. Shashkin, V.V., Goyman, G.S. Tretyak, I.D. Development of the Next-generation Atmosphere Dynamics Model in Russia: Current State and Prospects // Lobachevskii J Math 45, 3159–3172 (2024), DOI: 10.1134/S1995080224603746.
4. Fadeev R. Evaluation of 2010 heatwave prediction skill by SLNE coupled model // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2024; 39(4): 199-208, DOI: 10.1515/rnam-2024-0019.
5. Fadeev, R.Y., Stepanenko, V.M. Numerical Aspects and Implementation of LAKE Scheme into a Global Atmospheric Model SLAV // Lobachevskii J Math 45, 2248–2261 (2024), DOI: 10.1134/S1995080224602601.

Исполнители работ: Кулямин Д.В., Благодатских Д.В., Брагина В.В., Володин Е.М., Гойман Г.С., Ежкова А.А., Оноприенко В.А. Тарасевич М.А., Третьяк И.Д., Фадеев Р.Ю., Цыбулин И.В., Черненко А.Ю.

Научный руководитель работ— к.ф.-м.н. Кулямин Д.В.

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

**Модель климата ИВМ РАН подготовлена для участия в программе международного сравнения климатических моделей CMIP7.**

#### **Аннотация**

В модели климата все блоки были настроены так, чтобы наилучшим образом воспроизводить современный климат и его наблюдаемые изменения в последние 100 лет. В частности, блок наземного углеродного цикла дополнен учетом цикла азота и землепользования. В аэрозольном блоке используются новые оптические свойства основных аэрозолей. Параметризации перемешанного слоя в океане и фонового перемешивания настроены так, чтобы правильно воспроизводить современное состояние океана. Параметризация облачности в атмосфере настроена так, чтобы равновесная чувствительность модели к удвоению концентрации CO<sub>2</sub> составляла около 3 градусов, а неравновесная - около 1.75 градуса. В такой конфигурации модель готова к следующей фазе международного сравнения климатических моделей.

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

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

В 2024 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»**

Исследована эффективность интерполяционного и мозаично-скелетонного методов для приближения плотных матриц, возникающих при решении интегральных уравнений (академик Тыртышников Е.Е.).

Для решения интегрального уравнения в задаче дифракции электромагнитной волны на идеально проводящем объекте применены малоранговые аппроксимации к большой плотной матрице. В случае большого волнового числа матрица системы становится плохо обусловленной, поэтому для решения системы итерационным методом с такой матрицей построены два вида предобуславливателей, в основе которых лежат блочно-разреженные матрицы. Для хранения множителей LU разложения матрицы предобуславливателя применены малоранговые аппроксимации. Предобуславливатели позво-

лили получить решение задачи дифракции на идеально-проводящем объекте в 120 длин волн (к.ф.-м.н. Ставцев С.Л.).

В рамках разработки пакета SMpack (a package for work with Structured Matrices) введен оптимальный предобуславливатель для решения вещественных и комплексных систем линейных алгебраических уравнений с теплицевыми матрицами.

В рамках разработанного единого подхода к конструированию пар матриц  $(T, H)$ , решающих задачу о  $\sigma$ -коммутировании теплицевой и ганкелевой матриц, найден новый класс решений. Сущность предлагаемого метода состоит в сужении множества всех пар матриц  $(T, H)$  до множеств, объединению которых принадлежат все решения рассматриваемой задачи, после чего задач о  $\sigma$ -коммутировании исследована на каждой конкретной более узкой комбинации наборов  $(T, H)$  (д.ф.-м.н. Чугунов В.Н.).

Предложен метод малой вычислительной сложности построения оптимального по Парето прекодера для современных мобильных систем связи (к.ф.-м.н. Замарашкин Н.Л. совместно с С.В. Петровым).

Предложен способ организации быстрых вычислений в алгоритме ALS для канонического разложения тензоров (к.ф.-м.н. Замарашкин Н.Л. совместно с С.В. Петровым).

Предложен эффективный способ нелинейной компенсации, основанный на приближениях малого ранга для РВМ модели (к.ф.-м.н. Замарашкин Н.Л. совместно с Шелопут Т.О., Желтковым Д.А.).

Предложены новые алгоритмы быстрого получения поэлементно неотрицательны разложений в малоранговом формате тензорного произведения. Данные алгоритмы внедрены в численный метод решения многокомпонентного уравнения Смолуховского, на практике продемонстрировано, что использование предложенных методов позволяет сохранять неотрицательность решения без обработки полного экспоненциального количества элементов, в тензоре численного решения.

Получены результаты по теории золь-гель перехода для мультипликативного ядра агрегации с источником вещества, показаны различия постановки задач о золь-гель переходе в терминах П. Флори и У. Стокмайера. Аналитические результаты по теории золь-гель перехода проверены при помощи ряда численных экспериментов, получены обобщения базовых теорий на случай трехчастичных столкновений с мультипликативными коэффициентами агрегации вещества.

В алгоритмы численного решения задач агрегации-дробления вещества внедрены адаптивные шаги по времени. Использование адаптивных шагов по времени позволяет ускорить расчёты в десятки раз, с использованием высокоточных схем Рунге-Кутты 4-го порядка и метода Рунге-Кутты-Фельдберга на основе смешанной схемы 4-го и 5-х порядков. Тестирование проведено на задачах со стационарными решениями и для случаев с периодическими колебаниями концентраций агрегатов по времени.

Для степенных функций получены новые оценки логарифмического роста QTT-рангов по мере увеличения точности приближений по норме Фробениуса. Полученные теоретические оценки сопоставлены с результатами построения приближений при помощи процедуры TTSVD с различными уровнями точности на практике (к.ф.-м.н. Матвеев С.А.).

Проведен анализ существующих математических моделей и пакетов вычислительных программ, применимых для расчета характеристик электромагнитной и инфракрасной заметности элементов конструкции; разработан усовершенствованный алгоритм физической оптики для расчета эффективной площади рассеяния электродинамической ЭПР идеально-проводящих объектов, основанный на использовании двух расчетных

сеток для анализа взаимной видимости элементов конструкции и аппроксимации поверхностных токов; разработан алгоритм расчета инфракрасной заметности металлических элементов конструкции на основе законов излучения Стефана-Больцмана и Ламберта; разработан алгоритм решения задачи рассеяния электромагнитной волны на диэлектрических объектах и идеально проводящих поверхностях с диэлектрическими накладками с применением метода объемных интегральных уравнений.

Проведены исследования по разработке и обоснованию численных методов решения гиперсингулярных интегральных уравнений с двумерными интегралами. Для двумерного интегрального уравнения с сильной особенностью на плоском экране, возникающего при решении краевой задачи Неймана для уравнения Гельмгольца (Лапласа) на плоском экране построена численная схема, основанная на методе коллокаций и кусочно-линейной аппроксимации неизвестной функции на треугольной конформной сетке. Дано обоснование сходимости численного метода (д.ф.-м.н. Сегуха А.В.).

Дано развитие метода граничных интегральных уравнений в применении к задачам электродинамики, а именно к моделированию излучения сложных антенно-фидерных устройств, имеющих диэлектрические компоненты, активные и пассивные порты (к.ф.-м.н. Третьякова Р.М.).

Исследована невязка в методе Ланцоша при численном решении систем линейных алгебраических уравнений с симметричными знаконеопределёнными матрицами (д.ф.-м.н. Книжнерман Л.А.).

Предложены методы построения чебышевских приближений для тензоров, теоретически изучены их свойства. Предложен быстрый алгоритм решения задачи о наилучшем равномерном приближении векторов (м.н.с. Морозов С.В.).

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

Разработаны алгоритмы исследования локальной чувствительности функционалов от оптимального решения к данным наблюдений и к входным данным о потоке тепла в задаче вариационного усвоения для модели термодинамики моря. Проведены численные эксперименты по исследованию эффективности разработанных алгоритмов для модели гидротермодинамики моря для конкретных акваторий Мирового океана - Балтийского и Черного морей с вариационным усвоением данных для восстановления потоков тепла на поверхности моря (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Агошковым В.И., Пармузиным Е.И., Захаровой Н.Б.).

Разработаны алгоритмы построения ковариационных операторов ошибок оптимального решения для задачи вариационного усвоения данных с целью восстановления потоков тепла для модели термодинамики моря (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Геджадзе И.Ю.).

Разработаны алгоритмы учета ошибок модели при вариационном усвоении данных, проведено численное исследование алгоритмов для конкретных задач вариационного усвоения данных (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Геджадзе И.Ю.).

Проведены численные эксперименты по решению задач вариационного усвоения данных с учетом ковариационных матриц ошибок для конкретных акваторий Мирового океана (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Пармузиным Е.И.).

Проведено исследование чувствительности функций отклика к данным наблюдений в задаче вариационного усвоения данных для модели гидродинамики совместно с задачей о распространении загрязнения на основе построения градиента и гессиана рас-

смаатриваемого функционала (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Tran Thu Ha, Hong Son Hoang, Nguyen Hong Phong).

Исследованы алгоритмы численного решения класса задач вариационной ассимиляции данных наблюдений о гидротермодинамических характеристиках океанов и морей и проведены численные эксперименты в выбранных акваториях Мирового океана (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Пармузиным Е.И., Захаровой Н.Б.).

Разработана методология учета данных наблюдений из различных источников в процедурах вариационной ассимиляции и его применение в численной модели гидротермодинамики Черного, Азовского и Мраморного морей; тестирование разработанного метода (д.ф.-м.н. Агошков В.И. совместно с Пармузиным Е.И., Лёзиной Н.Р.).

Разработан алгоритм вариационной ассимиляции данных наблюдений для выделенных акваторий (Азовское море, Мраморное море) для учета их гидрологических и термодинамических особенностей (д.ф.-м.н. Агошков В.И. совместно с Пармузиным Е.И., Лёзиной Н.Р., Фоминым В.В.).

Разработаны алгоритмы учета среднесуточных данных наблюдений в процедурах вариационной ассимиляции. Проведены численные эксперименты и проанализированы результаты расчетов (Агошков В.И., Шутяев В.П., Пармузин Е.И., Захарова Н.Б., Шелопут Т.О., Лёзина Н.Р.).

Проведена верификация используемых методов ассимиляции в модели гидротермодинамики Черного, Азовского и Мраморного морей по данным наблюдений из различных источников, в том числе с буев ARGO (к.ф.-м.н. Пармузин Е.И. совместно с Захаровой Н.Б., Лёзиной Н.Р.)

Разработан алгоритм учета среднесуточных данных наблюдений в процедурах вариационной ассимиляции мгновенных данных со спутников, проведены численных эксперименты с одновременным усвоением среднесуточных и мгновенных данных наблюдений, проанализированы результаты расчетов. (к.ф.-м.н. Пармузин Е.И. совместно с Агошковым В.И.)

Построены среднегодовые, сезонные, среднемесячные поля температуры, рассчитанные по модели INMOM с использованием ассимиляции данных наблюдений (к.ф.-м.н. Пармузин Е.И.).

Проведен контроль данных о температуре поверхности моря (ТПМ) с космического аппарата МЕТЕОР-М по данным с других источников: данным in-situ и данным с других спутников (Aqua, Terra, Suomi NPP) (совместно со студентом Б.Шевченко).

Проведена верификация используемых методов ассимиляции в модели гидротермодинамики Черного, Азовского и Мраморного морей по данным наблюдений из различных источников, в том числе с дрейфующих буев ARGO (к.ф.-м.н. Захарова Н.Б. совместно с Макарычевым В., Пармузиным Е., Фоминым В.).

Разработаны новые способы задания весовых коэффициентов "корректировки данных" в функционале стоимости в алгоритмах ассимиляции для учета ошибок используемых данных наблюдений о ТПМ с различных спутников (к.ф.-м.н. Захарова Н.Б. совместно с Лёзиной Н., Пармузиным Е.).

Проведено исследование алгоритма вариационной ассимиляции данных с целью нахождения оптимального периода усвоения в задачах моделирования гидротермодинамики моря (к.ф.-м.н. Захарова Н.Б. совместно с Пармузиным Е.И., Лёзиной Н.Р.).

Исследована задача поиска коэффициентов возмущений PBM (Perturbation Based Model) модели для компенсации нелинейных искажений в оптическом волокне. Показано, что замена матрицы коэффициентов двумерной модели матрицей малого ранга не

приводит к существенному снижению эффективности фильтрации искажений. Предложены алгоритмы вычисления коэффициентов двумерной модели в виде матрицы малого ранга, сохраняющие симметрии. Предложен алгоритм максимизации взаимной информации; алгоритм предоставляет возможность вычисления набора коэффициентов модели RBM, которые также могут быть использованы для фильтрации нелинейных искажений наряду с коэффициентами, полученными при минимизации второй нормы невязки. Для оценки эффективности алгоритмов были проведены численные эксперименты (к.ф.-м.н. Шелопут Т.О. совместно с Косолаповым И.А., Желтковым Д.А., Замарашкиным Н.Л., Дьяченко Р.Р.).

Предложено усовершенствование разработанного алгоритма сжатия гидрофизических данных, проведена оценка эффективности предложенной модификации и сравнение с существующими подходами, такими как сжатие на основе вейвлет-преобразования (к.ф.-м.н. Шелопут Т.О. совместно с Косолаповым И.А.).

Проведена обработка и сжатие океанологических данных с использованием алгоритмов, основанных на тензорных разложениях для их компактного хранения и возможности быстрого использования в задачах вариационной ассимиляции данных к.ф.-м.н. Шелопут Т.О.).

Проведено исследование структуры коэффициентов RBM модели на основе аналитических формул в предположении о гауссовой форме импульсов. Показано, что наличие в оптическом волокне усилителей существенно ухудшает качество малоранговой аппроксимации (к.ф.-м.н. Шелопут Т.О. совместно с Косолаповым И.А., Дьяченко Р.Р.).

#### **Подтема «Оптимальные методы в задачах вычислительной математики»**

Найдены 4 новых решения задачи о наилучшем трехполосном фильтре, пропущенные исследовавшего эту задачу Э. Штифелем. Доказано, что система решений полна (д.ф.-м.н. Богатырев А.Б.).

Выполнен бифуркационный анализ модели динамики инфекции, вызванной вирусом COVID-19. Получены зависимости стационарных и периодических решений от параметров модели и найдены точки бифуркации Андронова-Хопфа, то есть значения параметров, при которых стационарные решения теряют устойчивость, а в окрестности неустойчивых стационарных решений появляются устойчивые периодические решения. Были впервые найдены устойчивые стационарные и периодические решения модели COVID-19, соответствующие хроническим формам заболевания (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М.).

С помощью предложенных ранее методов были вычислены оптимальные возмущения ряда устойчивых стационарных решений модели COVID-19, соответствующих хроническим формам заболевания. Было исследовано влияние на устойчивое стационарное решение модели COVID-19 малых возмущений начальных значений различных групп переменных. Показана возможность перехода с помощью оптимальных возмущений из устойчивых стационарных решений, отвечающих хроническим формам COVID-19, в окрестность стационарного решения, соответствующего состоянию функционального выздоровления либо здорового организма, с учетом применяемых в настоящее время терапевтических препаратов (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М., Христиненко М.Ю., Бочаров Г.А.).

С помощью предложенных ранее методов были вычислены оптимальные возмущения ряда устойчивых периодических решений модели COVID-19, соответствующих хроническим формам заболевания (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М., Христиненко М.Ю., Бочаров Г.А.).

Предложено использовать структурированные псевдоспектры для численного анализа чувствительности характеристик пространственной устойчивости пограничных слоев к

погрешностям, с которыми задано основное течение. На примере течения вязкой несжимаемой жидкости над вогнутой поверхностью малой кривизны при параметрах течения благоприятных для развития вихрей Гертлера и волн Толлмина-Шлихтинга показано, что полученные оценки чувствительности значительно точнее оценок на основе обычного (неструктурированного) псевдоспектра (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М., Христиченко М.Ю., Бочаров Г.А.).

Предложено использовать структурированные интегральные критерии качества дихотомии для численного анализа чувствительности спектральных проекторов на физически-значимые инвариантные подпространства в задачах пространственной устойчивости пограничных слоев к погрешностям, которыми задано основное течение. На примере течения вязкой несжимаемой жидкости над вогнутой поверхностью малой кривизны при параметрах течения благоприятных для развития вихрей Гертлера и волн Толлмина-Шлихтинга показано, что указанное структурирование позволяет получать более точные оценки, чем на основе неструктурированных интегральных критериев (д.ф.-м.н. Нечепуренко, Засько Г.В.).

Разработана и реализована оригинальная технология анализа линейной устойчивости несжимаемых пограничных слоев над продольно оребренными поверхностями. С ее помощью проведено исследование устойчивости пограничного слоя над продольно оребренной пластиной с эллипсообразным носиком при различных значениях периода и высоты оребрения. В частности, для рассмотренных значений параметров оребрения показано, что его наличие усиливает нарастание возмущений по сравнению с пластиной без оребрения (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М., Демьянко К.В.).

Предложен оригинальный численный матричный метод решения задач оптимального управления для линейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Работа метода продемонстрирована на примере задачи генерации заданного малого возмущения течения Пуазейля в канале квадратного сечения с помощью вдува–отсоса через стенки. Проведено сравнение затрат на создание ведущей моды и оптимального возмущения, представляющее самостоятельный интерес. При этом использован функционал затрат на генерацию возмущения, пропорциональный среднеквадратичной скорости вдува–отсоса. Впервые показано, что генерация оптимального возмущения требует значительно больших затрат, чем генерация ведущей моды (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М., Демьянко К.В.).

Предложен численный метод моделирования распространения оптимальных возмущений вниз по потоку в сжимаемых пограничных слоях над трехмерными аэродинамическими конфигурациями. С помощью этого метода изучено распространение оптимальных возмущений для двух конфигураций: пограничного слоя над стреловидным крылом конечного размаха и пограничного слоя над вытянутым сфероидом. Показано, что зависимость усиления энергии возмущений от волнового числа по размаху имеет два локальных максимума (Нечепуренко Ю.М., Демьянко К.В., Засько Г.В.).

Исследованы методы аппроксимации спектральных и краевых задач, возникающих при анализе устойчивости несжимаемых пограничных слоев. В качестве альтернативы методу коллокации с отображениями, предложен метод Галеркина-коллокаций с функциями Лагерра в качестве базисных и пробных функций. Предложена надежная численная реализация этого метода. Выполнено сравнение методов на примере анализа временной устойчивости пограничных слоев Блазиуса и Экмана. Показано, что предложенный метод Галеркина-коллокаций обеспечивает показательную сходимость скалярных характеристик устойчивости и имеет ряд преимуществ (к.ф.-м.н. Засько Г.В.).

Разработана и реализована полуаналитическая модификация метода граничных элементов для трехмерных уравнений Стокса. Проведены численные расчеты о движении

жидкости в замкнутой камере под действием вращающегося импеллера, о движении взвеси и пузырьков воздуха с учетом процесса налипания.

Численно исследована задача динамики жидкости, заключенной между двумя соосными цилиндрами, из которых внутренний вращается с постоянной угловой скоростью, а внешний покоится на основе КГД-уравнений. В том числе для некоторой выбранной (закритичной) вязкости построено неустойчивое подпространство в окрестности течения Куэтта. Это позволило показать, что общая картина глобальной динамики образующихся вихрей Тейлора полностью определяется имеющимися в системе неустойчивыми модами. Полученные результаты являются основой для решения задач глобальной стабилизации неустойчивого течения Куэтта, а также аппроксимации глобального аттрактора соответствующей полудинамической системы (д.ф.-м.н. Корнев А.А.).

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

Разработана мульти-компаратментная модель переноса в лимфатической системе мышей и определены кинетические параметры модели.

Разработана и калибрована математическая модель совместной динамики внутриклеточного размножения и дефектных вирусных частиц SARS-CoV-2. Определены характеристики подавления размножения инфекционных вирионов дефектными вирусными частицами (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»**

Проведено сравнение неявного метода конечных объемов и неявного метода конечных элементов в применении к дискретизации уравнений Навье-Стокса в областях с движущейся границей (член-корр. Василевский Ю.В. совместно с К. Тереховым, А. Даниловым, А. Лозовским).

Дано развитие биомеханической модели коленного сустава, с упором на анализ патологий мягкотканых стабилизирующих структур (член-корр. Василевский Ю.В. совместно с А.Юровой, А.Тягуновой и клиницистами Сеченовского университета).

Доработана биомеханическая модель шейно-плечевого отдела, включающая в себя детальное представление мышц и костей здорового испытуемого. Рассчитанные нормальные физиологические движения плеча, шеи и рук согласуются с экспериментально измеренными движениями (член-корр. Василевский Ю.В. совместно с А.Юровой, А.Гладковым и клиницистами Сеченовского университета).

Предложены варианты решения двух обратных задач о нахождении положения трещины и оптимальном положении производящей скважины (член-корр. Василевский Ю.В. совместно с К. Тереховым и студентами НТУ Сириус).

