

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.

\_\_\_\_\_ 2023 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 2023 году**

Москва-2023

## Содержание

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Результаты фундаментальных и прикладных исследований<br>ИВМ РАН, имеющие первостепенное значение .....              | 3  |
| 2. Крупные результаты научных исследований ИВМ РАН .....                                                               | 3  |
| 3. Основные исследования и разработки ИВМ РАН, готовые к<br>практическому применению .....                             | 12 |
| 4. Результаты исследований по актуальным направлениям,<br>полученные сотрудниками ИВМ РАН .....                        | 12 |
| 5. Премии, награды и почётные звания, полученные сотрудниками<br>ИВМ РАН в 2023 году .....                             | 29 |
| 6. Международные научные связи .....                                                                                   | 29 |
| 7. Научно-организационная деятельность ИВМ РАН .....                                                                   | 30 |
| 8. Семинары .....                                                                                                      | 32 |
| 9. Математический центр .....                                                                                          | 32 |
| 10. Публикации сотрудников в 2023 году .....                                                                           | 33 |
| 11. Конференции: организация и участие .....                                                                           | 46 |
| 12. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ,<br>полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2023 году ..... | 64 |

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

**Глобальная модель численного прогноза погоды с разрешением мирового уровня  
внедрена в оперативную эксплуатацию в Гидрометцентре России.**

### **Аннотация**

В ИВМ РАН совместно с Гидрометцентром России разработана новая версия глобальной модели атмосферы ПЛАВ [1], предназначенная для среднесрочного прогноза погоды. Модель имеет горизонтальное разрешение около 10 км, что соответствует современному мировому уровню. Реализация такой модели потребовала работ по усовершенствованию вычислительных алгоритмов и параллельной реализации модели [2]. По итогам оперативных испытаний в Гидрометцентре России, решением Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам Росгидромета от 29.05.2023, глобальная модель атмосферы ПЛАВ10 рекомендована к внедрению и с сентября 2023 года внедрена в оперативную эксплуатацию.

1. Толстых М.А., Шашкин В.В., Фадеев Р.Ю., Шляева А.В., Мизяк В.Г., Рогутов В.С., Богословский Н.Н., Гойман Г.С., Махнорылова С.В., Юрова А.Ю. Система моделирования атмосферы для бесшовного прогноза. Рец. д.ф.-м.н. А.В.Старченко. 2017, М.: Триада лтд., 166стр. ISBN 978-5-9908623-3-3.

2. Tolstykh, M.A., Fadeev, R.Y., Shashkin, V.V., Goyman, G.S. (2022). Improving the Computational Efficiency of the Global SL-AV Numerical Weather Prediction Model. Supercomputing Frontiers and Innovations, 8(4), 11–23.

Исполнители работ: Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Гойман Г.С. (ИВМ РАН), Травова С.В., Зарипов Р.Б., Мизяк В.Г., Алипова К.А. (Гидрометцентр России).

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

## **2. Крупные результаты научных исследований ИВМ РАН**

**Завершен цикл работ по созданию суперкомпьютерных вычислительных технологий совместного моделирования многофизических процессов на динамических адаптивных сетках общего вида с приложениями в биомедицине и геофизике.**

### **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 [3-6,11-14,16-20]. 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 обще-

го вида в ходе решения задачи, что повышает точность решения с одной стороны и экономит вычислительные ресурсы с другой стороны [1,14-16].

Для эффективного решения возникающих систем алгебраических уравнений предложен ряд методов, среди которых можно выделить блочный алгебраический многосеточный метод [2], демонстрирующий на практике линейную зависимость вычислительной сложности от порядка систем, в том числе и для систем седлового типа [2,10,13,21-24].

Приложения разработанных вычислительных технологий: тромбообразование в кровотоке в сложных подвижных областях [1,3,25], течение крови с учетом перфузии в стенки сосудов [9,17], механика нелинейных биоматериалов [15,16], пороупругое взаимодействие [12,13,18,25], задачи кардиоэлектромеханики [6], задачи фильтрации [4,5,18,22,25], проблемы безопасного захоронения радиоактивных отходов [7,8,25].

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 биомедицине (тромбоэмболия, кардиоэлектромеханика, механика биоматериалов) и геофизике (трудноизвлекаемые углеводороды, безопасное захоронение радиоактивных отходов, гидроразрыв пласта) на суперкомпьютерных вычислительных системах.

Работа поддержана грантами РНФ 21-71-20024, 21-71-30023. Защищено две кандидатские диссертации: Р.М. Янбарисов, Д.В. Ануприенко.