Проведены работы по развитию моделей переноса с учетом химических взаимодействий. В частности, реализованы модели переноса с учетом поверхностного комплексообразования и с расчетом кинетики химических взаимодействий. В новой модели возможен расчет сопряженной задачи фильтрации и переноса с кинетически зависимым растворением-осаждением минералов и соответствующими изменениями фильтрационных и миграционных свойств породы (к.ф.-м.н. Капырин И.В.).

Разработана модель фильтрации-переноса в трещиновато-поровых средах, учитывающая также химические реакции и их влияние как на пористость породы, так и на раскрытие трещин (к.ф.-м.н. Капырин И.В. совместно с Ф.В. Григорьевым).

Проведен ряд исследований эффективности параллелизации моделей переноса с химическими взаимодействиями с использованием технологий MPI (только в химическом модуле) и OpenMP. Результаты показывают, что при OpenMP-параллелизации существует некоторое оптимальное число расчетных нитей, вплоть до которого параллелизация позволяет ускорить расчеты, и это оптимальное число нитей меньше, чем количество ядер процессора. Для MPI показано ускорение расчетов с использованием вплоть до 1024 ядер (к.ф.-м.н. Капырин И.В. совместно с Коньшиным И.Н., Григорьевым Ф.В.).

Для пациент-ориентированного моделирования электромеханики сердца и медицинских приложений проведено тестирование вычислительного параллельного кода CarNum для численного решения задач электрофизиологии и механики сердца.

Разработаны методы сегментации и реконструкции сосудов сердца на снимках перфузии и ангиографии (к.ф.-м.н. Данилов А.А.).

Проведен анализ клинических МРТ и КТ данных пациентов со сложными пороками сердца, в том числе перенесших операцию Фонтена.

Разработана методология моделирования кровообращения Фонтена с использованием физически-информированной нейросети в качестве граничного условия в точке стыковки сосудов в одномерной модели гемодинамики (к.ф.-м.н. Добросердова Т.К.).

Дано развитие численных методов для совместного моделирования физических процессов, имеющих седловой характер, а также блочных алгебраических многосеточных методов решения возникающих линейных систем (к.ф.-м.н. Терехов К.М.).

Разработаны и реализованы новые численные модели дробных производных для одномерной задачи субдиффузии с ограничениями типа неравенств на решение, и с учетом зависимости показателя дробной производной от решения.

Разработаны и реализованы эффективные численные методы расчета модели Виндкесселя дробного порядка для учета вязкоупругости мелких артериол и вен в рамках модели одномерной гемодинамики.

Для модели одномерной гемодинамики были проведены численные эксперименты, с помощью реализованных методов получено значительное ускорение расчета для моделей с дробной производной без потери точности вычисления гидродинамических характеристик.

Для одномерной модели субдиффузии с дробной производной, показатель которой зависит от решения, был проведен анализ сходимости предложенного численного метода, подтвержденный результатами численных экспериментов (к.ф.-м.н. Янбарисов Р.М.).

Реализована и численно исследована бисеточная схема расщепления по физическим процессам в модели сопряженной электромеханики сердца.

Проведено численное исследование применимости метода табулированных откликов материала в задаче восстановления механических свойств анизотропных нелинейных материалов (асп. А.А. Легкий).

Разработаны новые граничные условия для одномерной сетевой гемодинамической модели для полного кавопульмонального соединения с использованием методов физи-

чески информированного машинного обучения (д.ф.-м.н. Симаков С.С. совместно с Т.К. Добросердовой и А.А. Исаевым).

Разработана методика оценки гемодинамических параметров на внешних границах трехмерной области соединения трех сосудов и соединения четырех сосудов при проведении операции Фонтена с использованием методов физически информированного машинного обучения (д.ф.-м.н. Симаков С.С. совместно с Т.К. Добросердовой, А.А. Даниловым и А.А. Исаевым).

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

Разработана математическая модель развития психических заболеваний (д.ф.-м.н. Романюха А.А. совместно с Санниковой Т.Е и Новиковым К.А.).

На основе LMS-метода разработаны популяционные референсы краниометрических признаков для детей и подростков (к.ф.-м.н. Руднев С.Г. совместно с сотрудниками НМИЦ нейрохирургии им. Акад. Н.Н. Бурденко и НИИ и Музея антропологии МГУ).

Проведена апробация лазерного дальномера для антропометрических измерений. На базе ЦНИИОИЗ Минздрава России организован и проведен сбор данных биоимпедансных измерений в центрах здоровья за 2020-2023 гг. (к.ф.-м.н. Руднев С.Г. совместно с сотрудниками НИИ и Музея антропологии МГУ и РУС «ГЦОЛИФК»).

Исследована распространенность хронических заболеваний в популяции Москвы и РФ, зависимость индекса коморбидности от возраста и социальных факторов. Разработан алгоритм создания синтетической популяции с учетом состояния здоровья агентов.

Исследована связь детской латентной туберкулезной инфекции с выявленными случаями активного туберкулеза среди взрослого населения Москвы. Показано, что большинство случаев детского латентного туберкулеза не имеют контактов с выявленными случаями туберкулеза среди взрослых. Предложены методы, позволяющие объединить пространственно-временной анализ двух разнородных баз данных по эпидемиологии туберкулеза в Москве (к.ф.-м.н. Санникова Т.Е.).

Реализована и верифицирована сопряженная модель поверхностного стока, подземной фильтрации и переноса примеси в подземных и поверхностных водах в рамках кода GeRa (к.ф.-м.н. Новиков К.А.).

Проведено сравнение популярных метаэвристических алгоритмов для решения задачи идентификации параметров модели при использовании агентного подхода к моделированию (к.ф.-м.н. Влад А.М.).

## **Тема «Математическое моделирование Земной системы»**

### **Подтема «Моделирование климата и его изменений»**

На основе разработанной системы четырехмерного вариационного усвоения данных для ионосферы Земли были проведены численные эксперименты по усвоению интегрального содержания электронов вдоль лучей, соединяющих движущиеся спутники с приемной наземной станцией (ТЭК-и), в задаче суточного прогноза электронной концентрации в ионосфере. Эксперименты проводились для ситуаций спокойной ионосферы с двумя версиями системы усвоения: с полной версией, включающей перенос электронов в направлении, перпендикулярном магнитным силовым линиям и версией

без описания этого процесса. Для второй версии был доказан ряд теорем, контролирующих точность и эффективность алгоритмов проводимого усвоения. Для проведения этих экспериментов была создана база данных с коррекцией систематической погрешности проведенных натурных измерений ТЭК-ов. Результаты расчетов суточного хода поля вертикальных ТЭК-ов для отдельных станций сравнивались с аналогичными результатами, полученными с помощью других методов и показали разумную близость (академик Дымников В.П. совместно с Д.В. Куляминым, П.А. Останиным, В.П. Васильевым).

С помощью совместной климатической модели INMCM6 промоделирован жизненный цикл черного углерода в атмосфере за период 2010-2021 гг. Исследованы среднеклиматические характеристики полей черного углерода в атмосфере и его влияние на радиационный баланс в атмосфере. Получено неплохое согласие среднеглобальных характеристик, вертикальных профилей и пространственных распределений черного углерода с данными наблюдений и других моделей. В экспериментах с различными источниками сажевого аэрозоля (только антропогенный источник, только естественный источник или их сумма), получены оценки для прямого радиационного форсинга на верхней границе атмосферы от черного углерода, содержащегося в атмосфере и от черного углерода, выпавшего на снег, для территории России. Показана линейность отклика для первой величины и нелинейность для второй в зависимости от интенсивности источника для территории России.

С помощью численного моделирования кармановской модели с вихревой вынуждающей силой выделены и подробно исследованы два различных стационарных режима - с малой (режим Бэтчелора) и существенной (режим Стюардсона) вторичной циркуляцией. Построена диаграмма существования стационарных режимов в зависимости от параметров Россби и Экмана. Предложена теоретическая модель течения кармановской модели с вихревой вынуждающей силой в режиме Бэтчелора. С помощью данной модели получено стационарное решение задачи, а также параметризация коэффициента экмановского трения, которая может быть использована в широком диапазоне чисел Россби и Экмана.

Теоретические результаты достаточно хорошо согласуются с численным решением. В режиме Стюардсона предложена параметризация для стационарного невязкого течения в центральном слое жидкости, также численно исследованы стационарные течения и декремент затухания к стационарному состоянию (к.ф.-м.н. Кострыкин С.В.).

При решении задачи развития модели Земной ионосферы проведена идентификация модели INM-IM по глобальным данным о наблюдаемых распределениях полного электронного содержания (ПЭС) и данным ионозондов о профилях электронной концентрации для условий невозмущенной ионосферы (март 2021 года). Показано, что модель достаточно точно воспроизводит ключевую характеристику ионосферы - максимумы электронной плотности в F слое - в дневное время в средних и низких широтах, при этом недостаточно точно воспроизводит ночное распределение электронной концентрации, особенно в нижних слоях. Также показано удовлетворительное воспроизведение распределения вертикальных ПЭС с высокой точностью в области низких широт.

В рамках решения задачи разработки модели общей циркуляции атмосферы с высокой верхней границей (0-500 км) проведено усовершенствование описания динамики мезосферы и нижней термосферы за счет улучшения описания волновых процессов, с помощью тестовых численных экспериментов показано улучшение воспроизведения характеристик термических приливов в области высот 80 - 120 км (к.ф.-м.н. Кулямин Д.В.).

С климатической моделью ИВМ РАН INM-CM6M проведены эксперименты по моделированию климата будущего по сценариям, разработанным в Институте народно-хозяйственного прогнозирования РАН. В данных сценариях антропогенная нагрузка (эмиссии метана и углекислого газа) определяются в зависимости от затрат мировой экономики (в % мирового ВВП) на минимизацию антропогенных выбросов. Рассмотрены три сценария – 1%, 2% и 3%. Для каждого из них, с помощью модели промежуточной сложности ИФА РАН, имеющей в своем составе блоки моделирования углеродного и метанового цикла, был выполнен расчет эволюции эквивалентных концентраций углекислого газа и метана по заданным сценариями соответствующих эмиссий. Далее, для 1991-2100 гг. выполнялись ансамблевые расчеты с моделью ИВМ (5 членов ансамбля), модель стартовала с начальных условий 1991 г, полученных из ансамбля исторических экспериментов, полученных ранее. Проводилась оценка соответствующих климатических изменений. Показано, что сценарий INP1% эквивалентен сценарию IPCC SSP2-4.5, INP2% и 3% обеспечивают более эффективную стабилизацию средне-глобальной приземной температуры к концу 21 века, до, примерно 2.4 и 2.8 К (по сравнению с 3.3 К) в сценарии SSP2-4.5. (д.ф.-м.н. Грицун А.С.).

Модель климата ИВМ РАН подготовлена для участия в программе международного сравнения климатических моделей CMIP7 (д.ф.-м.н. Володин Е.М.).

В модели INMOM реализована новая бездиссипативная схема адвекции скаляров КАБАРЕ на основе метода характеристик, сделан анализ полученных результатов на основе расчетов по протоколу CORE-II.

Реализована и протестирована как на идеализированных тестах, так и на расчетах с полной моделью океана KPP параметризация верхнего перемешанного слоя.

Внедрена модель биохимии, модифицирован код модели с целью ее более эффективно-го использования в различных конфигурациях (м.н.с. Благодатских Д.В.).

Исследована возможность использования нестинга для регионализации глобальной модели океана ИВМ РАН; предложен алгоритм поиска оптимальных конфигураций разбиения процессоров между моделью атмосферы и океана при запуске совместной модели; исследовано ускорение расчетов климатической модели ИВМ РАН за счет оптимизации интерполяции и схемы межпроцессорных обменов; проведена диагностика интегральных переносов модели океана ИВМ РАН (м.н.с. Оноприенко В.А.).

Исследованы различные подходы к реализации вязко-пластичной реологии Хиблера. Помимо уже существующего EVP метода, в рамках модели Земной системы ИВМ РАН были реализованы mEVP и aEVP методы.

Продиагностировано воспроизведение морского льда Северного Ледовитого океана в модели ИВМ РАН в рамках протокола сравнения глобальных моделей океана и морского льда CORE-II. Сделано сравнение с данными наблюдений и результатами расчетов по другим моделям.

Реализована встроенная в модель среда для тестирования ледового и океанического блока модели. Реализована возможность интерактивного отключения выбранных блоков динамики и термодинамики морского льда и подключения среды тестирования (стажёр-исследователь Ежкова А.А.).

Реализован способ инициализации сезонного прогноза климатической модели ИВМ РАН с использованием техники Ньютоновской релаксации. Выполнены расчёты серий ретроспективных прогнозов на зимние сезоны 1991-2020 гг. Оценено качество воспроизведения различных метеополей. На основе новой версии климатической модели INM-CM6M с детализированным пространственным разрешением модели атмосферы

создана система оперативного прогноза на срок от 1 до 9 месяцев с использованием инициализации в полных полях (м.н.с. Тарасевич М.А.).

Проведены анализ алгоритмов и программная реализация модели динамики океана и льда, а также реализация и тестирование новых блоков динамики океана и морского льда (модель INMOcean1.0), блока биохимии океана, в рамках Национальной модели Земной Системы. Новые блоки биохимии, динамики океана и морского льда соединены с остальными блоками модели Земной системы, зафиксированная версия подготовлена к проведению расчетов по моделированию изменений климата в рамках международного проекта сравнения климатических моделей CMIP (д.ф.-м.н. Яковлев Н.Г.).

Новая версия параметризации углеродного цикла на суше, учитывающая динамическое землепользование и сбор урожая, внедрена в климатическую модель ИВМ РАН (INMCM6). Реализована новая совместная модель углеродного и азотного циклов в наземных экосистемах (м.н.с. Черненков А.Ю.).

Проведен анализ предсказуемости изменчивости циркуляции стратосферы Арктики, характеризуемой скоростью среднезонального ветра  $U_z$  на изобарической поверхности 10гПа и 60с.ш., в зимних сезонных хиндкастах 1991-2023гг. модели INMCM5 (к.ф.-м.н. Брагина В.В. совместно с П.Н. Варгиным (ЦАО)).

Проведена работа по оценке качества декадных прогнозов модели ИВМ РАН, включая анализ воспроизведения метеополей в регионах, выделенных в соответствии с границами региональных ассоциаций ВМО. Оценено качество воспроизведения моделью INM-CM5 теплосодержания верхнего 300м слоя океана и Атлантической меридиональной опрокидывающей циркуляции (АМОС) в серии декадных хиндкастов. Проведена оценка качества воспроизведения основных метеорологических полей для серии ретроспективных прогнозов модели INM-CM6 с заблаговременностью до 2 лет (к.ф.-м.н. Брагина В.В.).

#### **Подтема «Математическое моделирование региональных природно-климатических процессов»**

При помощи вихреразрешающей LES-модели проведены расчеты турбулентных нейтрально-стратифицированных течений над поверхностями городского типа, в том числе, при наличии слоя растительности. Выполнен статистический анализ результатов моделирования с целью выявления закономерностей динамики турбулентности в городской среде и последующей параметризации обнаруженных эффектов в упрощенных многослойных RANS-моделях пограничного слоя атмосферы. Для разреженной застройки выявлено, что квазистационарная и флуктуационная компоненты течения близки к статистически независимым между собой, а распределения флуктуаций скорости близки к нормальным распределениям. Это позволяет использовать простые модели турбулентной вязкости и турбулентной диффузии для моделирования турбулентных переносов внутри городской среды. Для вычисления аналога пространственного спектра скорости внутри городского слоя, содержащего объекты, предложен алгоритм, основанный на применении гипотезы замороженной турбулентности Тейлора. Показано, что турбулентные масштабы длины, необходимые для построения многослойных локально-одномерных RANS-моделей городской среды, связаны с пространственными спектрами турбулентности и выявлены некоторые морфологические параметры "застройки", отвечающие за эффективность диссипации кинетической энергии и перенос импульса в городском слое (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»**

Проведены численные эксперименты по усовершенствованной модели переноса и трансформации газовых примесей и аэрозолей в атмосфере с учетом процессов конденсации, коагуляции, нуклеации и зародышеобразования с участием атмосферных ионов, при включении механизма усиления каталитического действия ионов  $Mn^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  в жидкофазном окислении диоксида серы. Получены оценки динамики образования сульфатов в капельной влаге атмосферы для различных значений кислотности и концентраций ионов переходных металлов. Установлено согласие результатов расчетов содержания сульфатов в частицах и данных мониторинга (к.ф.-м.н. Арутюнян В.О.).

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

Осуществлено применение разработанного ранее подхода для определения объема биомассы подстилающей лесной поверхности по современным спутниковым данным высокого пространственного разрешения. За основу взята модель определения объема биомассы по дистанционным данным с использованием разработанной схемы расчета для данных спутника Landsat 7 (к.ф.-м.н. Егоров В.Д.).

Проведено усовершенствование схемы совместной тематической обработки спутниковых изображений среднего и высокого пространственного разрешения за счет использования технологий на основе сверточных нейронных сетей. Предложена методика анализа данных дистанционного мониторинга изменений жизненного состояния редких и исчезающих видов деревьев (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»**

Получены результаты численных расчётов циркуляции Мирового океана с помощью модели общей циркуляции океана INMOM (Institute of Numerical Mathematics Ocean Model) и изучены особенности формирования циркуляции Мирового океана и его основных акваторий.

С помощью вихредопускающей версии модели INMOM-G025 методом диагонализации Саркисяна А.С. изучены вклады геострофических и дрейфовых составляющих в формирование средней климатической структуры Антарктического циркумполярного течения (АЦТ). Показано, что трехструйная структура АЦТ имеет геострофическую природу.

Изучена изменчивость положения купола Глубинной воды моря Уэдделла по данным EN4 по температуре и солёности для среднемесячных февральских и августовских условий в 1993-2012 гг. в зависимости от напряжения трения ветра, рассчитанного по данным JRA55-do (д.ф.-м.н. Дианский Н.А.).

Проведена разработка параллельной модели морского льда aarice1.0 на базе смешанного дискретно – непрерывного описания динамики и реологии морского льда модели Клячкина С.В. (ААНИИ), построение совместной модели морского льда aarice1.0 и модели динамики океана INMIO4.2, тестирование модели лед-океан на акватории Карского моря.

Разработана модель переноса лагранжевых частиц в квази-двухфазной среде океан - лёд, учитывающая вертикальное турбулентное перемешивание. Модель переноса реализована в рамках модели общей циркуляции океана ИВМИО для произвольно заданной системы координат по горизонтали (д.ф.-м.н. Ибраев Р.А.).

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

На основе истории развития методов математического моделирования геофизической гидродинамики, разработанных школой академика Г.И. Марчука, выделены оригинальные результаты в основных направлениях гидродинамики океана, приоритет развития которых принадлежит руководителю школы и его ученикам. Результаты связаны с исследованием корректности математических задач динамики океана; разработкой экономичных схем их численного решения на основе методов расщепления; применением метода сопряженных уравнений для решения задачи 4-х мерной ассимиляции данных наблюдений, и видоизмененной задачи Дирихле о квазигеострофической циркуляции в неодносвязной области (д.ф.-м.н. Залесный В.Б.).

Проведены исследования по оценке возможности быстрой реорганизации термохалинной структуры и циркуляции в Северном Ледовитом океане (СЛО) и Северной Атлантике (СА) в условиях длительного однонаправленного атмосферного воздействия над СЛО. Актуальность такого исследования продиктована наличием огромного объема пресной воды, накопленной в вихре Бофорта за последние 30 лет из-за экстремального таяния морских льдов и увеличения речного стока. Для этого были проведены два идеализированных модельных эксперимента с противоположными экстремальными атмосферными воздействиями над СЛО. Результаты показали, что длительное сохранение “циклонического” воздействия способно существенно изменить солёность в верхнем слое океана. Подтверждена тенденция к опреснению верхнего слоя океана в приполярной СА за счёт притока пресной воды из СЛО (к.ф.-м.н. Гусев АВ. совместно с коллегами из ГОИН, МГУ, ААНИИ и ИПТС).

Получены результаты длительных численных расчётов циркуляции Мирового океана с помощью глобальной вихредопускающей модели INMOM-G025 и изучены особенности формирования циркуляции Мирового океана и его основных акваторий. В рамках работ по вихреразрешающему моделированию реализованы версии модели циркуляции INMOM-GERes (Global Eddy Resolving), охватывающая весь Мировой океан с пространственным разрешением  $1/10^\circ$  градуса по долготе и широте, и INMOM-NA, охватывающая Северную Атлантику (к.ф.-м.н. Гусев А.В.).

#### **Подтема «Создание вычислительного ядра для модели атмосферы нового поколения»**

Разработана система ансамблевого среднесрочного прогноза с пространственным разрешением около 20 км. Система представлена на оперативные испытания в Гидрометцентре России. Предварительные результаты этих испытаний показывают преимущество разработанной системы над нынешней оперативной (д.ф.-м.н. Толстых М.А.).

Изучено влияние стохастических возмущений параметров параметризаций процессов подсеточного масштаба на воспроизведение осредненной атмосферной циркуляции на субсезонном временном масштабе. Показано, что в субсезонном прогнозе достаточно возмущать лишь 3 параметра вместо 27 в среднесрочном прогнозе. Показано, что возмущение трех параметров уменьшает ошибки прогноза некоторых величин по сравне-

нию с невозмущенными прогнозами, не внося при этом погрешности в интегральные характеристики (д.ф.-м.н. Толстых М.А. совместно с Алиповой К.А., Фадеевым Р.Ю.).

Исследована предсказательная способность усовершенствованной в 2024 году версии совместной модели SLNE (модель объединяет ПЛАВ, NEMO и SI3). Показано, что совместная модель в сравнении с ПЛАВ072L96 лучше воспроизводит обусловленные волнами тепла сильные аномалии приземной температуры на субсезонной заблаговременности прогноза (4-6 недель).

Исследованы методы ускорения вычислений за счет оптимизации работы с файловой системой. Результаты исследований внедрены в программный код модели ПЛАВ в Гидрометцентре России. Таким образом, удалось достичь заметного (свыше 10%) уменьшения времени расчета среднесрочных прогнозов погоды на основе конфигураций ПЛАВ20 и ПЛАВ10 (к.ф.-м.н. Фадеев Р.Ю.).

Разработана новая пространственная дискретизация высокого порядка точности для уравнений динамики атмосферы на сетке кубическая сфера с разнесением переменных типа «С» по Аракаве. Внутри каждой грани куба используется метод конечных разностей с сохранением свойства суммирования по частям (SBP-finite differences), для согласования решения на ребрах куба применяется метод штрафных слагаемых (SAT) в сочетании с ортогональной проекцией на пространство решений неразрывных на ребрах куба (к.ф.-м.н. Шашкин В.В. совместно с Гойманом Г.С.)

Разработан блок препроцессинга данных реанализа для динамического ядра негидростатической модели атмосферы на сетке кубическая сфера, произведены пробные запуски модели с начальными данными, соответствующими состоянию реальной атмосферы Земли (к.ф.-м.н. Шашкин В.В.).

Проведены исследования методов локального повышения разрешения сетки в динамическом ядре модели атмосферы на сетке кубическая сфера. Показано, что точность решений модели повышается в регионе с повышенным разрешением, а при некотором сочетании факторов – точность решения повышается и в области, содержащей этот регион и значительно превосходящей его по географической протяженности. (к.ф.-м.н. Шашкин В.В. совместно с Г.С. Гойманом и И.Д. Третьяком).

Разработан безматричный геометрический многосеточный метод на смещенных и не-смещенных сетках для динамического ядра глобальной модели динамики атмосферы на сетке кубическая сфера.

Разработан новый подход для аппроксимации интерфейсных условий при использовании метода конечных разностей, удовлетворяющих свойству суммирования по частям, на разнесенной сетке (к.ф.-м.н. Гойман Г.С.).

Проведено тестирование альтернативных общеизвестным методов выбора сдвигов в QR-алгоритме, для симметричных матриц найдены с линейной по размерности сходимостью, уступающие коэффициентом при размерности общеизвестным, но с вычислением сдвигов по элементам из верхнего левого угла матриц (к.ф.-м.н. Фролов А.В.).

## **5. Премии, награды и почетные звания, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2024 году**

1. За большой вклад в развитие отечественной науки, многолетнюю плодотворную деятельность и в связи с 300-летием со дня основания Российской академии наук член-корр. РАН *Василевский Юрий Викторович* награжден медалью ордена “За заслуги перед отечеством” II степени.

2. Золотой медалью РАН им. А.М. Обухова награжден профессор РАН *Володин Евгений Михайлович* за выдающийся вклад в развитие математического моделирования климатической системы Земли.
3. Юбилейной медалью “300 лет Российской академии наук” награждены сотрудники ИВМ РАН: Тыртышников Е.Е., Дымников В.П., Василевский Ю.В., Ибраев Р.А., Грицун А.С., Богатырев А.Б., Володин Е.М., Оселедец И.В., Агошков В.И., Алоян А.Е., Бочаров Г.А., Глазунов А.В., Залесный В.Б., Нечепуренко Ю.М., Романюха А.А., Толстых М.А., Шутяев В.П., Яковлев Н.Г., Замарашкин Н.Л., Дмитриев Е.В., Ставцев С.Л., Фадеев Р.Ю., Фролов А.В., Данилов А.А., Добросердова Т.К., Захарова Н.Б.
4. Лауреатом Премии молодым математикам России, учрежденной Образовательным фондом «Талант и успех», в номинации «Аспиранты» стал аспирант ИВМ РАН *Легкий Алексей Андреевич*.
5. Второе место на хакатоне “Цифровой прорыв” Министерства природных ресурсов и экологии РФ, заняли аспирант 1 года ИВМ РАН *Медведев Артем Сергеевич* и аспирант 1 года кафедры ИВМ РАН в МФТИ *Бутаков Иван Дмитриевич*.
6. Дипломы победителей конкурса научных работ молодых учёных за лучший доклад на 66-й научной конференции МФТИ присуждены аспирантам и студентам кафедры вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике ФУПМ МФТИ: аспиранту *Черненкову Алексею Юрьевичу* и студентам *Даниловой Светлане Сергеевне* и *Ильину Евгению Алексеевичу*.
7. Команда шахматистов ИВМ РАН в составе *Оселедец Иван Валерьевич* (1 доска), *Засько Григорий Владимирович* (2 доска) и *Руднев Сергей Геннадьевич* (3 доска) заняла 2 место на турнире “КУБОК НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ”.
8. Стипендиатами Отделения Математического центра мирового уровня “Московский центр фундаментальной и прикладной математики” в ИВМ РАН в 2024 году стали победители конкурса: *Смирнов Матвей Станиславович*, *Тарасевич Мария Александровна*, *Легкий Алексей Андреевич*, *Влад Андрей Иванович*, *Ежкова Алиса Александровна*.

## 6. Международные научные связи

С 10 по 16 апреля 2024 года в г. Шэньчжэнь (Китай) Институтом вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН совместно с Сеченовским университетом и Шэньчжэньским институтом передовых технологий Китайской академии наук (SIAT CAS) была проведена IV русско-китайская школа по математическому моделированию в биомедицинской инженерии.

В 2024 году ИВМ РАН совместно с МГУ имени М. В. Ломоносова, университетом МГУ–ППИ в Шэньчжэне (Китай), Московским Центром Фундаментальной и Прикладной Математики и компанией Huawei был участником и организатором Первой международной школы–конференции по тензорным методам в математике и задачах искусственного интеллекта. Школа-конференция проходила с 11 по 20 ноября 2024 года и состояла из двух частей: образовательной и научной. Образовательная часть состояла

из 6 мини-курсов и 4 обзорных лекций, которые провели учёные и преподаватели МГУ, ИВМ РАН и китайских университетов. Научная часть была представлена 24 устными докладами и 20 постерами. Докладчиками конференции были знаменитые во всем мире профессора.

В 2024 году с 16 по 17 декабря в ИВМ РАН проходила 12-я Международная конференция "Численная геометрия, построение расчетных сеток и высокопроизводительные вычисления" (NUMGRID 2024). Организаторы конференции: ФИЦ ИУ РАН, ИВМ РАН.

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

## **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:

- вычислительная математика: численные методы алгебры, численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений, численные алгоритмы оптимального управления и решения обратных задач;
- вычислительные и информационные технологии решения больших задач, параллельные и распределенные вычисления, реализация алгоритмов и моделей на высокопроизводительных вычислительных комплексах;
- математическое моделирование: в проблемах физики атмосферы и океана, прогноза погоды и климата, окружающей среды, экологии, иммунологии и медицины

### **7.2. План НИР ИВМ**

Фактически план НИР ИВМ в 2024 году состоял из 36 проектов, в том числе 5 проектов – по бюджету (госзадание), 6 – как договоры с различными организациями, 11 международных проектов, 12 проектов РНФ, 1 проект Математический центр.

### **7.3. Молодёжная лаборатория ИВМ РАН «Суперкомпьютерные технологии математического моделирования Земной системы»**

С 2022 года в ИВМ РАН работает новая лаборатория «Суперкомпьютерные технологии математического моделирования Земной системы» (рук. к.ф.-м.н. Кулямин Д.А.). Направление деятельности лаборатории – развитие численных методов моделирование Земной системы, разработка моделей климата, моделей Земной системы и её компонент, построение сценариев будущих изменений климата с оценкой их предсказуемости и неопределённости. Основная цель научных исследований лаборатории – разработка программной среды (цифровой платформы) для программного комплекса глобальной модели Земли системы нового поколения на базе семейства климатических моделей INM-CM ИВМ РАН.

Доля молодых исследователей до 39 лет в лаборатории составляет 70% за счёт выпускников и магистров МФТИ и ВМК МГУ по профильным специальностям (про-

граммирование, информационные технологии и вычислительная математики) под руководством учёных ИВМ РАН, имеющих большой опыт работы по созданию и использованию модели Земной системы ИВМ РАН.

## **7.4. Научные кадры**

Всего научных сотрудников – 97, из них: основное место работы – 57, внутреннее совместительство – 1, внешнее совместительство – 42.

Среди научных сотрудников:

докторов наук – 18 (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 – 29,

научных сотрудников без степени – 8,

аспирантов – 7.

## **7.5. Подготовка научных кадров**

Аспирантура ИВМ РАН ведёт подготовку научно-педагогических кадров высшей квалификации по специальностям:

1.1.6 Вычислительная математика.

1.1.10. Биомеханика и биоинженерия.

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Лицензия на осуществление образовательной деятельности № ЛО35-00115-77/00650835 от 03 июля 2018 г., изменения от 29.04.2022. Свидетельство о государственной аккредитации № 3078 от 24 апреля 2019 г., серия 90A01 № 0003237.

На начало 2024 года в аспирантуре обучалось 7 человек, из них на бюджетной основе – 6 человек. Окончили обучение успешно 3 человека (получили дипломы о присвоении квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь»). На конец года в аспирантуре обучается 4 человека по специальности 1.2.2 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 2 человека по специальности 1.1.6. – вычислительная математика.

ИВМ РАН организовано 4 базовых кафедры: Кафедра вычислительных технологий и моделирования ВМК МГУ (зав. кафедрой академик Тыртышников Е.Е.), Кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике ФПМИ МФТИ (зав. кафедрой чл.-корр. РАН Василевский Ю.В.), Кафедра высшей математики, механики и математического моделирования Сеченовского университета (зав. кафедрой чл.-корр. РАН Василевский Ю.В.), Кафедра ИВМ РАН на Факультете компьютерных наук в Высшей школе экономике (зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор РАН Богатырев А.Б.).

При ИВМ РАН действует диссертационный совет по защите диссертаций на соискание учёной степени доктора и кандидата наук. Совет 24.1.455.01 был утвержден приказом Минобрнауки РФ № 1356/нк от 15.12.2021 по специальности 1.2.2 “Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ”. Председатель совета – академик Тыртышников Е.Е., учёный секретарь – д.ф.-м.н. Г.А.Бочаров. В 2024 году состоялась 1 защита кандидатской диссертации Засько Г.В.

## **7.5. Учёный совет ИВМ РАН**

Ученый совет ИВМ РАН избран и утверждён на Общем собрании научных сотрудников 8 сентября 2020 г.

В 2024 г. проведено 7 заседаний Учёного совета.

На заседаниях Ученого совета:

- 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 2024 году работало 6 регулярных институтских семинаров:

- 1) Семинар “Вычислительная математика и приложения” (рук. 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.).
- 2) “Вычислительные технологии геофизики и биомеханики” (рук. член-корр. РАН Василевский Ю.В.)
- 3) Семинар “Математическое моделирование в иммунологии и медицине” (рук. д.ф.-м.н. Романюха А.А.).
- 4) 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.).
- 5) Семинар “Математическое моделирование геофизических процессов” (рук. академик Дымников В.П.).
- 6) 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.).

## **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 года в ИВМ РАН сформировано Отделение математического центра мирового уровня “Московский центр фундаментальной и прикладной математики”.

Отделение Математического центра мирового уровня «Московский центр фундаментальной и прикладной математики» (Математический центр) в ИВМ РАН в 2024 году приняло участие в организации ряда научных мероприятий: Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2024 (г. Томск, 1-6 июля), XVI Конференция “Математические модели и численные методы в биологии и медицине” (ИВМ РАН, 31 октября -1 ноября), Конференция “Теория римановых поверхностей: методы и приложения” (НТУ Сириус, 11-15 ноября), Первая Международная школа конференция по тензорным методам в математике и задачах искусственного интеллекта (г. Шэньчжэнь, Китай, 11- 20 ноября). Также Отделением организовано несколько приглашенных лекций ведущих ученых из российских и зарубежных организаций: проф. Сусуму Танабэ (МФТИ, ФПМИ) по теме “Солитоны в математической физике и римановы поверхности ” (цикл лекций с 16 апреля, ИВМ РАН) и по теме «Бифуркация в теории катастроф» (цикл лекций с 6 ноября), Павла Берлова (Imperial College London) курс лекций по теме «Введение в геофизическую гидродинамику» (с 25.09.2024 по 31.10.2024 г., МФТИ) и Роланда Хильдебранда (МФТИ) с циклом лекций по оптимизации (с 19 декабря, ИВМ РАН).

При поддержке Математического центра проведены исследования по 15-ти темам в направлениях вычислительной математики и математического моделирования, в том числе 3 под руководством молодых перспективных исследователей. Отделением учреждена стипендия Математического центра, которую в 2024 году получили 5 молодых исследователей, один из которых (А. Легкий) удостоен премии молодым математикам России в категории «аспиранты».

Ведущими и молодыми исследователями Математического центра получены значительные результаты по итогам работ, опубликовано более 35 публикаций в высокорейтинговых рецензируемых журналах, более 20-ти из которых входят в первый и второй квартиль по международным базам цитирования.

## 10. Публикации сотрудников в 2024 году

Сотрудниками ИВМ РАН опубликовано в 2024 году 135 работ, в том числе: 5 монографий, 118 статей в мировых научных журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (WEB of Science) и Scopus.

### Монографии

1. Замарашкин Н.Л., Золотарёва Н.Д., Лебедева О.С., Матвеев С.А., Морозова В.А., Нестеренко Ю.Р., Панфёров В.С., Руднев С.Г., Смирнов И.Н., Тыртышников Е.Е. Алгебра и геометрия: учебно-методическое пособие для студентов 1 курса (под ред. В.С. Панфёрова и Е.Е. Тыртышникова). – М.: Издательский отдел факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2024, ISBN 978-5-317-07136-3, 86 с.
2. Капырин И.В. Учебное пособие «Учебная версия программы для трехмерного геофильтрационного и геомиграционного моделирования GeRa/E3». – М.: ИБРАЭ РАН, 2024 – 180 с. (в коллективе авторов).
3. Золотарёва Н.Д., Матвеев С.А., Морозова В.А., Нестеренко Ю.Р., Панфёров В.С., Руднев С.Г., Тыртышников Е.Е. Алгебра и геометрия, 1 семестр. Задачи с решениями: учеб.-метод. пособие для студентов 1 курса (под ред. В.С. Панфёрова и Е.Е. Тыртышникова). – М.: Издательский отдел факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2024. 120 с. DOI: 10.29003/m4195.978-5-317-07259-9.
4. Тыртышников Е. Е., Матвеев С. А. Алгебраические вычисления, тензоры и оптимизация: учебно-методическое пособие для студентов магистратуры филиала МГУ в г. Сарове. – М.: Издательский дом МГУ, 2024. ISBN 978-5-19-012101-8, 63 с.
5. Petukhov V.I., Dmitriev E.V. Metal homeostasis in the epidermis (facts and misconceptions). Cambridge Scholars Publishing. 2024. 110 p.

В 2024 году опубликованы следующие научные работы:

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

#### Подтема «Матричные методы в математике и приложениях»

В.Н. Чугунов, Х.Д. Икрамов. Получение известных частных решений задачи о sigma-коммутировании теплицевой и ганкелевой матриц в рамках унифицированного подхода // ЖВМ и МФ. 2024. Т. 64, N 1. С. 55-64.

V.N. Chugunov and Kh.D. Ikramov. Deriving known particular solutions of the sigma-commutation Problem for a Toeplitz and a Hankel matrix within a unified approach // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2024. Vol. 64, N 1. Pp. 36-44.

В.Н. Чугунов, Х.Д. Икрамов. О новых классах решений задачи о sigma-коммутировании теплицевой и ганкелевой матриц в рамках унифицированного подхода // ЖВМ и МФ. 2024. Т. 64, N 7. С. 49-66.

V.N. Chugunov and Kh.D. Ikramov “New classes of solutions of the sigma-commutation problem for Toeplitz and Hankel matrices within a unified approach // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2024. Vol. 64, N 7. Pp. 1413–430.

Х.Д. Икрамов, В.Н. Чугунов. О невырожденных решениях матричного уравнения  $XAX = AXA$  и централизаторе матрицы  $A$  // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 15. Вычисл. матем. и киберн. 2024. N 2. С. 25-30.

Kh.D. Ikramov and V.N. Chugunov. Nonsingular solutions of the matrix equation  $XAX = AXA$  and the Centralizer of the Matrix  $A$  // Moscow University Computational Mathematics and Cybernetics. 2024. Vol. 48, N 2. Pp. 98–103.

A.A. Samokhin, A.V. Zyl, N.L. Zamarashkin. On the factorization method for the quantum statistical description of dynamics of an isolated spin system, Theoretical and Mathematical Physics, 218 (3), 452-463.

A.V. Zyl, N.L. Zamarashkin, Estimation of QTT Ranks of Regular Functions on a Uniform Square Grid, Computational Mathematics and Mathematical Physics 64 (2), 177-187.

D.A. Kogtenev, N.L. Zamarashkin, Solving of one-dimensional hypersingular integral equation using Haar's wavelets, Differentsialnye uravneniya, 2024, 60 (9), 1241-1260.

Matveev S., Tretyak I. Nonnegative tensor train for the multicomponent Smoluchowski equation // Computational and Applied Mathematics. – 2025. – Т. 44. – №. 1. – С. 35.

Матвеев С. А., Жилин В. А., Смирнов А. П. Адаптивные шаги по времени для агрегационно-фрагментационной кинетики // Вычислительные методы и программирование. – 2024. – Т. 25. – №. 3. – С. 347-356.

Krapivsky P. L., Matveev S. A. Gelation in input-driven aggregation // Physical Review E. – 2024. – Т. 110. – №. 3. – С. 034128.

Smirnov M. S., Matveev S. A. Estimates for the Quantized Tensor Train Ranks for the Power Functions // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2024. – Т. 45. – №. 7. – С. 3182-3187.

Setukha A. V. Сходимость метода кусочно-линейных аппроксимаций и коллокаций для двумерного гиперсингулярного интегрального уравнения на множестве с границей // Дифференциальные уравнения. — 2024. — Т. 60, № 9. — С. 1276–1296.

Mass I.A., Setukha A.V., Tretyakova R.M. Combination of methods of volume and surface integral equations in problems of electromagnetic scattering by small thickness structures // Lobachevskii Journal of Mathematics. — 2024. — Vol. 45, no. 7. — P. 3107–3120.

Книжнерман Л.А. Крыловские и рациональные крыловские методы численного решения некоторых задач вычислительной геофизики. Геофизические технологии. 2024;(1):29-46. <https://doi.org/10.18303/2619-1563-2024-1-29>

Морозов С. В. Метод переменных направлений для построения малорангового поэлементного приближения тензоров в каноническом формате // Вычислительные методы и программирование. – 2024. – Т. 25. – №. 3. – С. 302-314.

Morozov S., Zheltkov D., Osinsky A. Refining uniform approximation algorithm for low-rank Chebyshev embeddings // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. – 2024. – Т. 39. – №. 5. – С. 311-328.

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

Parmuzin, E.I., Lezina, N.R., Agoshkov, V.I. Исследование влияния ассимиляции мгновенных данных наблюдений со спутников на воспроизведение температуры поверхности моря в модели динамики Чёрного и Азовского морей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2024, 21(2), с. 61–69.

Захарова Н.Б., Агошков В.И., Пармузин Е.И., Шелопут Т.О., Шутяев В.П., Лёзина Н.Р., Фомин В.В., Шевченко Б.С. Использование данных системы мониторинга «See the Sea» в задачах моделирования термодинамики Черного и Азовского морей // Материалы III Международной научно-прикладной конференции «ГИС для цифрового развития. Применение геоинформационных систем и дистанционного зондирования в науке и управлении», 2024, с. 1-8.