- 1] K.M. Terekhov, I.D. Butakov, A.A. Danilov, Yu.V. Vassilevski. Dynamic adaptive moving mesh finite-volume method for the blood flow and coagulation modeling // International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering, e3731, (2023)
- [2] 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)
- [3] 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)
- [4] 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)
- [5] 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)
- [6] 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)
- [7] 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)
- [8] K.A. Boldyrev, I.V. Kapyrin, A.V. Safonov, Y. Yu. Karaseva, P.D. Blinov, E.A. Tyupina, E.V. Zakharova. Strontium transport modeling in high-concentrated nitrate solution in DEEP liquid radioactive waste repository // Journal of Contaminant Hydrology 256, 104172 (2023)
- [9] 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)

- [10] I.N. Konshin, K.M. Terekhov. Distributed Parallel Bootstrap Adaptive Algebraic Multi-grid Method Supercomputing: 8th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2022, (2022)
- [11] 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)
- [12] K.M. Terekhov, Y.V. Vassilevski. Finite volume method for coupled subsurface flow problems, II: Poroelasticity // Journal of Computational Physics 462, 111225, (2022)
- [13] D. Anuprienko. Parallel Efficiency for Poroelasticity // Russian Supercomputing Days, 225-236 (2022)
- [14] 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)
- [15] 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)
- [16] 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)
- [17] A. Lozovskiy, M.A. Olshanskii, Yu.V. Vassilevski. A monolithic fluid-porous structure interaction finite element method // arXiv preprint arXiv:2105.05487, (2021)
- [18] 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)
- [19] K.M. Terekhov. Collocated finite-volume method for the incompressible Navier–Stokes problem. // Journal of Numerical Mathematics 29 (1), 63-79 (2021)
- [20] 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)
- [21] K. Terekhov. Greedy dissection method for shared parallelism in incomplete factorization within INMOST platform // Supercomputing: 7th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2021, Moscow (2021)
- [22] 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)
- [23] I. Konshin, K. Terekhov. Sparse system solution methods for complex problems Parallel Computing Technologies: 16th International Conference, PaCT, (2021)
- [24] 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)
- [25] Yu. Vassilevski, K. Terekhov, K. Nikitin, I. Kapyrin. Parallel finite volume computation on general meshes // Springer International Publishing (2020)

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

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

**Впервые исследована зависимость оптимального возмущения периодического решения модели динамики инфекции ВЛХМ от фазы решения.**

**Аннотация**

Исследована зависимость оптимального возмущения периодического решения известной модели [1] динамики инфекции, вызванной вирусами лимфоцитарного хориоменингита (ВЛХМ), от фазы решения [2]. Показано, что при одинаковой нормировке оптимальное возмущение, вычисленное в момент максимума вирусной нагрузки периодического решения, имеет меньшую вирусную нагрузку и большие значения переменных иммунного ответа, чем оптимальное возмущение, вычисленное в момент минимума вирусной нагрузки периодического решения. Также было показано, что наибольшее уменьшения вирусной нагрузки и на более длительное время удастся достичь с помощью возмущения периодического решения в момент минимальной вирусной нагрузки, взятого с отрицательным весом, при котором переменная вирусной нагрузки убывает в начальный момент времени.

1. G. A. Bocharov, Modelling the dynamics of LCMV infection in mice: conventional and exhaustive CTL responses. *J. Theor. Biol.* 1998. V.192, P.283–308.
2. Khristichenko M.Yu., Nечепуренко Yu. M., Bocharov G.A. Dependence of optimal disturbances on periodic solution phases for time-delay systems // *Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling.* 2023. V. 38, No. 2, p. 89-98.

Исполнители работ: М.Ю. Христиченко, Ю.М. Нечепуренко, Г.А. Бочаров.

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

**Впервые выполнен бифуркационный анализ известной модели ВИЧ-инфекции.**

**Аннотация**

Впервые было показано [1], что известная модель ВИЧ-инфекции [2] обладает свойствами би- и мультистабильности, заключающихся в наличие двух и более устойчивых стационарных состояний при одних и тех же значениях параметров. Также впервые было показано наличие у этой модели свойства гистерезиса, заключающегося в зависимости ее состояния от предыстории при варьировании параметров.

1. Миронов И.В., Христиченко М.Ю., Нечепуренко Ю.М., Гребенников Д.С., Бочаров Г.А. Бифуркационный анализ мультистабильности и гистерезиса в модели ВИЧ-инфекции // *Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2023. Т.27, №.7, С. 755-767.
2. Hadjiandreou M.M., Conejeros R., Wilson I. HIV treatment planning on a case-by-case basis. *Int. J. Bioeng. Life Sci.* 2009. V.3, N. 8, P.387–396.