Пармузин Е.И., Агошков В.И., Лезина Н.Р. Вариационная ассимиляция оперативных данных наблюдений со спутников в численной модели гидротермодинамики Черного и Азовского морей // Материалы 22-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2024. DOI 10.21046/21DZZconf-2024a; ISBN 978-5-00015-067-2

В.П. Шутяев, Е.И. Пармузин. Чувствительность функционалов к входным данным в задаче вариационного усвоения для модели термодинамики моря // СиБЖВМ, 2024, т.27, №1, с.97-112. DOI: 10.15372/SJNM20240108

V.P. Shutyaev, E.I. Parmuzin. Sensitivity of Functionals to Input Data in a Variational Assimilation Problem for a Sea Thermodynamics Model. Numerical Analysis and Applications, 2024, Vol. 17, No. 1, pp. 80–92. DOI: 10.1134/S1995423924010087

В.П.Шутяев, Е.И.Пармузин. Чувствительность функционалов задачи вариационного усвоения данных при восстановлении начального состояния и потока тепла для модели термодинамики моря // ЖВМ и МФ, 2024, т.64, №1, с.176-186. DOI: 10.31857/S0044466924010133

V.P. Shutyaev, E.I. Parmuzin. Sensitivity of the Functionals of the Variational Data Assimilation Problem when Reconstructing the Initial State and Heat Flux for a Model of Sea Thermodynamics. Comput. Math. Math. Phys., 2024, v.64, no.1, pp.166-176. DOI: 10.1134/S0965542524010135

Захарова Н.Б., Шевченко Б.С. контроль данных о температуре поверхности моря с космического аппарата МЕТЕОР-М по данным с других источников // Материалы 22-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2024. DOI 10.21046/21DZZconf-2024a; ISBN 978-5-00015-067-2

Макарычев В.Д., Захарова Н.Б. Верификация метода вариационной ассимиляции наблюдений в модели гидротермодинамики Черного, Азовского и Мраморного морей по данным буев ARGO // Материалы 22-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2024. DOI 10.21046/21DZZconf-2024a; ISBN 978-5-00015-067-2

Шелопут Т.О., Захарова Н.Б., Косолапов И.А., Дьяченко Р.Р. Сравнение некоторых подходов к сжатию и интерполяции данных о температуре Черного моря // Марчуровские научные чтения 2024 : Тезисы Междунар. конф., 7–11 октября 2024 г. / Ин-т вычислит. математики и матем. геофизики СО РАН. С. 115.

Захарова Н.Б., Агошков В.И., Пармузин Е.И., Шелопут Т.О., Шутяев В.П., Лёзина Н.Р., Фомин В.В., Шевченко Б.С. Использование данных системы мониторинга «See the Sea» в задачах моделирования термодинамики Черного и Азовского морей // Материалы III Международной научно-прикладной конференции «ГИС для цифрового развития. Применение геоинформационных систем и дистанционного зондирования в науке и управлении», 2024.

Косолапов И.А., Шелопут Т.О. Замарашкин Н.Л., Желтков Д.А. Применение дискретного преобразования Хаара для уменьшения количества умножений в задаче компенсации нелинейных искажений в волоконной оптике // Труды 66-й Всероссийской научной конференции МФТИ, 1–6 апреля 2024 г. Прикладная математика и информатика. — М: Физматкнига, 2024. С. 171-173.

Косолапов И.А., Шелопут Т.О. Замарашкин Н.Л., Желтков Д.А., Дьяченко Р.Р. Исследование структуры матрицы коэффициентов РВМ-модели для уменьшения вычислительной сложности фильтрации нелинейных искажений // Тихоновские чтения: тезисы докладов: научная конференция; 28 октября – 02 ноября 2024 г. – М.: Издательский отдел факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2024. С. 45.

**Подтема «Оптимальные методы в задачах вычислительной математики»**

A. Bogatyrev, Q. Gendron. The space of solvable Pell-Abel equations, 2024 (принято в печать в *Compositio mathematica*), 34 pp., arXiv: 2306.00884 Q1.

A. Bogatyrev. Stiefel Filters // *Transaction of Moscow Math. Society*, 85:2, 14 pp. (2024).

Khristichenko M.Yu., Nechepurenko Yu.M., Grebennikov D.S., Bocharov G.A. Numerical analysis of stationary solutions of systems with delayed argument in mathematical immunology // *Journal of Mathematical Sciences*. 2024. V.283, No. 1, p.125-138.

Khristichenko M.Yu., Nechepurenko Yu.M., Mironov I.V., Grebennikov D.S. and Bocharov, G.A. Computation and analysis of optimal disturbances of stationary solutions of the hepatitis B dynamics model // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*. 2024. V. 39, No. 2, p. 83-96.

Khristichenko M.Yu., Mironov I.V., Nechepurenko Yu.M., Grebennikov D.S. and Bocharov, G.A. Computation and analysis of optimal disturbances of periodic solution of the hepatitis B dynamics model // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*. 2024. V.39, No. 5, p. 289-300.

Demyanko K.V., Nechepurenko Yu.M., Zasko G.V. Structured pseudospectra in problems of spatial stability of boundary layers. *Comput. Math. Math. Phys.* 64 (8) 2024, 1785-1795. <https://doi.org/10.1134/S0965542524700957> (Wos Q4, Scopus, Q2).

Boiko A.V., Demyanko K.V., Zasko G.V., Nechepurenko Yu.M. Numerical simulation of the downstream propagation of small-amplitude disturbances in boundary layers. *Thermophys. Aeromech.* 3, 2024.

Zasko G.V., Boiko A.V., Demyanko K.V., Nechepurenko Yu.M. Simulating the propagation of boundary-layer disturbances by solving boundary-value and initial-value problems. *Russ. J. Num. Anal. Math. Model.* 39 (1) 2024, 47-59. <https://doi.org/10.1515/rnam-2024-0005> (WoS, Scopus, Q4).

Кузнецова С.А., Бойко А.В., Демьянко К.В., Засько Г.В., Нечепуренко Ю.М. Автоматическая идентификация отрывов трехмерных пограничных слоев // *Прикладная Механика и Техническая Физика*, 2024, Т. 65, № 4, С. 139-151.

Chechkin I.G., Demyanko K.V., Nechepurenko Yu.M. Numerical solution of optimal control problems for linear systems of ordinary differential equations. *Russ. J. Num. Anal. Math. Model.* 39 (4) 2024, 175-185. <https://doi.org/10.1515/rnam-2024-0017> (Wos, Scopus, Q4).

Demyanko K.V., Nechepurenko Yu.M., Chechkin I.G. Comparison of the costs for generating the Tollmien-Schlichting waves and optimal disturbances using optimal blowing-suction. *Doklady Mathematics*. 110, 2024. (Wos Q3, Scopus, Q2).

Khristichenko M. Yu., Nechepurenko Yu. M., Grebennikov D.S., Bocharov G. A. Computation and analysis of stationary solutions of the COVID-19 infection dynamics model. Abstracts of the Fourteenth International Multiconference “Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology (BGRS/SB-2024)”, 5–10 August 2024, Novosibirsk, Russia, p. 2101-2104.

Христиченко М.Ю., Нечепуренко Ю.М., Гребенников Д.С., Бочаров Г.А. Технология численного бифуркационного анализа дифференциальных уравнений с запаздыванием с приложением к моделям инфекционных заболеваний. Материалы Международной конференции «Динамические системы: устойчивость, управление, дифференциальные игры» (SCDG2024), посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Красовского, 9–13 сентября 2024 г., Екатеринбург, Россия, С. 372-376.

Demyanko K.V., Boiko A.V., Nechepurenko Yu.M. On the influence of wavy riblets on the stability of incompressible laminar boundary layers / *International Conference on the Methods of Aerophysical Research*, Novosibirsk, Russia, July, 1 – 5, 2024: Abstracts. Pt. I / Ed. E.I. Kraus; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation: on [et al.]. – Novosibirsk: SB RAS, 2024. P. 53-54. DOI 10.53954/9785604990148\_53.

Nechepurenko Yu.M., Boiko A.V., Demyanko K.V., Zasko G.V. On using the spectral portraits in the numerical study of boundary-layer stability / International Conference on the Methods of Aerophysical Research, Novosibirsk, Russia, July, 1 – 5, 2024: Abstracts. Pt. I / Ed. E.I. Kraus; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation: on [et al.]. – Novosibirsk: SB RAS, 2024. P. 138-139. DOI 10.53954/9785604990148\_138.

Kuznetsova S.A., Boiko A.V., Demyanko K.V., Zasko G.V., Nechepurenko Yu.M. Optimal disturbances of three-dimensional aerodynamic boundary layers / International Conference on the Methods of Aerophysical Research, Novosibirsk, Russia, July, 1 – 5, 2024: Abstracts. Pt. I / Ed. E.I. Kraus; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation: on [et al.]. – Novosibirsk: SB RAS, 2024. P. 81-82. DOI 10.53954/9785604990131\_8.1

Чечкин И.Г., Демьянко К.В., Нечепуренко Ю.М. Численное решение задачи оптимального вдува-отсоса для течения Пуазейля в канале квадратного сечения. Сборник тезисов международной конференции по дифференциальным уравнениям и динамическим системам и международной школы молодых ученых "Моделирование и оптимизация сложных систем", 28 июня - 4 июля 2024 г., Суздаль, Россия, С. 283-284.

Демьянко К.В. О влиянии различных факторов на устойчивость течений жидкости // Тезисы IV Конференции математических центров России, посвященной 300-летию СПбГУ и РАН. Санкт-Петербург 2024. С.185.

A.V. Fursikov. On the stabilization problem by feedback control for some hydrodynamic type system, (53p.) Chapter 1 in collected monograph "Fluids under control" edited by T. Bondar, G.P. Galdi, S. Necasova, 2024: ISSN 2297-0320, ISSN 2297-0339 (electronic) Advances in Mathematical Fluid Mechanics ISBN 978-3-031-47354-8, ISBN 978-3-031-47355-5 (eBook) <http://doi.org/10.1007/978-3-031-47355-5>

А.А. Васильева, А.В. Горшков, Н.П. Заплетин, Л.В. Локуциевский, Г.Г. Магарил-Ильяев, К.Ю. Осипенко, К.С. Рютин, А.В. Фурсиков. Об основных научных результатах последнего времени сотрудников кафедры общих проблем управления // Вестник Моск. Ун-та, сер. I, математика, механика. 2024. №6.

Ноаров А.И. Об одном обобщении оператора дифференцирования // Вопросы науки. 2024г., апрель, № 2, С. 47 – 52.

Metlov Konstantin L. and Michels Andreas. Small-angle neutron scattering signatures of magnetic hopfions. Phys. Rev., 2024, B 109, L220408 – Published 14 June, 2024.

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

Kulesh V., Peskov K., Helmlinger G., Bocharov G. (2024) An integrative mechanistic model of thymocyte dynamics. Front. Immunol. 15:1321309. doi: 10.3389/fimmu.2024.1321309.

Перцев Н.В., Бочаров Г.А., Логинов К.К. Математическое моделирование начального этапа развития ВИЧ-1 инфекции в лимфоузле. Математическая биология и биоинформатика. 2024. Т. 19. № 1. С. 112–154. doi: 10.17537/2024.19.112.

Nikitich A., Helmlinger G., Peskov K., Bocharov G. (2024) Mathematical modeling of endogenous and exogenously administered T cell recirculation in mouse and its application to pharmacokinetic studies of cell therapies. Front. Immunol. 15:1357706. doi: 10.3389/fimmu.2024.1357706.

Locke M., Grebennikov D., Sazonov I., López-García M., Loguinova M, Meyerhans A., Bocharov G., Molina-París C. Exploring the Therapeutic Potential of Defective Interfering Particles in Reducing the Replication of SARS-CoV-2. Mathematics. 2024; 12(12):1904. <https://doi.org/10.3390/math12121904>.

Casella V., Cebollada Rica P., Argilaguet J., Vidal E., González-Cao M., Güerri-Fernandez R., Bocharov G., Meyerhans A. Anti-PD-L1 Immunotherapy of Chronic Virus Infection Improves Virus Control without Augmenting Tissue Damage by Fibrosis. *Viruses*. 2024; 16(5):799. <https://doi.org/10.3390/v16050799>.

Khristichenko, M.Y., Nechepurenko, Y.M., Grebennikov, D.S. et al. Numerical Analysis of Stationary Solutions of Systems with Delayed Argument in Mathematical Immunology. *J Math Sci* 283, 125–138 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10958-024-07243-5>

Bratus A.S, Bocharov G., Grebennikov D. Dynamic Programming-Based Approach to Model Antigen-Driven Immune Repertoire Synthesis. *Mathematics*. 2024; 12(20):3291. <https://doi.org/10.3390/math12203291>.

Grebennikov, Dmitry S., Pivovarov, Bogdan D., Savinkov, Rostislav S., Lobov, Gennady I. and Bocharov, Gennady A. Multi-physics approach to model the lymph transport in the murine immune system. *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, vol. 39, no. 5, 2024, pp. 273-287. <https://doi.org/10.1515/rnam-2024-0024>.

Khristichenko Michael Yu., Mironov Ilya V., Nechepurenko Yuri M., Grebennikov Dmitry S. and Bocharov, Gennady A. Computation and analysis of optimal disturbances of periodic solution of the hepatitis B dynamics model. *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, vol. 39, no. 5, 2024, pp. 289-300. <https://doi.org/10.1515/rnam-2024-0025>.

Б.А. Бахметьев, Г.А. Бочаров, С.Я. Зверев, Н.С. Калашникова. Влияние высокоактивной антиретровирусной терапии на нейроэндокринную регуляцию иммуногенеза у ВИЧ-инфицированных детей // Российский иммунологический журнал, 2024. Т. 27, № 3. С. 723-738. doi: 10.46235/1028-7221-16712-ЕОН.

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

Dobroserdova T., Yurpolskaya L., Vassilevski Y., Svobodov A. Patient-specific input data for predictive modelling of the Fontan procedure. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*. 2024; Vol.19: 16. DOI: 10.1051/mmnp/2024013. WoS Q1.

Yurova A., Lychagin A., Kalinsky E. et al. Automated personalization of biomechanical knee model. *International journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. 2024; 19(5): 891-902. DOI: 10.1007/s11548-024-03075-5. Scopus Q1.

Konshin I., Terekhov K., Vassilevski Y. Strategies with Algebraic Multigrid Method for Coupled Systems. *Lobachevskii Journal of Mathematics*. 2024; 45(1): 251-261. DOI: 10.1134/S199508022401027X. Scopus Q2.

Donskoi A., Medvedev A., Shchudro T. et al. Production Well Placement and History Matching by Hyperparametric Optimization and Machine Learning. *Lobachevskii Journal of Mathematics*. 2024; 45(1): 166-176. DOI: 10.1134/S1995080224010116. Scopus Q2.

Yurova A.S., Tyagunova A.I., Loginov F.B. et al. Движение надколенника и дисфункция его стабилизаторов в биомеханической модели коленного сустава. *Сеченовский вестник*. 2024; 15(1): 47-60. DOI: 10.47093/2218-7332.2024.15.1.47-60. Scopus Q4.

Калинский Е.Б., Юрова А.С., Лычагин А.В. [и др.]. Биомеханическая модель надколенника в норме и при повреждении медиальной пателлофemorальной связки. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2024; 2(56): 45-52. РИНЦ.

Г.В.Золотенкова, Д.К.Валетов, М.П.Полетаева, Ю.В.Василевский. Использование нейронных сетей для оценки возрастных изменений некоторых структур черепа и шейных позвонков по данным КТ снимков (пилотный проект). *Современные технологии в медицине*, 2024, том 16, No.2, 29-39.

М.А. Гузев, Ю.В. Василевский, Е.П. Дац, И.А. Абушкин, Е.В. Хайдуков, М.М. Плантаус, В.М. Чудновский. Лазерная кавитация в трубке, погружённой в ограниченный объём, заполненный жидкостью. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2024, Т.519.

Капырин И.В., Болдырев К.А. Моделирование процессов переноса с учетом химических взаимодействий в программном комплексе GeRa. // Радиоактивные отходы. 2024. № 1 (26). С. 84-92.

Kapyrin I., Konshin I. Parallel Efficiency Analysis of Reactive Transport Simulations Using the GeRa Software. Lecture notes in computer sciences. Принята к печати, 2024.

Grigoriev F., Kapyrin I., Konshin I. OpenMP parallel efficiency for DFM flow and transport model coupled with precipitation–dissolution reactions. Lecture notes in computer sciences, 2024.

A Isaev, T.Dobroserdova, A.Danilov, S.Simakov. Physically Informed Deep Learning Technique for Estimating Blood Flow Parameters in Four-Vessel Junction after the Fontan Procedure. Computation, 2024. 12(3): 41. doi:10.3390/computation12030041.

A.Isaev, T.Dobroserdova, A.Danilov, S Simakov. Physically Informed Deep Learning Technique for Estimating Blood Flow Parameters in Arterial Bifurcations. Lobachevskii Journal of Mathematics, 2024. 45(1): 239–250. doi:10.1134/S1995080224010219.

T.Gamilov, A.Danilov, P Chomakhidze, Ph.Kopylov, S.Simakov. Computational Analysis of Hemodynamic Indices in Multivessel Coronary Artery Disease in the Presence of Myocardial Perfusion Dysfunction. Computation, 2024. 12(6): 110. doi:10.3390/computation12060110.

A.A.Danilov, A.A.Liogky, F.A.Syomin. Temporally and spatially segregated discretization for a coupled electromechanical myocardium model. Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 2024. 39(5): 243–258. doi:10.1515/rnam-2024-0022.

T.K.Dobroserdova, A.A Isaev, A.A.Danilov, S.S.Simakov. Junction conditions for one-dimensional network hemodynamic model for total cavopulmonary connection using physically informed deep learning technique. Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 2024. 39(5): 259–271. doi:10.1515/rnam-2024-0023.

A Abushaikh, K.Terekhov. Adaptive Dynamic Grids and Mimetic Finite Difference Method for Miscible Displacement Problem; Lobachevskii Journal of Mathematics. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1995080224010025>.

A.Danilov, K.Terekhov, Yu.Vassilevski. Dynamic adaptive moving mesh finite volume method for Navier-Stokes equations; Lecture Notes in Computer Science and Engineering, Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-59652-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-59652-0_9).

Lapin, A., Yanbarisov, R. Approximation of the Subdiffusion Equation with Solution-dependent Fractional Time Derivative and Diffusion Coefficient. Lobachevskii J Math 45, 287–298 (2024).

Danilov A.A., Liogky A.A., Syomin, F.A. (2024). Temporally and spatially segregated discretization for a coupled electromechanical myocardium model. Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 39(5), 243-258.

Salamatova V., Liogky A. (2024). Data-Driven Anisotropic Biomembrane Simulation Based on the Laplace Stretch. Computation, 12, 39. (Q2, SJR=0.41).

Liogky A. (2024). Numerical Study of Stress Estimation Methods for Membrane Inflation Experiments. Lobachevskii J. Math. 45, 299–307. (Q2, SJR=0.45).

Simakov S. Analysis of the use of one-dimensional network models of blood flow to assess the hemodynamic coefficients in stenosis coronary arteries. Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, 65(3), 191–202, 2024.

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

A.I.Vlad, A.A.Romanyukha, T.E.Sannikova. Parameter tuning of agent-based models: metaheuristic algorithms // Mathematics, 2024, 12, 2208-2229. <https://doi.org/10.3390/math12142208> Q2 ISSN 22277390.

Е.М.Богородская, С.Е.Борисов, Е.М.Белиловский, А.А.Романюха. Прогностическая оценка интенсивности эпидемического процесса при туберкулезе (моделирование эпидемического процесса, риска исхода). В кн. Эпидемиология туберкулеза. Руководство для врачей ГЭОТАР-Медиа 2024 / под ред. Е.М.Богородской, стр. 134-158, ISBN 978-5-9704-8661-0

Алымова Ю.А., Вашура А.Ю., Ефимова А.И., Руднев С.Г., Сенявин В.М. Оценка изменений состава тела у детей после трансплантации гемопоэтических стволовых клеток с использованием метода разведения дейтерия и рентгеноденситометрии: результаты пилотного исследования // Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2024. Т.23, №2. С.78-89. DOI: 10.24287/1726-1708-2024-23-2-78-89

Шипунов С.Д., Махалин А.В., Ильченко М.А., Сипатрова А.Г., Година Е.З., Руднев С.Г. О результатах апробации антропометра КАФА-Лазер // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. 2024. №3. С.49-57. DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-3-4

Satanin L.A., Evteev A.A., Rudnev S.G., Satanina T.L., Roginsky V.V. Normative reference data for intracranial volume in children: the results of CT volumetry // Child Nervous System. 2024. 40 (6): 1873-1879. DOI: 10.1007/s00381-024-06318-7.

Новиков К.А. Математическое моделирование переноса примеси в поверхностных водах в расчетном коде GeRa // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Математическое моделирование физических процессов. 2024. Вып. 2. С. 60-70.