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

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

## **Разработана и обоснована новая эффективная технология численного моделирования распространения возмущений в двумерном пограничном слое.**

### **Аннотация**

Исследованы возможные подходы к численному моделированию распространения возмущений в вязких несжимаемых двумерных пограничных слоях на основе линеаризованных уравнений распространения амплитуд возмущений в диапазоне параметров, имеющих практическое значение для анализа неустойчивостей Гертлера и Толлмина-Шлихтинга. В [1] рассмотрены методы, основанные на решении вниз по потоку задач Коши для уравнений распространения амплитуд возмущений, параболизированных путем проектирования этих уравнений на подпространство физически значимых мод и/или путем отбрасывания всех либо части вязких членов и градиента давления в продольном направлении. Метод, в котором члены в продольном направлении не отбрасываются, сравнивался [2] с оригинальным методом, в котором решается краевая задача с буферной зоной Стрита-Мэкэрэга для адекватного описания граничного условия на выходе.

1. Boiko A.V., Demyanko K.V., Zasko G.V., Nечepurenko Yu.M., On parabolization of equations governing small disturbances in 2D boundary layers // Thermophys. Aeromech. (accepted).

2. Zasko G.V., Boiko A.V., Demyanko K.V., Nечepurenko Yu.M., Simulating the propagation of boundary-layer disturbances by solving boundary-value and initial-value problems // Russ. J. Num. Anal. Math. Model. (accepted).

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

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

## **Выполнен анализ биглобальной немодовой неустойчивости сдвиговых течений в трубах и каналах.**

### **Аннотация**

Выполнен параметрический численный анализ биглобальной немодовой неустойчивости сдвиговых течений в трубах и каналах. На примере течения Пуазейля в трубе эллиптического сечения и течения Пуазейля в канале прямоугольного сечения, в частности, показано, что изменение отношения осей сечения может быть перспективным инструментом пассивного управления докритическим ламинарно-турбулентным переходом течений в трубах и каналах, поскольку этот фактор существенно и нетривиально влияет на характеристики немодовой неустойчивости таких течений (например, может как увеличивать, так и уменьшать максимальное увеличение кинетической энергии возмущений основного течения).

1. Demyanko K.V., Klyushnev N.V. On nonmodal stability of elliptic pipe flow // Phys. Fluids, 2023.

2. Boiko A.V., Demyanko K.V., Klyushnev N.V. Effect of aspect ratio on optimal disturbances of duct flows // Symmetry, 2023.

Исполнители работ: К.В. Демьянко, А.В. Бойко.

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

**Разработана технология четырехмерного вариационного усвоения данных (4D-Var) для задач динамики моря с анализом чувствительности результатов модели к ошибкам наблюдений.**

#### Аннотация

Технология базируется на численной модели циркуляции океана, разработанной в ИВМ РАН с использованием метода расщепления и дополненной процедурой вариационного усвоения данных 4D-Var с ковариационными матрицами ошибок начального приближения и ошибок наблюдений. Целью технологии является объединение данных наблюдений и гидродинамических прогнозов для получения неизвестных параметров модели. Вариационное усвоение данных включает в себя итерационные процедуры решения обратных задач по коррекции тепловых потоков (или других параметров) поверхности моря для рассматриваемой модели. Разработан алгоритм исследования чувствительности выходных данных модели, полученных после усвоения, к ошибкам наблюдений. Суть алгоритма состоит в вычислении градиента функции отклика модельного решения и сводится к однократному решению прямой и сопряженной задач и уравнения с гессианом функционала стоимости. Алгоритм может быть использован для выявления областей, где градиент функции отклика является наибольшим, например, для средней температуры поверхности моря, полученной путем усвоения данных наблюдений. Численные эксперименты для моделей динамики Балтийского и Черного морей продемонстрировали возможность использования предложенной технологии усвоения данных 4D-Var для моделирования морских гидродинамических процессов и показали высокую близость рассчитанных полей к реальным данным наблюдений. Методология оценки градиентов функций отклика может быть использована в проблеме оптимального размещения сенсоров и станций наблюдений для решения практических задач вариационного усвоения данных, важных для мониторинга состояния морской среды и климата.

1. 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.
2. 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.
3. 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. Modelling*, 2023, v.38, no.6, pp. 1-11.
4. 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.

**Разработан и применен для анализа реальных данных метод оценки локальной скорости изменения заболеваемости.**

#### Аннотация

Предложенный метод позволяет построить оценку поля скоростей изменения заболеваемости на территории городской жилой застройки. Выявленные участки с достоверным ростом заболеваемости являются приоритетной целью для противоэпидемических мероприятий. Знание пространственного распределения скоростей позволяет исследовать влияние социальных, экологических и демографических факторов на заболеваемость.