Yan-ou Yang, Victor Sokolov, Alina Volkova, Xing Liu, Cristina Leon, Yuri Kosinsky, Breann Barker, Xuecheng Zhang, Peter Ordentlich, Jennifer Sheng and Xuejun Chen. Semimechanistic Population PK/PD Modeling of Axatilimab in Healthy Participants and Patients With Solid Tumors or Chronic Graft-Versus-Host Disease. Clinical Pharmacology and Therapeutics (CPT), 2024, 1-12. doi:10.1002/cpt.3503

## **Тема «Математическое моделирование Земной системы»**

### **Подтема «Моделирование климата и его изменений»**

Chernenkov, A.; Volodin, E.; Kostykin, S.; Tarasevich, M.; Vorobyeva, V. Modification and Validation of the Soil–Snow Module in the INM RAS Climate Model. Atmosphere 2024, 15, 422. <https://doi.org/10.3390/atmos15040422>.

Кострыкин С.В., Якушкин И.Г., Стационарные режимы и параметризация экмановского трения в кармановской модели течения вязкой жидкости, возбуждаемого внешней вихревой объемной силой, Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2024, Том 60, № 2, 123–134, <https://doi.org/10.31857/S0002351524020015>

P.A.Ostanin, D.V.Kulyamin, S.V.Kostykin, A.E.Vasilev, V.P.Dymnikov, Four-dimensional variational data assimilation system for the Earth ionosphere // Rus. J. of Num. Anal. Math. Modelling 2024; 39(6).

Maiocchi C.C., Lucarini V., Gritsun A., Sato Y. Heterogeneity of the attractor of the Lorenz '96 model: Lyapunov analysis, unstable periodic orbits, and shadowing properties, Physica D: Nonlinear Phenomena, 2024, 457, 133970.

Tarasevich M., Sakhno A., Blagodatskikh D., Fadeev R., Volodin E., Gritsun A. Scalability of the INM RAS Earth System Model. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 14388, 2024, DOI: 10.1007/978-3-031-49432-1\_16.

Tarasevich M.A., Tsybulin I.V., Volodi, E.M., Gritsun A.S. Analysis and Optimization of Output Operations in the INM RAS Earth System Model. *Supercomputing Frontiers and Innovations*. 10(4), pp. 46–61 (2024), DOI: 10.14529/jsfi23040.5

Chernenkov A, Volodin E, Kostykin S, Tarasevich M, Vorobyeva V. Modification and Validation of the Soil–Snow Module in the INM RAS Climate Model. *Atmosphere*. 2024; 15(4):422. DOI: 10.3390/atmos15040422

Bragina V., Volodin E., Chernenkov A., Tarasevich M. Simulation of climate changes in Northern Eurasia by two versions of the INM RAS Earth system model. *Clim Dyn*. 62, 7783–7797 (2024), DOI: 10.1007/s00382-024-07306-y.

М.А.Тарасевич Инициализация полными полями модели Земной системы ИВМ РАН в сезонном прогнозе по Арктическому региону, Труды 66-й Всероссийской научной конференции МФТИ, 1–6 апреля 2024 г. Прикладная математика и информатика. — М: Физматкнига, стр. 177-178, 2024, ISBN 978-5-89155-414-6.

V.V.Bragina (Vorobyeva), M.A. Tarasevich, E.M.Volodin. Prediction of the Arctic Sea Ice Characteristics for Summer Seasons using the INM RAS Earth System Model, *Russian Meteorology and Hydrology*, 2024, Vol. 49, No. 8, pp. 681–690, DOI:10.3103/S106837392408003X.

P.N.Vargin, V.V.Bragina (Vorobyeva), E.M.Volodin, V.M.Khan, M.A.Tarasevich. Investigation of the Predictability of the Arctic Stratospheric Polar Vortex Variability in the INMCM5 Seasonal Predictions. *Russ. Meteorol. Hydrol.* Vol. 49, No. 8, pp. 700–710. (2024), DOI:10.3103/S1068373924080053.

Volodin, Evgeny M., Blagodatskikh, Dmitry V., Bragina, Vasilisa V., Chernenkov, Alexey Yu., Chernov, Ilya A., Ezhkova, Alisa A., Fadeev, Rostislav Yu., Gritsun, Andrey S., Iakovlev, Nikolay G., Kostykin, Sergey V., Onoprienko, Vladimir A., Petrov, Sergey S., Tarasevich, Maria A. and Tsybulin, Ivan V. Computational framework for the Earth system modelling and the INM-CM6 climate model implemented on its base // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, vol. 39, no. 6, 2024, pp. 379-392. <https://doi.org/10.1515/rnam-2024-0032>.

Bragina, V., Volodin, E., Chernenkov, A., Tarasevich, M. Simulation of climate changes in Northern Eurasia by two versions of the INM RAS Earth system model. *Climate Dynamics*, 2024, 62(8), p. 7783–7797. doi: 10.21203/rs.3.rs-4288899/v1

Chernenkov, A.Yu., Volodin, E.M., Stepanenko, V.M. Nitrogen cycle module for INM RAS climate model. *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, 2024, 39(4), p. 187–197. DOI: 10.1515/rnam-2024-0018.

Seleznev, Aleksei F., Gavrilov, Andrey S., Mukhin, Dmitry N., Gritsun, Andrey S. and Volodin, Evgenii M. ENSO phase locking, asymmetry and predictability in the INMCM Earth system model // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, vol. 39, no. 1, 2024, pp. 35-46.

Mukhin, Dmitry, Safonov, Semen, Gavrilov, Andrey, Gritsun, Andrey and Feigin, Alexander. A new tool for studying seasonality and spatio-temporal structure of ENSO cycles in data and ESM simulations // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, vol. 39, no. 1, 2024, pp. 27-34.

Грицун А.С., Семенова Н.К., Симонов Ю.А., Хан В.М., Христофоров А.В. Анализ сверхдолгосрочных прогнозов метеорологических характеристик формирования стока рек России с помощью модели климата INM-CM5 // «Гидрометеорологические исследования и прогнозы», вып. 4 (394), 2024, 39-57.

Steinig S., Abe-Ouchi A., de Boer A.M., Volodin E.M. et al. DeepMIP-Eocene-p1: multi-model dataset and interactive web application for Eocene climate research. *Sci Data* 11, 970 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03773-4>

Реснянский Ю.Д., Зеленько А.А., Струков Б.С., Степанов В.Н., Хан В.М., Воробьева В.В., Тарасевич М.А., Грицун А.С., Володин Е.М. Оценка успешности воспроизведения океанологических полей в ретроспективных прогнозах по модели земной си-

стемы INMCM5. Метеорология и гидрология, 2024, 3, 5-20. doi: 1052002/0130-2906-2024-3-5-20.

Morozova, P.A., Ushakov, K.V., Semenov, V.A., Volodin E.M. Water Balance of the Caspian Sea in the Last Glacial Maximum and Pre-Industrial Conditions Based on the Experiments with the INMIO-CICE General Sea Circulation Model. Dokl. Earth Sc. 515, 675–679 (2024). <https://doi.org/10.1134/S1028334X23603620>

Aleksandrov, M.S., Volodin, E.M., Vorobyeva, V.V. Study of the PDO Index Predictability for 1 to 5 Years with INMCM5. Oceanology 64, 731–736 (2024). <https://doi.org/10.1134/S0001437024700401>

Черненко А.Ю., Володин Е.М. Новая параметризация землепользования для модели наземного углеродного цикла климатической модели ИВМ РАН. Труды 66-й Всероссийской научной конференции МФТИ, 1–6 апреля 2024 г. Прикладная математика и информатика. — М: Физматкнига, 2024.— ISBN 978-5-89155-414-6.

Chernenkov A.Y., Volodin E.M. New land use parameterization for INM-CM terrestrial carbon cycle module. Numerical Methods and Programming. 2024;25(3):315–325.

Evgeny M. Volodin, Dmitry V. Blagodatskikh, Vasilisa V. Bragina, Alexey Yu. Chernenkov, Ilya A. Chernov, Alisa A. Ezhkova, Rostislav Yu. Fadeev, Andrey S. Gritsun, Nikolay G. Iakovlev, Sergey V. Kostykin, Vladimir A. Onoprienko, Sergey S. Petrov, Maria A. Tarasevich, and Ivan V. Tsybulin, Computational framework for the Earth system modelling and the INM-CM6 climate model implemented on its base. Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2024; 39(6).

V. M. Stepanenko, A. I. Medvedev, V. Yu. Bogomolov, S. K. Shangareeva, A. A. Ryzanova, G. M. Faykin, I. M. Ryzhova, V. I. Suyazova, A. V. Debolskii, and A. Yu. Chernenkov, Land surface scheme TerM: the model formulation, code architecture and applications. Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2024; 39(6).

Gritsun A.S., Volodin E.M., Bragina V.V., Tarasevich M.A. Simulation of modern and future climate by INM-CM6M // Russ. J. Num. Anal. Math. Modelling. - 2024. - Vol. 39, no. 6, pp.329-341. DOI: 10.1515/rnam-2024-0028.

V.M.Khan, E.N.Kruglova, V.A.Tishchenko, I.A.Kulikova, A.V.Subbotin, A.S.Gritsun, E.M.Volodin, M.A.Tarasevich, V.V.Bragina. Verification of seasonal ensemble forecasts based on the INM-CM5 Earth system model // Russian Meteorology and Hydrology, 2024, Vol. 49, No. 7, pp. 587–597. DOI: 10.3103/S1068373924070033.

Yu.D.Resnyanskii, A.A.Zelen'ko, B.S.Strukov, V.N.Stepanov, V.M.Khan, V.V. Vorob'eva, M.A.Tarasevich, A.S.Gritsun, E.M.Volodin. Assessment of the reproducibility of oceanographic fields in retrospective forecasts using the INM-CM5 Earth system model // Russian Meteorology and Hydrology, 2024, Vol. 49, No. 3, pp. 183–194. DOI: 10.3103/S1068373924030014.

Брагина (Воробьева) В. В., Тарасевич М. А., Володин Е. М. Прогноз характеристик морского льда в Арктике на летние сезоны по модели земной системы ИВМ РАН// Метеорология и гидрология, 2024, N 8, с. 36-48. DOI: 10.52002/0130-2906-2024-8-36-48.

Варгин П.Н., Брагина (Воробьева) В.В., Володин Е.М., Хан В.М., Тарасевич М.А. Исследование предсказуемости изменчивости стратосферного полярного вихря в Арктике в сезонных прогнозах климатической модели ИВМ РАН// Метеорология и гидрология, 2024, N 8, с. 60-72. DOI: 10.52002/0130-2906-2024-8-60-72.

Хан В.М., Круглова Е.Н., Тищенко В.А., Куликова И.А., Субботин А.В., Грицун А.С., Володин Е.М., Тарасевич М.А., Брагина (Воробьева) В.В. Верификация сезонных ансамблевых прогнозов на базе модели земной системы INM-CM5 // Метеорология и гидрология, 2024, N 7, с. 40-55. DOI: 10.52002/0130-2906-2024-7-40-55.

Хан В.М., Тищенко В.А., Круглова Е.Н., Субботин А.В., Реснянский Ю.Д., Володин Е.М., Грицун А.С., Воробьева В.В., Тарасевич М.А. Система сезонного метеорологического прогноза на базе модели INM-CM5 // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов / под

редакцией канд. геогр. наук А.А. Алексеевой. – 2024. – Информационный сборник № 51. – С. 21-36.

Тищенко В.А., Хан В.М., Реснянский Ю.Д., Володин Е.М., Грицун А.С., Воробьева В.В., Тарасевич М.А. Метод сверхдолгосрочного прогнозирования состояния климатической системы на основе климатической модели ИВМ РАН INM-CM5 и системы подготовки данных Гидрометцентра России // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов / под редакцией канд. геогр. наук А.А. Алексеевой. – 2024. – Информационный сборник № 51. – С. 37-44.

Володин Е.М., Грицун А.С., Брагина В.В., Черненко А.Ю., Тарасевич М.А. Модель климата ИВМ РАН. Современное состояние, перспективы развития, вероятное участие в следующей фазе международного сравнения климатических моделей // Всероссийская конференция, посвященная памяти академика Александра Михайловича Обухова «Турбулентность, динамика атмосферы и климата». 19–21 ноября 2024 года. Сборник тезисов докладов. М.: Физматкнига, 2024.

#### **Подтема «Математическое моделирование региональных природно-климатических процессов»**

M.A.Tarasova, A.V.Debolskiy, E.V.Mortikov, M.I.Varentsov, A.V.Glazunov, V.M.Stepanenko. On the parameterization of the mean wind profile for urban canopy models. Lobachevskii Journal of Mathematics, 45(7):3198–3210, 2024.

Kadantsev E., Mortikov E., Glazunov A., Kleeorin N., Rogachevskii I. On dissipation timescales of the basic second-order moments: the effect on the energy and flux budget (EFB) turbulence closure for stably stratified turbulence, Nonlin. Processes Geophys., 31, 395–408, <https://doi.org/10.5194/npg-31-395-2024>, 2024.

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

Yermakov A.N., Aloyan A.E., Arutyunyan V.O., Pronchev G.B. A new source of sulfates in the atmosphere, Atmos. Oceanic Opt., 37 (2), 166–173 (2024). <https://doi.org/10.1134/S1024856024700362>.

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

Егоров В.Д. Восстановление объема биомассы лесной растительности по спутниковым данным высокого пространственного разрешения. Развитие подхода // XXII Международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М., Институт космических исследований РАН. 2024.

Дмитриев Е.В., Мельник П.Г., Кондранин Т.В. Использование нейросетевых методов в системе совместной спектрально-текстурной обработки спутниковых изображений высокого и среднего разрешения // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы XI Междунар. науч. конф. Красноярск, 10–13 сентября 2024 г. 2024. С. 25-34.

Дмитриев Е.В., Говедар З., Кондранин Т.В., Мельник П.Г. Дистанционная оценка деградации популяции сербской ели в районе горного массива Великий Столац // Материалы 22-й международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)». Москва: ИКИ РАН, 2024.

Петухов В.И., Дмитриев Е.В. Гомеостаз электрогенных металлов в эпидермисе как феномен самоорганизованной критичности // В книге: Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем. Тезисы докладов 16-й Международной научной конференции. Минск, 2024. С. 226.

Maynard, P., Sokolov, A., Dieudonné, E., & Dmitriev, E. (2024). Software and datas for "Turbulent coherent structures in the atmospheric surface layer revealed by texture analysis and supervised classification of Doppler lidar observations". Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12721839>.

Дмитриев Е.В., Мельник П.Г., Говедар З. Дистанционная оценка динамики состояния популяции ели Панчича после воздействия пожара районе Великий Столац // Тезисы международной конференции "Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг" (FORECO-2024), 16-17 октября 2024, Йошкар-Ола, Россия.

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

Sukhonos P, Gusev A, Diansky N. Investigation of North Atlantic Salinity Long-Term Trends Based on Historical Datasets. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2024. V. 12. N. 8. Article N. 1404. <https://doi.org/10.3390/jmse12081404>.

Ivanov V., Gusev A., Diansky N. Sukhonos P. Modelled response of Arctic and North Atlantic thermohaline structure and circulation to the prolonged unidirectional atmospheric forcing over the Arctic Ocean. *Climate Dynamics*. 2024 V.62. N.7. P.6841–6860. <https://doi.org/10.1007/s00382-024-07239-6>.

Сухонос П.А., Иванов В.В., Дианский Н.А. Долгопериодные тенденции изменения температуры Северной Атлантики по данным океанских реанализов. Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. Т. 515, № 2, с. 674-679 DOI: 10.1134/S1028334X23603589.

Morozov E.G., Bagatinskaya V.V., Bagatinsky V.A., Diansky N.A. Variability of the Temperature Dome of Weddell Sea Deep Water Depending on the Intensity of the Cyclonic Wind Field. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2024, Vol. 60, No. 5, pp. 579–595.

Sukhonos P.A., Ivanov, V.V., Diansky N.A. Long-Period Trends in Water Temperature Changes in the Northern Part of the Atlantic Ocean according to the Ocean Reanalysis Data. *Dokl. Earth Sc.* 515, 669–674 (2024). <https://doi.org/10.1134/S1028334X23603589>.

Коршенко Е.А., Фомин В.В., Дианский Н.А., Завьялов П.О. Воспроизведение гидрометеорологических условий Керченского пролива и их верификация по данным наблюдений. *Метеорология и Гидрология*. Т. 49. № 12. 2024. с. 15-30. DOI 10.52002/0130-2906-2023-2-15-30.

Малых М.К., Дианский Н.А. Особенности формирования крупномасштабных соленостных аномалий в Северной Атлантике и их роль в изменчивости климата. Труды Государственного океанографического института – Москва: ГОИН 2024. Т. 224. С. 104-117.

Турко Н.А., А.А.Лобашев, К.В.Ушаков, М.Н.Кауркин, Л.Ю.Кальницкий, С.В.Семин, Р.А.Ибраев. 2023. Улучшение точности прогноза состояния Мирового океана за счет оптимального расположения измерителей // *Russian Journal of Earth Sciences*. — 2023. — Т. 23. — ES6005. — DOI: 10.2205/2023es000883 — EDN: UOMRDC

A.Lobashev, N.Turko, K.Ushakov, M.Kaurkin, R.Ibrayev. 2023. On the Generalization of Deep Neural Networks for Optimal Sensor Placement in Global Ocean Forecasting, The Symbiosis of Deep Learning and Differential Equations III, New Orleans Ernest N. Morial Convention Center (USA), Dec 16 2023, 12p.

Ушаков К.В., Ибраев Р.А. 2024. Численное моделирование вихревого меридионального переноса тепла в Мировом океане. Всероссийская конференция, посвященная памяти академика А.М. Обухова «Турбулентность, динамика атмосферы и климата», ИФА РАН, Москва, 19 – 22 ноября 2024 года, с. 31.

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

Sukhonos P, Gusev A, Diansky N. Investigation of North Atlantic Salinity Long-Term Trends Based on Historical Datasets. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2024. V. 12. N. 8. Article N. 1404. <https://doi.org/10.3390/jmse12081404>

Тихонова Н.А., Захарчук Е.А., Гусев А.В., Травкин В.С., Павловский А.А. Влияние современных намывов территорий на изменения уровня в Невской губе во время штормовых нагонов в условиях работы комплекса защиты Санкт-Петербурга от наводнений. *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2024. Т. 17. №. 2. С. 103–118. [https://doi.org/10.59887/2073-6673.2024.17\(2\)-9](https://doi.org/10.59887/2073-6673.2024.17(2)-9)

Byshev V, Gusev A, Sidorova A. Multidecadal Phase Changes in the Thermodynamic State of the System: Ocean–Atmosphere–Continent. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2024. V.12 N.5. Article N.758. <https://doi.org/10.3390/jmse12050758>

Ivanov, V., Gusev, A., Diansky, N. Sukhonos, P. Modelled response of Arctic and North Atlantic thermohaline structure and circulation to the prolonged unidirectional atmospheric forcing over the Arctic Ocean. *Climate Dynamics*. 2024 V.62. N.7. P.6841–6860. <https://doi.org/10.1007/s00382-024-07239-6>

Бышев В.И., Гусев А.В., Сидорова А.Н. Концептуальные основы альтернативной физической модели современного климата // *Океанологические исследования*. 2024. № 52(1). С. 5–33. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52\(1\).1](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(1).1)

Бышев В.И., Гусев А.В., Сидорова А.Н. О квазисинхронных мультидекадных фазовых изменениях современного климата и термодинамического состояния Мирового океана // В сборнике «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли». Материалы XI Междунар. науч. конф.: Красноярск. Сибирский федеральный университет (СФУ). 2024. С. 20-24. ISBN 978-5-7638-5052-9

Бышев В.И., Гусев А.В., Сидорова А.Н. О динамике современного климата и его особенностях. В книге: Материалы 22-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (11 - 15 ноября 2024 г). Институт космических исследований Российской академии наук. Москва, 2024.

**Подтема «Создание вычислительного ядра для модели атмосферы нового поколения»**

Day J.J., Svensson G., Casati B., Uttal T., Khalsa S.-J., Bazile E., Akish E., Azouz N., Ferrighi L., Frank H., Gallagher M., Godøy Ø., Hartten L. M., Huang L. X., Holt J., Di Stefano M., Suomi I., Mariani Z., Morris S., Connor E., Pirazzini R., Remes T., Fadeev R., Solomon, A., Tjernström J., and Tolstykh M.: The Year of Polar Prediction site Model Intercomparison Project (YOPPsiteMIP) phase 1: project overview and Arctic winter forecast evaluation, *Geosci. Model Dev.* 2024 V.17, P. 5511–5543, <https://doi.org/10.5194/gmd-17-5511-2024>. (Q1) (WoSCC, Scopus).

Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Зарипов Р.Б., Травова С.В., Гойман Г.С., Алипова К.А., Мизяк В.Г., Тищенко В.А., Круглова Е.Н. Модель долгосрочного метеорологического прогноза ПЛАВ072L96. - *Метеорология и гидрология*, 2024, № 7, с. 25-39. Англ версия М. А. Tolstykh, R. Yu. Fadeev, V. V. Shashkin, R. B. Zaripov, S. V. Travova, G. S. Goyman, K. A. Alipova, V. G. Mizyak, V. A. Tischenko, and E. N. Kruglova. The SLAV072L96 Model for Long-range Meteorological Forecasts *Russian Meteorology and Hydrology*, 2024, Vol. 49, No. 7, pp. 576–586 (WoSCC, Scopus, RSCI).

R.Yu.Fadeev, G.S.Goyman, M.A.Tolstykh. Improving Performance of SLAV Model for Medium Range Weather Prediction. - Lobachevskii Journal of Mathematics, 2024, Vol. 45, No. 7, pp. 3017–3028. (WoS, Scopus).

И.А.Куликова, Р.М.Вильфанд, В.М.Хан, Е.Н.Круглова, В.А.Тищенко, С.В.Емелина, Е.С. Аверина, Е.В.Набокова, А.В.Субботин, К.А.Сумерова, М.А.Толстых, Климатические прогнозы. Часть I. Современное состояние и перспективы развития. Метеорология и гидрология, 2024, № 7, с.5-24 (WoS, Scopus, RSCI)

Р.М.Вильфанд, С.В.Емелина, В.А.Тищенко, М.А.Толстых, В.М.Хан. Статистическая коррекция долгосрочных прогнозов приземной температуры воздуха по модели ПЛАВ для территории Северной Евразии. - Метеорология и гидрология, 2024, № 5. С 5-16. (WoS, Scopus, RSCI).

Алипова К.А., Толстых М.А., Фадеев Р.Ю. Применение стохастических возмущений параметров в версии модели ПЛАВ для долгосрочных прогнозов. - Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2024. № 1 (391). С. 6-23  
DOI: 10.37162/2618-9631-2024-1-6-23 (RSCI).

Fadeev R.Y. Wind Gustiness Parameterization and Long-range Weather Prediction. Russ. Meteorol. Hydrol. 49 (Suppl 1), S64–S74 (2024).  
<https://doi.org/10.3103/S1068373924130041>.

Fadeev R.Yu. "Evaluation of 2010 heatwave prediction skill by SLNE coupled model" Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, vol. 39, no. 4, 2024, pp. 199-208. <https://doi.org/10.1515/rnam-2024-0019>.

Fadeev R.Y., Stepanenko V.M. Numerical Aspects and Implementation of LAKE Scheme into a Global Atmospheric Model SLAV. Lobachevskii J Math 45, 2248–2261 (2024). <https://doi.org/10.1134/S1995080224602601>

Фадеев Р.Ю., Беляев К.П., Кулешов А.А., Реснянский Ю.Д., Смирнов И.Н., Струков Б.С., Зеленько А.А. Численные эксперименты с совместной моделью атмосфера-океан ПЛАВ-NEMO // Математическое моделирование. – 2024. – Т. 36, № 4. – С. 116-132. – DOI 10.20948/mm-2024-04-08.

Alipova K.A., Miziak V.G., Tolstykh M.A., Goyman G.S. Stochastic perturbations in the semi-Lagrangian advection algorithm of the SL-AV global atmosphere model //Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. – 2024. – Т. 39, № 1. С. 1-11.

Shashkin V.V., Goyman G.S., Tretyak I.D. Development of the Next-generation Atmosphere Dynamics Model in Russia: Current State and Prospects. Lobachevskii J Math 45, 3159–3172 (2024). <https://doi.org/10.1134/S1995080224603746>.

## 11. Конференции: организация и участие

ИВМ РАН был одним из организаторов следующих конференций в 2024 году:

1. Всероссийская конференция «Вычислительная математика и приложения», Университет Сириус, Сочи, Россия, 5-9 августа 2024г.
2. Всероссийская научная конференция «Матричные методы и интегральные уравнения», НТУ Сириус, Россия, 12-16 августа 2024г.
3. Школа молодых ученых «Информационные технологии и искусственный интеллект». Сочи, Сириус, 30 августа – 7 сентября 2024 г.
4. Конференция «Индустриальная математика: от математических методов к промышленным технологиям», Сириус, Сочи, 7-11 октября 2024 г.
5. IV русско-китайская школа по математическому моделированию в биомедицинской инженерии, SIAT CAS, Шэньчжэнь, Китай, 10-16 апреля 2024 г.

6. Научно-мемориальная конференция, посвященная 90-летию со дня рождения Н.С. Бахвалова и В.В. Воеводина, ИВМ РАН, Москва, 23 апреля 2024 г.
7. Международная конференция по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды ENVIROMIS-2024. Томск, 1-6 июля 2024 г.
8. Международная конференция «Марчуковские научные чтения 2024» (МНЧ-2024), Академгородок, Новосибирск, Россия, 3 - 7 октября 2024 г.
9. 66-я научная конференция МФТИ, 1–6 апреля 2024 г., МФТИ, Москва-Долгопрудный.
10. Лекторий РНФ, 24 сентября 2024 г., ИВМ РАН, Москва.
11. XVI конференция «Математические модели и численные методы в биологии и медицине», ИВМ РАН, г. Москва, Россия, 31 октября - 1 ноября 2024 г.
12. International conference «Theory of Riemann surfaces: methods and applications», November 11-15, 2024, Sirius.
13. Школа-конференция по тензорным методам в математике и задачах искусственного интеллекта, Совместный университет МГУ-ППИ, г. Шэньчжень, Китай, 11-20 ноября 2024 г.
14. 12 Международная конференция NUMGRID 2024, Москва, ИВМ РАН, 16-17 декабря 2024 г.
15. 4-я Молодежная конференция Отделения Московского центра фундаментальной и прикладной математики в ИВМ РАН, Москва, 24 декабря 2024 г.

Сотрудники института приняли участие в 101 конференциях:

конференции в России – 89,

международные конференции за рубежом – 12.

Всего докладов – 195.

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

### **Подтема «Матричные методы в математике и приложениях»**

Всероссийская научная конференция «Матричные методы и интегральные уравнения», НТУ Сириус, Russia, 12-17 августа 2024.

*А.В. Сетуха.* Моделирование нестационарных электромагнитных процессов в проводящих объектах на основе интегро-дифференциальных уравнений с запаздыванием.

*Ставцев С.Л.* Построение преобуславливателя для малоранговой матрицы при решении задачи дифракции электромагнитной волны с использованием интегрального уравнения.

*Замарашкин Н.Л., Когтнев Д.А.* Solving of one-dimensional hypersingular integral equation using Haar's wavelets.

*Морозов С.В.* Refining uniform approximation algorithm for low-rank Chebyshev embeddings.

*Матвеев С.А.* Неотрицательные малоранговые ТТ-аппроксимации для решения многокомпонентного уравнения коагуляции.

Научная конференция «Тихоновские чтения», МГУ им. Ломоносова, 28 октября – 02 ноября 2024.

*Замарашкин Н.Л., Л.А. Бурцев, А.К. Таумурзаев, С.В. Петров.* Организация быстрых вычислений в алгоритме ALS для канонического разложения тензоров.  
*Замарашкин Н.Л., Когтенов Д.А.* Solving of one-dimensional hypersingular integral equation using Haar's wavelets.  
*Жилин В.А., Матвеев С.А., Смирнов А.П.* Использование адаптивных шагов в задачах агрегации-дробления вещества.  
*Закс Р.Т., Матвеев С.А.* Использование малоранговых аппроксимаций в задаче идентификации функции-источника в уравнении коагуляции-дробления.

Научная конференция «Перспективы математического моделирования физических процессов в многомасштабных геологических средах», 02-06 ноября, Сириус.  
*Замарашкин Н.Л., М.А. Бочев, Д.А. Желтков, Л.А. Книжнерман.* Способ численного решения системы уравнений Максвелла для многих частот, основанный на редукции моделей и вычислении производных по частоте.

Конференция «Probability Techniques in Analysis and Approximation Theory», Санкт-Петербург, Россия, 25-30 ноября 2024.  
*Тыртышников Е.Е.* Low-rank approximation analysis.

Школа-конференция по тензорным методам в математике и задачах искусственного интеллекта, Совместный университет МГУ-ППИ в г. Шэньчжэне, China, 11-20 ноября 2024.  
*Тыртышников Е.Е.* Tensors and optimization.  
*Matveev S.A.* Nonnegative low-rank tensor approximations: alternating projections and fast corrections.  
*Матвеев С.А.* Basics of tensor train.  
*Морозов С.В.* Refining uniform approximation algorithm for low-rank Chebyshev embeddings.

5th International Science and Technology Conference «Modern Network Technologies, MoNeTec - 2024», Москва, Russia, 29-31 октября 2024.  
*Тыртышников Е.Е.* Matrix decompositions and learning from big data.

ICOMP 2024, Иннополис, Russia, 10-12 октября 2024.  
*Тыртышников Е.Е.* Optimization and tensor decompositions.

HPC China 2024, Ухань, China, 24-27 сентября 2024.  
*Тыртышников Е.Е.* How to make computations faster?

Конференция «Математические методы в технике и технологиях», Казань, 3-7 июня 2024.  
*Тыртышников Е.Е.* Вычисления за гранью возможностей суперкомпьютеров.

Евразийская научная конференция «Обратные и некорректные задачи в естествознании и искусственный интеллект», Алма-ата, Kazakhstan, 17-20 апреля 2024.  
*Тыртышников Е.Е.* Well-posed settings for ill-posed problems.

Function Spaces, Analysis and Approximation, Астана, Nazarbaev University, Kazakhstan, 3-6 февраля 2024.  
*Тыртышников Е.Е.* Tensor decompositions in mathematics and applications.

Всероссийская студенческая конкурс-школа им. Игоря Тамма, МЦФМ, Сатис, Россия, 29 января - 3 февраля 2024.

*Тыртышников Е.Е.* Вычислительная математика и суперкомпьютеры.

IV конференция математических центров России, посвященная 300-летию СПбГУ и РАН, Санкт-Петербург, Russia, 6-11 августа 2024.

*Матвеев С.А.* Критические переходы в моделях процессов агрегации и дробления вещества.

Школа-конференция "Матричные методы, искусственный интеллект, науки о Земле", Сириус, 31 августа 2024.

*Тыртышников Е.Е.* Тензорные разложения и их применения.

XV приокская научная конференция Дифференциальные уравнения и смежные вопросы математики, Коломна, ГСГУ, Russia, 14-16 июня 2024.

*Матвеев С.А.* Золь-гель переходы в уравнениях агрегации.

Международная научная конференция "Математика в созвездии наук" к юбилею академика В.А. Садовниченко, Москва, Russia, 1-2 апреля 2024.

*Тыртышников Е.Е.* Матрицы малого ранга в математике и приложениях.

*Матвеев С.А.* Неотрицательные малоранговые аппроксимации в ТТ-формате и их использование при решении многокомпонентного уравнения коагуляции.

Ломоносовские чтения – 2024. Секция вычислительной математики и кибернетики. Факультет ВМК, Москва, Russia, 20 марта – 3 апреля 2024.

*Тыртышников Е.Е., Лукьяненко Д.В., Ягола А.Г., Валиахметов Б.И.* Малоранговые аппроксимации в обратных задачах дистанционного зондирования.

*Матвеев С.А.* Фазовые переходы в уравнениях агрегации с источником мономеров.

*Матвеев С.А., Дьяченко Р.Р., Валиахметов Б.И.* Мозаично-скелетонные аппроксимации для быстрого решения уравнений Смолуховского с полноранговыми ядрами.

Конференция: XIX Международная конференция «Супервычисления и математическое моделирование». 20-25 мая 2024, г. Саров.

*А.В.Сетуха.* Моделирование электромагнитных процессов в проводящих объектах с использованием интегро-дифференциальных уравнений во временной области.

Вычислительная математика и приложения, Сириус, Сочи, 5-9 августа 2024.

*А.В.Сетуха.* Решение краевых задач электродинамики с импедансным граничным условием методом граничных интегральных уравнений.

Индустриальная математика: от математических методов к промышленным технологиям, Сириус, Russia, 7-11 октября 2024.

*А.В.Сетуха.* Разработка математических моделей и комплекса программ для расчета электромагнитных характеристик технических объектов.

Актуальные проблемы электродинамики – 2024. Международная конференция к столетию со дня рождения Алексея Георгиевича Свешникова, Москва, Russia, 19-20 ноября 2024.

*А.В.Сетуха.* О численном решении краевых задач электродинамики с импедансными граничными условиями методом граничных интегральных уравнений.

Марчуковские научные чтения, 7-11 октября 2024, ИВМиМГ РАН.

*Книжнерман Л. А.* Сравнение невязок в методе Ланцоша и методе минимальных невязок при численном решении систем линейных алгебраических уравнений с симметричными закононеопределёнными матрицами.

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

Международная конференция по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2024, Томск.

*Пармузин Е.И., Захарова Н.Б., Агошков В.И., Лёзина Н.Р., Шевченко Б.С.* Использование данных информационной системы “See the Sea” в задачах моделирования термодинамики Черного, Азовского и Мраморного морей.

Конференция "Вычислительная математика и приложения", Университет Сириус, Сочи, Россия, 5-9 августа 2024 г.

*Шутяев В.П.* Ковариационные операторы ошибок оптимального решения в задачах вариационного усвоения данных.

Международная конференция «Марчуковские научные чтения 2024» (МНЧ-2022), Академгородок, Новосибирск, Россия, 3 - 7 октября 2024 г.

*Шутяев В.П., Пармузин Е.И., Геджадзе И.Ю.* Чувствительность функций отклика в задачах вариационного усвоения данных.

*В.И. Агошков, В.П. Шутяев, Е.И. Пармузин, Н.Б. Захарова, Т.О. Шелопут, Н.Р. Лёзина.* Методы вариационной ассимиляции в задачах геофизической гидродинамики.

*Т.О. Шелопут, Н.Б. Захарова, И.А. Косолапов, Р.Р. Дьяченко.* Сравнение некоторых подходов к сжатию и интерполяции данных о температуре Черного моря.

Лекторий РНФ, 24 сентября 2024 г., ИВМ РАН, Москва.

*Шутяев В.П.* Анализ и разработка устойчивых алгоритмов вариационного усвоения данных в задачах геофизической гидродинамики.

*Агошков В.И., Захарова Н.Б., Пармузин Е.И., Шутяев В.П., Шелопут Т.О., Лёзина Н.Р., Шевченко Б.С., Косолапов И.* Информационно – вычислительная система вариационной ассимиляции данных наблюдений «ИВМ РАН – Черное море» и её интеграция с программно-аппаратным комплексом ЦКП «ИКИ-Мониторинг».

III международная научно-прикладная конференция «ГИС для цифрового развития. Применение геоинформационных систем и дистанционного зондирования в науке и управлении», 20-21 ноября 2024г. Якутск, Россия (<https://conf.gis14.ru/#about>).

*Захарова Н.Б., Агошков В.И., Пармузин Е.И., Шелопут Т.О., Шутяев В.П., Лёзина Н.Р., Фомин В.В., Шевченко Б.С.* Использование данных системы мониторинга «See the Sea» в задачах моделирования термодинамики Черного и Азовского морей.

Двадцать вторая международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», ИКИ РАН, Москва, 11 – 15 ноября 2024 г.

*Пармузин Е.И., Агошков В.И., Лёзина Н.Р.* Вариационная ассимиляция оперативных данных наблюдений со спутников в численной модели гидротермодинамики Черного и Азовского морей.

*В.Д. Макарычев, Н.Б. Захарова.* Верификация метода вариационной ассимиляции наблюдений в модели гидротермодинамики Черного, Азовского и Мраморного морей по данным буев ARGO.

*Б.С. Шевченко, Н.Б. Захарова.* Контроль данных о температуре поверхности моря с космического аппарата Метеор-М по данным с других источников.

8-я международная школа – конференция «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2024), 24-28 июня 2024 г., Иркутск.

*Б.С. Шевченко, Н.Б. Захарова.* Алгоритмы обработки данных дистанционного зондирования в задачах вариационной ассимиляции данных.

4-я молодежная конференция Отделения Московского центра фундаментальной и прикладной математики в ИВМ РАН, декабрь 2024, ИВМ РАН.

*Захарова Н.Б.* Итоги работы Отделения Матцентра в ИВМ РАН.

10th Optical Workshop, 18-19 июля 2024 г., Москва.

*T.O. Sheloput.* An investigation of the structure of perturbation coefficients for compensation of fiber nonlinear distortions.

Первая международная школа конференция по тензорным методам в математике и задачах искусственного интеллекта, 11-20 ноября 2024 г., Китай, г. Шеньчжэнь

*T. Sheloput, N. Zamaraashkin, D. Zheltkov, I. Kosolapov, R. Dyachenko.* An investigation of the structure of perturbation coefficients for compensation of fiber nonlinear distortions.

66я всероссийская научная конференция МФТИ, 1-6 апреля 2024 г., Москва

*Косолапов И.А., Шелопут Т.О. Замарашкин Н.Л., Желтков Д.А.* Применение дискретного преобразования Хаара для уменьшения количества умножений в задаче компенсации нелинейных искажений в волоконной оптике.

Тихоновские чтения, 28 октября - 02 ноября 2024 г., г. Москва.

*Косолапов И.А., Шелопут Т.О. Замарашкин Н.Л., Желтков Д.А., Дьяченко Р.Р.* Исследование структуры матрицы коэффициентов РВМ-модели для уменьшения вычислительной сложности фильтрации нелинейных искажений.

### **Подтема «Оптимальные методы в задачах вычислительной математики»**

Семинар по комплексному анализу (Семинар Гончара) 22 апреля 2024 г.

*А.Б. Богатырёв.* Четырех-полосный фильтр: инструкция пользователя.

Beijing–Moscow Mathematics Colloquium, 29 марта 2024 г.

*А.В. Bogatyrev.* Solvable Pell-Abel equations.

Графы на поверхностях и кривые над числовыми полями, 14 февраля 2024 г.

*А.В. Bogatyrev.* Multiband electrical filters and Riemann surfaces.

International conference «Theory of Riemann surfaces: methods and applications», 15 Nov 2024, Sirius.

*А.В. Bogatyrev.* Efficient variational formulas for Schottky model of Riemann surfaces.

Индустриальная математика: от математических методов к промышленным технологиям, 10 октября 2024, МЦ Сириус.

*А.Б. Богатырев, С.А. Горейнов.* Равномерные рациональные приближения и оптимальный синтез микроволновых фильтров.

Вторая российско-армянская конференция по анализу и дифференциальным уравнениям, МЦ Сириус, 10 сентября 2024 года.  
*А.Б. Богатырев.* Фильтры Штифеля.

Научная конференция «Вычислительная математика и приложения», 5–9 августа 2024.  
*А.Б. Богатырев.* Вычислительные методы теории римановых поверхностей,

Sino-Russian Bilateral International Mathematics Conference, Шанхайский университет, Шанхай, КНР, 20–24 мая 2024 г.

*A. Bogatyrev.* Chebyshev Ansatz for multiband filtering: a review.

The Fourteenth International Multiconference “Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology (BGRS/SB-2024)”, 5–10 August 2024, Novosibirsk, Russia.  
*Khristichenko M.Yu., Nечепуренко Yu.M., Grebennikov D.S., Bocharov G.A.* Computation and analysis of stationary solutions of the COVID-19 infection dynamics model.

Международная конференция «Динамические системы: устойчивость, управление, дифференциальные игры» (SCDG2024), посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Красовского, 9–13 сентября 2024 г., Екатеринбург, Россия.

*Христиченко М.Ю., Нечепуренко Ю.М., Гребенников Д.С., Бочаров Г.А.* Технология численного бифуркационного анализа дифференциальных уравнений с запаздыванием с приложением к моделям инфекционных заболеваний.

XXII международная конференция по методам аэрофизических исследований, Новосибирск, Россия, 1–5 июля 2024 г.

*Demyanko K.V., Boiko A.V., Nечепуренко Yu.M.* On the influence of wavy riblets on the stability of incompressible laminar boundary layers.

*Nечепуренко Yu.M., Boiko A.V., Demyanko K.V., Zasko G.V.* On using the spectral portraits in the numerical study of boundary-layer stability.

*Kuznetsova S.A., Boiko A.V., Demyanko K.V., Zasko G.V., Nечепуренко Yu.M.* Optimal disturbances of three-dimensional aerodynamic boundary layers.

Международная школа молодых ученых "Моделирование и оптимизация сложных систем", 28 июня – 4 июля 2024 г., Суздаль, Россия.

*Чечкин И.Г., Демьянко К.В., Нечепуренко Ю.М.* Численное решение задачи оптимального вдува-отсоса для течения Пуазейля в канале квадратного сечения.

Конференция математических центров России, посвященная 300-летию СПбГУ и РАН, г. Санкт-Петербург, 2024.

*Демьянко К.В.* О влиянии различных факторов на устойчивость течений жидкости.

Семинар «Теоретическая и прикладная механика», 26 апреля 2024 г., ИТПМ СО РАН, Новосибирск.

*Засько Г.В.* Численный анализ немодовой устойчивости турбулентных течений.

Школа-конференция «Неголономные дни в Переславле» 26-30.08.2024.

*Фурсиков А.В.* О проблеме стабилизации некоторых систем гидродинамического типа посредством управления с обратной связью.

Ломоносовские чтения -2024.

*Корнев А.А.* Численное исследование структуры вихрей Тейлора.

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

Всероссийская конференция "Математические проблемы механики сплошных сред", посвященная 105-летию со дня рождения академика Л.В. Овсянникова, с 13 по 17 мая 2024 года, г. Новосибирск, Академгородок.

*Бочаров Г.А., Гребенников Д.С., Савинков Р.С.* Математическое моделирование лимфатической системы человека и животных.

Международная конференция: 14-th International Multiconference "Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology", 05-10 August 2024, Novosibirsk, Russia (Новосибирск, Академгородок).

*Бочаров Г.А., Гребенников Д.С., Савинков Р.С.* System immunology: multi-physics modelling approach.

*Бочаров Г.А.* Frontier modelling challenges in mathematical immunology.

Международная конференция "Марчуковские научные чтения – 2024". Академгородок, Новосибирск, 7-11 октября 2024 г.

*Бочаров Г.А., Гребенников Д.С., Савинков Р.С.* Математическое моделирование в иммунологии.

Всероссийская конференция «Объединенный иммунологический форум – 2024», Псковская область, Пушкинские Горы, 29 июня – 4 июля 2024 года.

*Бочаров Г.А.* Системный подход в иммунологии. ()

Лекторий РНФ, ИВМ РАН, 24 сентября 2024 г.

*Бочаров Г.А.* Математические модели и методы мультифизического описания и анализа иммунной системы в норме и при инфекционных заболеваниях.

Международная конференция "The 2nd International Conference «Nonlocal and Nonlinear Problems". РУДН, Москва, 13-20 октября, 2024 года.

*Бочаров Г.А., Гребенников Д.С., Савинков Р.С.* Nonlinear and non-local problems in mathematical immunology.

Международная конференция "VI международная конференция ПОСТГЕНОМ'2024 ". РУДН, Москва, 29 октября – 2 ноября 2024 года.

*Бочаров Г.А., Гребенников Д.С., Савинков Р.С.* Mathematical models and methods for systems immunology.

Международная конференции "Workshop on Optimization models in epidemiology", Institute of Mathematics of Uzbekistan Academy of Science and Uzbek Mathematical Society, Tashkent, Uzbekistan October 1–3, 2024.

*Бочаров Г.А.* Mathematical modelling in immunology.

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

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 21.02.2024.

*Василевский Ю.В.* Математические модели в областях, близких к реальной анатомии.

XXI Международная конференция «Перспективы развития фундаментальных наук», Томск, 23.04. 2024.

*Василевский Ю.В.* Приближенное решение краевых задач на сетках с многогранными ячейками.

Международная конференция «Современные вычислительные технологии математического моделирования», СВФУ, Якутск, 7.06. 2024.

*Василевский Ю.В.* Выделение связных компонент порового пространства и частичная задача на собственные значения.

Конференция «Вычислительная математика и приложения», Международный математический центр «Сириус», 9.08. 2024.

*Василевский Ю.В.* Выделение связных компонент порового пространства и частичная задача на собственные значения.

*Симаков С.С.* Использование математических моделей кровотока в медицинских приложениях.

4-ая всероссийская конференция «Математика в медицине», ИМ СО РАН, Новосибирск, 2.10. 2024.

*Василевский Ю.В.* Персонализированные биомеханические модели подсистем опорно-двигательного аппарата.

Всероссийская конференция «Обратные некорректные задачи и машинное обучение». Международный математический центр «Сириус», 15.10. 2024.

*Василевский Ю.В.* Оптимизация положения добывающей скважины и адаптация геологической модели посредством гиперпараметрической оптимизации.

Международная конференция «Quasilinear equations, inverse problems, and their applications», Международный математический центр «Сириус», 18.10. 2024.

*Василевский Ю.В.* Extracting connectivity paths in digital core and partial minimum eigenvalue.

XIX международная конференция «Супервычисления и математическое моделирование». 20 – 24 мая 2024 г., г. Саров.

*И.В. Капырин, К.А. Болдырев, И.Н. Коншин.* Модели переноса в подземных водах с учетом геохимических взаимодействий и изменения свойств вмещающих пород.

Семинар «МЕХАНИКА: эксперимент, моделирование, приложения», 13 июня 2024 г.

*И.В. Капырин.* Методы численного геофильтрационного и геомиграционного моделирования в задачах оценки безопасности объектов атомной отрасли.

Международная конференция «Суперкомпьютерные дни в России 2024», г.Москва, 23-24 сентября 2024 г.

*Kapryin I., Konshin I.* Parallel Efficiency Analysis of Reactive Transport Simulations Using the GeRa Software.

*Grigoriev F., Kapryin I., Konshin I.* OpenMP parallel efficiency for DFM flow and transport model coupled with precipitation–dissolution reactions.

Конгресс российского общества рентгенологов и радиологов, 6–8 ноября 2024 г., г. Москва, Россия.

*А.А. Данилов, А.А. Реброва, Т.М. Гамилов, С.С. Симаков, Ф.Ю. Копылов.* Методы сегментации КТ снимков для персонализации математических моделей коронарного кровотока.

Всероссийская конференция «Биомеханика – 2024» (онлайн, 15 февраля 2024).

*Терехов К.М.* Численные методы для расчета течения и свертываемости крови в подвижных областях.

*Легкий А.А.* Численное исследование применимости закона Лапласа к оценке напряжений раздутой мембраны.

IV конференция математических центров (Санкт-Петербург, 10 августа 2024).

*Терехов К.М.* Конечно-объемная технология и многосеточный алгебраический метод для решения много-физических задач.

Конференция «Индустриальная математика от математических методов к промышленным технологиям» (Сириус, октябрь 2024).

*Терехов К.М.* О моделировании течения многофазной жидкости в пористых средах проекционным методом.

Лекторий РНФ (ИВМ РАН, 24 сентября 2024).

*Терехов К.М.* Массивно-параллельные конечно-объемные методы для решения мультифизических задач.

*Симаков С.С.* Исследование механизмов и определяющих факторов остаточной миокардиальной ишемии после лечения стенозов коронарных артерий с помощью вычислительных биомеханических моделей, основанных на мультимодальных медицинских изображениях.

X международная конференция «Quasilinear Equations, Inverse Problems and their Applications» (пгт. Сириус, октябрь 2024 г.).

*А.В. Лапин.* Grid approximation of an obstacle subdiffusion problem with a fractional time derivative.

XVI всероссийская конференция «Математические модели и численные методы в биологии и медицине» (ИВМ РАН, г.Москва, ноябрь 2024 г.)

*Янбарисов Р.М.* Экономичная аппроксимация дробной производной для задач гемодинамики.

*Легкий А.А., Данилов А.А., Сёмин Ф.А.* Численная схема расщепления по процессам для моделирования сопряжённой электромеханики миокарда.

International Forum on Intelligent Computing in Rehabilitation Medicine, Shenzhen Institute of Advanced Technology (SIAT), China, April 12, 2024.

*Легкий А.А.* Whole-organ scale simulation of cardiac electromechanics: models and applications.

Всероссийская конференция “Математические проблемы механики сплошных сред”, посвященная 105-летию со дня рождения академика Л.В. Овсянникова, Новосибирск, Россия, 13–17 мая 2024.

*Симаков С.С.* Моделирование кровотока в областях соединения сосудов с помощью физически информированных нейросетей.

Международная конференция по дифференциальным уравнениям и динамическим системам (DIFF-2024), Суздаль, Россия, 28 июня – 3 июля 2024.

*Симаков С.С.* Компьютерный анализ показателей гемодинамики при многососудистой ишемической болезни сердца на фоне нарушения перфузии миокарда.

IV всероссийская конференция с международным участием “Математика в медицине”, Новосибирск, Россия, 30 сентября – 5 октября 2024.

*Симаков С.С.* Одномерная модель кровотока в сосудистой сети с использованием физически информированной нейронной сети для областей соединения сосудов.

Главный научный семинар университета Иннополис «Иннополис. Наука», Иннополис, Россия, 16 августа 2024.

*Симаков С.С.* Об осреднённых математических моделях кровотока и их использовании в медицинских задачах.

Открытая лекция в рамках Bootcamp для студентов первого курса, Иннополис, Россия, 17 августа 2024.

*Симаков С.С.* Физически обоснованные цифровые двойники кровеносной и дыхательной систем в персонализированной медицине и физиологии.

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

XII ежегодная научно-практическая конференция московских фтизиатров с международным участием «Различные подходы к профилактике туберкулеза», 05-06 сентября 2024 года, Москва

*А.А. Романюха, А.С. Каркач, Т.Е. Санникова.* Картографическое представление плотности очагов туберкулезной инфекции.

XIII конгресс «Национальной Ассоциации Фтизиатров», 27 по 29 ноября 2024 г., Санкт-Петербург.

*А.А. Романюха, А.С. Каркач, Т.Е. Санникова.* Геоинформационное и картографическое обеспечение медицинских исследований во фтизиатрии.

IAEA 3rd Research Coordination Meeting on Applying Nuclear Nutrition Techniques to Improve Outcomes for Childhood Cancer in LMIC (4-7 июня 2024 г., Вена, Австрия).

*Руднев С.Г., А.Ю. Вашура, Ю.А. Алымова, А.И. Ефимова, В.М. Сенявин.* Body composition assessment using deuterium dilution techniques in children with oncological and hematological diseases undergoing HSCT: a prospective study.

XIV всероссийское совещание по проблемам управления, г. Москва, Россия, 17 – 20 июня 2024.

*Влад А.И., Санникова Т.Е.* Анализ метаэвристических методов идентификации параметров для агентных моделей.

XVI конференция «Математические модели и численные методы в биологии и медицине», г. Москва, Россия, 31 октября - 1 ноября 2024.

*Влад А.И., Санникова Т.Е.* Метаэвристические методы идентификации параметров для агентных моделей.

## Тема «Математическое моделирование Земной системы»

### Подтема «Моделирование климата и его изменений»

Восьмой объединенный всероссийский метеорологический и гидрологический съезд, Санкт – Петербург, 29-31 октября, 2024 г.

*Кулямин Д.В., Дымников В.П.* Усвоение данных в современных моделях динамики ионосферы.

Конференция по моделированию и прогнозированию глобального климата, Сочи, 20-22 февраля, 2024 г.

*Кулямин Д.В., Дымников В.П.* Перспективы развития моделей верхней атмосферы ИВМ РАН.

*Кулямин Д.В., Останин П.А., Дымников В.П.* Развитие глобальной модели ионосферы Земли с системой усвоения как Блока перспективной модели Земной системы.

Всероссийская конференция с международным участием "VIII Всероссийский объединенный метеорологический и гидрологический съезд" (Санкт-Петербург, 29-31 октября, 2024 г.).

*Кулямин Д.В., Дымников В.П.* Усвоение данных в современных моделях динамики ионосферы.

Конференция "Национальная модель Земной системы: теория, технологии и результаты". Сириус, 20-22.02.2024.

*Володин Е.М.* Модель климата ИВМ РАН. Современное состояние и ближайшие перспективы.

*Гришун А.С.* Национальная модель климатической системы Земли: современное состояние, направления использования и перспективы развития.

*Тарасевич М.А., Воробьева В.В., Володин Е.М.* Ретроспективные сезонные прогнозы состояния морского льда в Арктике с моделью Земной системы ИВМ РАН.

*Воробьева В.В., Володин Е.М.* Учет малых парниковых газов в модели Земной системы ИВМ РАН.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М., Степаненко В.М.* Модель азотного цикла в наземных экосистемах для МЗС ИВМ РАН.

*Кострыкин С.В.* Настройка аэрозольного блока в модели INMCM для воспроизведения термического отклика на вулканическое воздействие.

*Кулямин Д.В., Останин П.А., Дымников В.П.* Развитие глобальной модели ионосферы Земли с системой усвоения как блока перспективной модели Земной Системы.

*Кулямин Д.В., Дымников В.П.* Перспективы развития моделей верхней атмосферы ИВМ РАН.

*Благодатских Д.В.* Реализация в модели INMOM новой бездиссипативной схемы адвекции скаляров КАБАРЕ на основе метода характеристик.

*Тарасевич М.А., Цыбулин И.В.* Перспективная версия модели Земной системы: как ей пользоваться и как принять участие в разработке.

*Яковлев Н.Г.* Развитие блока динамики океана модели климата.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М.* Новая параметризация землепользования для модели наземного углеродного цикла.

*Степаненко В.М., Медведев А.И., Богомолов В.Ю., Рязанова А.А., Ломов В.А., Черненко А.Ю., Файкин Г.М., Шангареева С.К., Варенцов М.И., Тарасова М.А., Суязова В.И., Романенко В.А., Энтин А.Л., Рыжова И.М.* Модель деятельного слоя суши ИВМ РАН-МГУ (TerM): разработка и приложения в автономном режиме и в модели Земной системы.

*Оноприенко В.А., Черненко А.Ю., Благодатских Д.В., Фадеев Р.Ю.* Система совместного моделирования для модели Земной системы ИВМ РАН.

Международная конференция по измерению, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды. ENVIROMIS-2024, Томск, 01-06.07.2024.

*Володин Е.М., Грицун А.С., Воробьева В.В., Тарасевич М.А., Черненко А.Ю.* Модель климата ИВМ РАН. Текущее состояние, планируемые изменения и вероятное участие в СМIP7.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М.* Новая версия модуля наземного углеродного цикла для Модели Земной системы ИВМ РАН.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М., Степаненко В.М.* Параметризация азотного цикла в наземных экосистемах для Модели Земной системы ИВМ РАН.

*Тарасевич М.А., Володин Е.М.* Подготовка начальных данных для ретроспективных сезонных прогнозов модели Земной системы ИВМ РАН с использованием техники притягивания.

*Кострыкин С.В., Черненко А.Ю., Гинзбург В.А., Ревакатова А.П.* Моделирование жизненного цикла черного углерода в атмосфере с помощью климатической модели INMCM.

*Володин Е.М., Грицун А.С., Воробьева В.В., Тарасевич М.А., Черненко А.Ю.* Модель климата ИВМ РАН: текущее состояние, планируемые изменения и вероятное участие в СМIP7.

8-й всероссийский объединенный метеорологический и гидрологический съезд. Санкт-Петербург, 29-31.10.2024.

*Володин Е.М.* Национальная модель Земной системы. Современное состояние и перспективы развития.

XXI научная школа "Нелинейные волны", Нижний Новгород, 5-11 ноября 2024 г..

*Володин Е.М., Брагина В.В., Черненко А.Ю., Тарасевич М.А.* Перспективы участия модели климата ИВМ РАН в международном сравнении СМIP7.

*Тарасевич М.А., Володин Е.М.* Использование техники Ньютоновской релаксации для инициализации ретроспективных сезонных прогнозов модели Земной системы ИВМ РАН.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М.* Новая версия параметризации наземного углеродного цикла для Модели Земной системы ИВМ РАН.

Всероссийская конференция "Динамика атмосферы и климата", Москва, 19-21 ноября 2024 г.

*Володин Е.М., Грицун А.С., Брагина В.В., Черненко А.Ю., Тарасевич М.А.* Модель климата ИВМ РАН. Современное состояние, перспективы развития, вероятное участие в следующей фазе международного сравнения климатических моделей.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М.* Оценка поглощения углерода из атмосферы наземными экосистемами с помощью Модели Земной системы ИВМ РАН.

*Тарасевич М.А., Володин Е.М.* Инициализация сезонных ретроспективных прогнозов климатической модели INMCM5 с использованием техники притягивания.

V всероссийская конференция с международным участием «Турбулентность, динамика атмосферы и климата». Москва, 19-21 ноября 2024 г.

*Володин Е., Грицун А., Брагина В., Черненко А., Тарасевич М.* Модель климата ИВМ РАН. Современное состояние, перспективы развития, вероятное участие в следующей фазе международного сравнения климатических моделей.

Всероссийская конференция «Национальная система мониторинга климатически активных веществ: проблемы и решения», Москва, 4-5 декабря 2024.

*Грицун А.С.* Национальная модель климатической системы Земли: современное состояние, направления использования и перспективы развития.

Международная конференция *Frontiers of nonlinear physics (FNP-2024)*. Москва-Кострома, 1-6 сентября 2024 г.

*Грицун А.С.* National model of the Earth climate system: current state, areas of use and development prospects.

Школа молодых ученых «Информационные технологии и искусственный интеллект». Сочи, Сириус, 30 августа – 7 сентября 2024 г.

*Грицун А.С.* Устойчивость, неустойчивость и хаос в моделях динамики атмосферы и климата.

Школа молодых ученых «Климатическая система Земли: диагностика, моделирование и прогноз», 15-20 октября 2024 г.

*Грицун А.С.* Устойчивость, неустойчивость и хаос в моделях динамики атмосферы и климата.

66-я всероссийская научная конференция МФТИ Москва, Россия, 1-6 апреля 2024 г.

*Ежкова А.А., Оноприенко В.А., Благодатских Д.В., Яковлев Н.Г.* Воспроизведение морского льда Северного Ледовитого океана в модели ИВМ РАН.

VIII всероссийская научная конференция молодых ученых «Комплексные исследования Мирового океана» г. Владивосток, 13-17 мая 2024 г.

*Ежкова А.А., Оноприенко В.А., Благодатских Д.В., Яковлев Н.Г.* Перспективы использования схемы с коррекцией потоков для переноса характеристик морского льда в модели INMoscap.

V всероссийская конференция с международным участием «Турбулентность, динамика атмосферы и климата». Москва, 19-21 ноября 2024 г.

*Тарасевич М.А., Володин Е.М.* Инициализация сезонных ретроспективных прогнозов климатической модели INMCM5 с использованием техники притягивания.

*Володин Е., Грицун А., Брагина В., Черненко А., Тарасевич М.* Модель климата ИВМ РАН. Современное состояние, перспективы развития, вероятное участие в следующей фазе международного сравнения климатических моделей.

66-я всероссийская научная конференция МФТИ, 1–6 апреля 2024 г. Прикладная математика и информатика.

*М.А.Тарасевич.* Инициализация полными полями модели Земной системы ИВМ РАН в сезонном прогнозе по Арктическому региону.

The 13th Arctic Climate Forum, May 22-23 2024.

*A.Revina, S.Emelina, M.Tarasevich, V.Bragina.* Bioclimatic indexes in the Arctic: summary for October 2023– April 2024 and weather Comfort Outlook for summer 2024.

*A.Tivy, B.Merryfield, A.Dirkson, G.Diro, C.Reader, M.Sigmond, V.Bragina (Vorobyeva), M.A.Tarasevich, E.M.Volodin, A.S.Gritsun, A.Pryszczy, B.Brettschneide.* Winter 2023/24 Sea Ice Outlook Verification and Outlook for Summer 2024.

The 14th Arctic Climate Forum, October 23-24 2024.

*A.Revina, S.Emelina, M.Tarasevich, V.Bragina.* Bioclimatic indexes in the Arctic: summary for May 2024– September 2024 and weather Comfort Outlook for winter 2024/2025.

*A.Tivy, B.Merryfield, A.Dirkson, G.Diro, C.Reader, M.Sigmond, V.V.Bragina, M.A.Tarasevich, E.M.Volodin, A.S.Gritsun.* Summer 2024 Sea Ice Outlook Verification and Outlook for Winter 2024/25.

X международная конференция "Суперкомпьютерные дни в России". Москва, 23-24 сентября 2024 г.

*M.A.Tarasevich, И.В.Цыбулин, В.В.Брагина, Е.М.Володин.* Производительность параллельного вывода данных в NetCDF в модели Земной системы ИВМ РАН.

*Bragina V., Volodin E., Gritsun A., Tarasevich M., Chernenkov A.* The INMCM Earth System Model as a climate change prediction tool.

Научно-технологический университет «Сириус», Школа «Матричные методы, искусственный интеллект, науки о Земле», Секция «Математика и искусственный интеллект в науках о Земле».

*Склярова Ю., Козлов Н., Гребеников Д., Киреев Б., Володин Е.М., Брагина В.В., Тарасевич М.А., Черненко А.Ю.* Исследование отклика климатической системы на внешние воздействия с помощью МЗС ИВМ РАН.

Scientific and Educational BRICs Congress on Ecology and Climate Change, October 20-21, 2024, Sirius.

*M.Tarasevich.* Seasonal and annual-to-decadal predictions with the INM RAS Earth system model.

66-ая всероссийская научная конференция МФТИ, 1-6 апреля 2024 г., Москва.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М.* Новая параметризация землепользования для модели наземного углеродного цикла климатической модели ИВМ РАН.

Научно-образовательный конгресс БРИКС по вопросам экологии и изменения климата, 20-21 октября 2024 г., ф.т. Сириус.

*A. Chernenkov,* Estimates of carbon uptake by terrestrial ecosystems by INM RAS climate model.

V всероссийская конференция «Турбулентность, динамика атмосферы и климата», 19-21 октября 2024 г., Москва.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М.* Оценка поглощения углерода из атмосферы наземными экосистемами с помощью Модели Земной системы ИВМ РАН.

*Володин Е.М., Грицун А.С., Брагина В.В., Черненко А.Ю., Тарасевич М.А.* Модель климата ИВМ РАН. Современное состояние, перспективы развития, вероятное участие в следующей фазе международного сравнения климатических моделей.

*Степаненко В.М., Медведев А.И., Богомолов В.Ю., Шангареева С.К., Рязанова А.А., Файкин Г.М., Рыжова И.М., Суязова В.И., Дебольский А.В., Черненко А.Ю.* Математическая модель деятельного слоя суши TerM: численное исследование гидрологического и углеродного циклов суши в условиях изменения климата.

Заседание секции Ученого совета по метеорологическим прогнозам Гидрометцентра России от 25.06.2024 г.

*Реснянский Ю.Д., Зеленко А.А., Степанов В.Н., Струков Б.С., Хан В.М., Володин Е.М., Грицун А.С., Воробьева В.В., Тарасевич М.А.* Метод сезонных прогнозов температуры

поверхности океана и состояния морского льда на основе климатической модели INM-CM5 и системы подготовки данных ФГБУ «Гидрометцентр России».

Заседание секции Ученого совета по метеорологическим прогнозам Гидрометцентра России от 09.09.2024 г.

*Хан В.М., Тищенко В.А., Круглова Е.Н., Субботин А.В., Реснянский Ю.Д., Володин Е.М., Грищун А.С., Тарасевич М.А., Брагина (Воробьева) В.В.* Технология сезонного прогнозирования на базе версии модели INM-CM6, включающей дополнительный модуль расчета сверхдолгосрочных прогнозов.

Заседание ЦМКП Росгидромета, 26 июня 2024 г.

*Реснянский Ю.Д., Зеленко А.А., Степанов В.Н., Струков Б.С., Хан В.М., Володин Е.М., Грищун А.С., Воробьева В.В., Тарасевич М.А.* Метод сезонных прогнозов температуры поверхности океана и состояния морского льда на основе климатической модели INM-CM5 и системы подготовки данных ФГБУ «Гидрометцентр России».

Заседание ЦМКП Росгидромета, 11 сентября 2024 г.

*Хан В.М., Тищенко В.А., Круглова Е.Н., Субботин А.В., Реснянский Ю.Д., Володин Е.М., Грищун А.С., Тарасевич М.А., Брагина (Воробьева) В.В.* Технология сезонного прогнозирования на базе версии модели INM-CM6, включающей дополнительный модуль расчета сверхдолгосрочных прогнозов.

BRICS Scientific and Educational Congress on Ecology and Climate Change, Sirius, October 20- 21, 2024.

*Bragina V.* Simulation of modern and future climate using INM-CM6M Earth System Model.

Профильная школа «Климатическая система Земли: диагностика, моделирование и прогноз», 14-19 октября 2024 г., Сириус

*Брагина В.В.* Моделирование климата и его изменений с помощью модели Земной системы INM-CM.

Профильная школа «Матричные методы, искусственный интеллект, науки о Земле», 30 августа -7 сентября 2024 г., Сириус

*Брагина В.В.* Модель климатической системы Земли.

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

XXII международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, Институт космических исследований РАН, 11-15 ноября 2024 г.

*Егоров В.Д.* Восстановление объема биомассы лесной растительности по спутниковым данным высокого пространственного разрешения.

*Дмитриев Е.В., Говедар З., Кондранин Т.В., Мельник П.Г.* Дистанционная оценка деградации популяции сербской ели в районе горного массива Великий Столац.

XII международная научная конференция «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли» 09-12 сентября 2025 г. Красноярск.

*Дмитриев Е.В., Мельник П.Г., Кондранин Т.В.* Использование нейросетевых методов в системе совместной спектрально-текстурной обработки спутниковых изображений высокого и среднего разрешения.

Международная конференция "Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг" (FORECO-2024), 16-17 октября 2024, Йошкар-Ола, Россия.

*Дмитриев Е.В., Мельник П.Г., Говедар З.* Дистанционная оценка динамики состояния популяции ели Панчича после воздействия пожара районе Великий Столац.

Международная научная конференция "Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем", 25-27 июня 2024 г., Минск (Республика Беларусь).

*Петухов В.И., Дмитриев Е.В.* Гомеостаз электрогенных металлов в эпидермисе как феномен самоорганизованной критичности.

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

XXI научная школа "Нелинейные волны-2024", Нижний Новгород, Russia, 5-11 ноября 2024 г.

*Дианский Н.А., Гусев А.В.* Вихреразрешающие расчеты циркуляции океана с помощью российской модели INMOM и её применение для моделирования чрезвычайных ситуаций.

VIII объединенный всероссийский метеорологический и гидрологический съезд, Санкт-Петербург, Russia, 29-31 октября 2024 г.

*Землянов И.В., Дианский Н.А., Фомин В.В., Милютин И.Ю., Горелиц О.В., Мигунов Д.А.* Опасные гидрологические явления в устьевых областях рек и прибрежной зоне морей: технологии прогноза и оценка рисков.

VIII всероссийская научная конференция «Моря России: Современные методы исследований и их практические применения», Севастополь, Russia, 23-27 сентября 2024 г.

*Багатинская В.В., Багатинский В.А., Дианский Н.А., Гусев А.В., Морозов Е.Г.* Геоострофическая и дрейфовая составляющие динамики вод Южного океана.

Международная конференция, посвященная 70-летию Геофизического центра РАН и 300-летию РАН "Наука о данных, геоинформатика и системный анализ в изучении Земли", г. Суздаль, Russia, 25-27 сентября 2024 г.

*Дианский Н.А., Гусев А.В.* Воспроизведение циркуляции Северной Атлантики с целью поиска места падения лайнера АЗЗО (рейс АБ 447 Рио де Жанейро – Париж, 01.06.2009) путем расчета обратных траекторий обнаруженных тел.

VIII всероссийская научная конференция «Моря России: Современные методы исследований и их практические применения», Севастополь, Russia, 23-27 сентября 2024 г.

*Багатинский В.А., Багатинская В.В., Морозов Е.Г., Дианский Н.А.* Изменчивость купола температуры глубинной воды моря Уэдделла в зависимости от циклонической активности.

X международная научно-техническая конференция «Освоение ресурсов нефти и газа Российского шельфа: Арктика и Дальний восток», Москва, Russia, 19-21 июля 2024 г.

*Фомин В.В., Панасенкова И.И., Дианский Н.А.* Влияние усвоения температуры поверхности моря и сплоченности ледяного покрова на воспроизведение термогидродинамических характеристик западно-арктических морей России.

VIII всероссийская научная конференция молодых ученых "Комплексные исследования Мирового океана (КИМО-2024)", Владивосток, Russia, 13-17 мая 2024 г.

*Фомин В.В., Дианский Н.А., Чумаков М.М., Степанов Д.В.* Ретроспективные расчеты циркуляции и ледяного покрова Охотского моря на основе совместной модели морской циркуляции INMOM и морского льда CICE.

*Захарова Е.В., Фомин В.В., Дианский Н.А.* Воспроизведение гидротермодинамических характеристик Балтийского моря моделью INMOM за период 2012-2021 гг.

*Левонян К.А., Багатинский В.А., Дианский Н.А.* Влияние климатических изменений приповерхностного ветра на изменчивость термохалинной циркуляции северной Атлантики.

*Багатинская В.В., Багатинский В.А., Морозов Е.Г., Дианский Н.А.* Влияние ветра на изменчивость купола глубинной воды моря Уэдделла.

*Багатинский В.А., Багатинская В.В., Дианский Н.А., Гусев А.В., Морозов Е.Г.* Геострофическая и ветровая составляющие Антарктического циркумполярного течения.

*Коршенко Е.А., Фомин В.В., Дианский Н.А.* Расчет распространения речных плумов северо-восточного побережья Черного моря (ФГБУ «ГОИН», МГУ им. М. В. Ломоносова, ИВМ РАН).

Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2024», секция Физика, МГУ имени М.В. Ломоносова, Russia, Russia, 12-26 апреля 2024 г.

*Левонян К.А., Багатинский В.А., Дианский Н.А.* Влияние климатических изменений приповерхностного ветра на изменчивость термохалинной циркуляции северной Атлантики.

*Багатинская В.В., Дианский Н.А., Багатинский В.А., Гусев А.В., Морозов Е.Г.* Геострофическая и ветровая составляющие Антарктического циркумполярного течения.

XVIII всероссийская школа-конференция молодых ученых, посвященная 110-летию В.В. Струминского проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии 10 – 18 марта 2024 г., Новосибирск – Шерегеш.

*Дианский Н.А., Гусев А.В., Ганьшин А.В.* Вихреразрешающее моделирование циркуляции вод в Северной Атлантике. Сравнение реальных и модельных траекторий переноса плавающих объектов в экваториальной Атлантике для поиска места падения лайнера АЗ30 (рейс АБ 447 Рио де Жанейро - Париж 01.06.2009).

Всероссийская научная конференция Моря России: от теории к практике океанологических исследований, Москва, сентябрь 2023 г.

*Н.А.Турко, А.А.Лобашев, К.В.Ушаков, М.Н.Кауркин, Л.Ю.Кальницкий, Р.А.Ибраев.* Влияние расположения измерителей на точность оперативного прогноза состояния Мирового океана.

Всероссийская конференция, посвященная памяти академика А.М. Обухова «Турбулентность, динамика атмосферы и климата», ИФА РАН, МОСКВА, 19 – 22 ноября 2024 года.

*Ушаков К.В., Ибраев Р.А.* Численное моделирование вихревого меридионального переноса тепла в Мировом океане.

Семинар «Моделирование изменений уровня Каспийского моря на разных временных масштабах», ИФА РАН, 30 мая 2024 г.

*Ибраев Р.А.* Многолетняя изменчивость уровня и циркуляция вод Каспийского моря.

Мероприятие-спутник IV Конгресса молодых ученых, 18–20 сентября 2024 года, г. Махачкала.

*Ибраев Р.А.* Выработка предложений по смягчению последствий изменения уровня режима Каспийского моря для экономики Республики Дагестан.

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

XI международная научная конференция "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли" (РПДЗЗ-2024), 10-13 сентября 2024 года, Институт космических и информационных технологий Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Россия.

*Бышев В. И., Гусев А. В., Сидорова А. Н.* О квазисинхронных мультидекадных фазовых изменениях современного климата и термодинамического состояния Мирового океана.

Двадцать вторая международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, ИКИ РАН, 11 - 15 ноября 2024 г.

*Бышев В.И., Гусев А.В., Сидорова А.Н.* О динамике современного климата и его особенностях.

XVIII Всероссийская школа-конференция молодых учёных, посвящённая 110-летию В.В. Струминского «Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии», 10–18 марта 2024 г., Новосибирск – Шерегеш.

*Дианский Н.А., Гусев А.В., Ганьшин А.В.* Вихреразрешающее моделирование циркуляции вод в Северной Атлантике. Сравнение реальных и модельных траекторий переноса плавающих объектов в экваториальной Атлантике для поиска места падения лайнера АЗ30 (рейс АБ 447 Рио де Жанейро - Париж 01.06.2009).

Ломоносовские чтения 2024 (МГУ им. М.В. Ломоносова, Физический факультет, подсекция: Науки о Земле, Москва, 27 марта 2024 г.

*Багатинская В.В., Дианский Н.А., Багатинский В.А., Гусев А.В., Морозов Е.Г.* Геострофическая и ветровая составляющие Антарктического циркумполярного течения.

VIII всероссийская научная конференция молодых учёных "Комплексные исследования Мирового океана (КИМО-2024)", Владивосток, 13-17 мая 2024 г.

*Багатинский В.А., Багатинская В.В., Дианский Н.А., Гусев А.В., Морозов Е.Г.* Геострофическая и ветровая составляющие Антарктического циркумполярного течения.

VIII всероссийская научная конференция «Моря России: Современные методы исследований и их практические применения», Севастополь, 23-27 сентября 2024 г.

*Багатинская В.В., Багатинский В.А., Дианский Н.А., Гусев А.В., Морозов Е.Г.* Геострофическая и дрейфовая составляющие динамики вод Южного океана.

XXI научная школа «Нелинейные волны 2024», 5–11 ноября 2024 г., Нижний Новгород.

*Дианский Н.А., Гусев А.В.* Вихреразрешающие расчёты циркуляции океана с помощью российской модели INMOM и её применение для моделирования чрезвычайных ситуаций.

## **Подтема «Создание вычислительного ядра для модели атмосферы нового поколения»**

Международная конференция по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2024, Томск, 1-6 июля 2024 г. *М.А.Толстых, Р.Ю.Фадеев, В.В.Шашкин, Р.Б.Заринов, Г.С.Гойман, В.Г.Мизяк, К.А.*

*Алипова, С.В.Травова, В.С.Рогутов, Е.О.Бирючева.* Применение многомасштабной модели атмосферы ПЛАВ для воспроизведения процессов на масштабе от суток до нескольких месяцев.

*Фадеев Р.Ю., Реснянский Ю.Д., Струков Б.С., Зеленко А.А., Смирнов И.Н., Беляев К.П., Кулешов А.А.* От ПЛАВ к ПЛАВ-НЕМО.

*Фадеев Р.Ю., Суханов С.Н., Толстых М.А.* Уточнение среднесрочных прогнозов приземной температуры с помощью нейросетевых методов.

*Д.Г.Чечин, Е.В.Мортиков, А.В.Дебольский, Р.Ю.Фадеев, М.А.Толстых.* Моделирование холодного вторжения над океаном в Арктике с помощью одноклоночной и вихререшающей моделей.

*В.В. Шашкин, Г.С. Гойман, И.Д. Третьяк.* Новое динамическое ядро модели атмосферы для прогнозирования погоды и моделирования климата.

Конференция матцентра Сириус «Индустриальная математика: от математических методов к промышленным технологиям», Сириус, Сочи, 7-11 октября 2024 г.

*Толстых М.А., Р.Ю.Фадеев, В.В.Шашкин, Г.С.Гойман, Р.Б.Заринов, В.Г.Мизяк, К.А. Алипова, В.С.Рогутов.* Численный прогноз погоды и его приложения.

V всероссийская конференция с международным участием «Турбулентность, динамика атмосферы и климата», посвященная памяти акад. А.М. Обухова, Москва, 19–21 ноября 2024 г.

*Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Заринов Р.Б., Гойман Г.С., Мизяк В.Г., Алипова К.А., Рогутов В.С., Бирючева Е.О.* Воспроизведение атмосферной циркуляции новой версией глобальной модели атмосферы ПЛАВ.

*Фадеев Р.Ю., Реснянский Ю.Д., Струков Б.С., Зеленко А.А., Беляев К.П., Кулешов А.А., Толстых М.А.* Предсказуемость атмосферной циркуляции совместной моделью SLNE: первые оценки.

Марчуковские научные чтения 2024, Новосибирск 07-10 октября 2024 г.

*Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Заринов Р.Б., Гойман Г.С., Мизяк В.Г., Алипова К.А., Травова С.В., Рогутов В.С. Бирючева Е. О.* Применение многомасштабной модели атмосферы ПЛАВ для воспроизведения процессов на масштабе от суток до нескольких месяцев.

*Фадеев Р.Ю., А.А.Кулешов, Б.С.Струков, А.А.Зеленко, Ю.Д.Реснянский.* Модель ПЛАВ-НЕМО-SI3: Особенности реализации и первые результаты.

X международная конференция "Суперкомпьютерные дни в России", 23 - 24 сентября 2024 г., Москва.

*R.Fadeev, G.Goyman, M Tolstykh, V.Shashkin.* Improving performance of SLAV model for medium range weather prediction.

*V.Shashkin, G.Goyman, I.Tretyak.* Development of the next-generation atmosphere dynamics model in Russia.

Конференция "Национальная модель Земной системы: теория, технологии и результаты", 22-24 февраля 2024 г., Сириус.

Фадеев Р.Ю., Оноприенко В.А, Тарасевич М.А., Цыбулин И.В., Черненко А.Ю., Благодарских Д.В., Гойман Г.С., Воробьева В.В. Перспективная версия модели Земной системы: концепция и архитектура.

XXI международная научная школа-конференция «Нелинейные волны-2024», Нижний Новгород, 5-11 ноября 2024 г.

*В.В.Шашкин, Г.С.Гойман, И.Д.Третьяк, Д.А.Марханов.* Развитие динамического ядра для перспективной модели атмосферы.

*Г.С.Гойман, В.В.Шашкин.* Эффективные алгоритмы решения систем линейных алгебраических уравнений для перспективной модели атмосферы.

Конференция "Национальная модель Земной системы: теория, технологии и результаты". Сириус, 22-24 февраля 2024 г.

*В.В.Шашкин, Г.С.Гойман, И.Д.Третьяк.* Новое атмосферное динамическое ядро для МЗС.

Открытый ученый совет Гиromетцентра России, посвященный 190-летию Гидрометеорологической службы, «На переднем крае борьбы с изменением климата», 21.03.2024.

*Шашкин В., Гойман Г., Третьяк И.* Разработка отечественной модели атмосферы нового поколения.

Школа «Климатическая система Земли: диагностика, моделирование, прогноз», Сириус, 16.10.2024.

*Шашкин В.* Численные методы моделирования динамики атмосферы.

Семинар «Предложения по разработке служебной модели верхней атмосферы», Институт прикладной геофизики, 25.10.2024.

*В.Шашкин, М.Толстых.* Включение описания мезосферы и термосферы в модель ПЛА.

## **12. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2024 году**

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2024680877 от 3 сентября 2024 г. «Программные средства для автоматизации запусков блока препроцессинга, инициализации и постпроцессинга модели Земной системы ИВМ РАН» / М.А. Тарасевич, В.В. Брагина, Е.М. Володин, А.С. Грицун, В.А. Тищенко, Е.Н. Круглова, В.М. Хан.
2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2024622740 от 24 июня 2024 г. «База данных ретроспективных сезонных прогнозов по модели Земной системы ИВМ РАН высокого пространственного разрешения» / М.А. Тарасевич, В.В. Брагина, Е.М. Володин, А.С. Грицун, В.А. Тищенко, Е.Н. Круглова, В.М. Хан.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2024616713 от 25 марта 2024 г. «Программа обработки выходной продукции атмосферной и океанской компонент модели Земной системы ИВМ РАН» / Е.Н. Круглова, Ю.Д. Реснянский, В.А. Тищенко, В.М. Хан, Е.М. Володин, А.С. Грицун, В.В. Воробьева, М.А. Тарасевич.
4. Грицун Андрей Сергеевич, Володин Евгений Михайлович, Тарасевич Мария Александровна. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2024624024. Массив данных с результатами моделирования климата 21 века по базовому сценарию IPCC SSP5-8.5 с помощью модели Земной системы INM-CM6M. 10.09.2024 г.

5. Грицун Андрей Сергеевич, Володин Евгений Михайлович, Тарасевич Мария Александровна. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2024624128. Массив данных с результатами моделирования климата 21 века по базовому сценарию IPCC SSP3-7.0 с учетом использования процедуры регионализации. 17.09.2024 г.
6. Грицун Андрей Сергеевич, Володин Евгений Михайлович, Тарасевич Мария Александровна. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2024624131. Массив данных с результатами моделирования климата 21 века по базовому сценарию IPCC SSP2-4.5 с помощью модели Земной системы INM-CM6M. 17.09.2024 г.
7. Грицун Андрей Сергеевич, Володин Евгений Михайлович, Тарасевич Мария Александровна. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2024624136. Массив данных с результатами моделирования климата 21 века по базовому сценарию IPCC SSP1-2.6 с помощью модели Земной системы INM-CM6M. 17.09.2024 г.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2024681431 от 10 сентября 2024 г. «Программа для регионализации данных климатических расчетов с моделью INM-CM6M». Автор: А.С. Грицун.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2024663539 «Программа расчета чувствительности функционалов задачи вариационного усвоения к неопределенностям входных данных», авторы В.П. Шутяев, Е.И. Пармузин. От 7 июня 2024 г.
10. Патент № 2820031 С1 Российская Федерация, МПК G01N 1/36, G01N 3/04, G01N 3/08. Быстрорастяжимая система установки образцов для испытания материалов на двухосное растяжение (варианты): № 2023135810. 28.05.2024г. / А. Овсепьян, О.С. Вартанов, Ю В. Василевский; заявитель Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования "Научно-технологический университет "Сириус".
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024663662. Система поддержки принятия врачебных решений при ведении пациентов с нарушениями липидного обмена: № 2024662629: заявл. 05.06.2024: опубл. 10.06.2024 / Н.О. Кузнецова, Ф.Ю. Копылов, П.Ш. Чомахидзе [и др.]; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Отчёт Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук утвержден Учёным советом ИВМ РАН 25 декабря 2024 года, протокол №7.

Учёный секретарь ИВМ РАН, д.ф.-м.н.

В.П.Шутяев