Romanyukha, A. A., Karkach, A. S., Borisov, S. E., Belilovsky, E. M., & Sannikova, T. E. (2023). Identification of growing tuberculosis incidence clusters in a region with a decrease in tuberculosis prevalence in Moscow (2000-2019). *Journal of Global Health*, 13. WOS:001002407800001 Scopus 2-s2.0-85160148002 doi: 10.7189/jogh.13.04052.

Исполнители работ: Романюха А.А., Каркач А.С., Санникова Т.Е.

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

**Разработана графовая модель лимфатической системы мышей и определены характеристики переноса в системе. Разработана и калибрована математическая модель размножения вирусов лимфоцитарного хориоменингита (LCMV) в зараженной клетке. Определены потенциальные мишени для разработки противовирусных препаратов.**

#### Аннотация

Лечение хронических вирусных инфекций (ВИЧ-1) остается сложной задачей. Модели заболеваний на животных, в частности, на мышах, считаются основной экспериментальной системой фундаментальных и трансляционных исследований в иммунологии. Одной из таких систем является экспериментальная модель инфекции мышей вирусами лимфоцитарного хориоменингита (ВЛХМ). До настоящего времени не существует математических моделей размножения вирусов (ВЛХМ) в зараженных клетках и структуры лимфатической системы (ЛС) мышей. Нами были проведены исследования по моделированию геометрии и анализ сетевой структуры лимфатической системы мыши. Для построения неориентированного графа ЛС использовались анатомические данные. Чтобы определить направления ребер графовой модели, был применен подход по моделированию динамики лимфы с помощью уравнения Хагена–Пуазейля. С помощью разработанного ориентированного графа ЛС мышей исследованы скорости и времена переноса лимфы в системе.

Построена и калибрована детерминистическая математическая модель жизненного цикла вируса ВЛХМ, предсказывающая кинетику биохимических процессов, включая транскрипцию, трансляцию и деградацию молекулярных компонентов, лежащих в основе его репликации в инфицированных клетках. Модель использована для изучения чувствительности продукции вирусов зараженной клеткой к индивидуальным процессам. Стохастическая формулировка модели позволяет количественно оценить характеристики вариабельности вирусной продукции, вероятность продуктивной инфекции и секреции вирусных частиц с дефицитом белка. Полученные результаты определяют потенциальные мишени для противовирусной терапии.

В целом, данные разработки позволят перейти к задаче мультифизического моделирования основной экспериментальной модели вирусных инфекции в современной фундаментальной иммунологии.

1. Grebennikov D, Savinkov R, Zelenova E, Lobov G, Bocharov G. Network Modeling of Murine Lymphatic System. Algorithms. 2023; 16(3):168.
2. Sergeeva J, Grebennikov D, Casella V, Cebollada Rica P, Meyerhans A, Bocharov G. Mathematical Model Predicting the Kinetics of Intracellular LCMV Replication. Mathematics. 2023; 11(21):4454.

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

**Исследовано воспроизведение современного климата и изменений климата в 19-21 веках с помощью новой версии модели климата ИВМ РАН. Показано, что моделируемые изменения климата в последние десятилетия соответствуют наблюдениям на уровне лучших мировых аналогов.**

#### Аннотация

С новой версией модели климата ИВМ РАН INM-CM6 проведены численные эксперименты по воспроизведению изменений климата в 1850-2100г. До 2014г в качестве воздействий использовались данные наблюдений, далее - данные сценария IPCC SSP3-7.0. Расчеты проводились для двух конфигурации модели: 2x1.5 градуса и 21 уровень в атмосфере и 1x0.5 градуса в океане (грубое разрешение), а также 1.25x1 градус и 73 уровня в атмосфере и 0.5x0.25 градуса в океане (высокое разрешение). Анализ расчетов показывает, что изменения глобально осредненной температуры, географическое распределение изменения температуры в последние десятилетия, а также изменения температуры, осадков, речного стока, поглощения углерода наземными экосистемами на территории России соответствуют наблюдениям на уровне лучших климатических моделей эксперимента CMIP6. По отношению к предыдущей версии модели значительно улучшено воспроизведение таких важнейших климатообразующих явлений, как колебание Маддена-Джулиана, Эль-Ниньо (включая удаленный отклик на него в средних широтах) и Тихоокеанское декадное колебание.

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

**На основе глобальной динамической модели F слоя ионосферы INM-IM (100-500 км) и вариационных алгоритмов разработана и реализована трехмерная система усвоения данных наблюдений состояния ионосферы, в качестве которых используются данные о полном электронном содержании, получаемые с навигационных систем в реальном времени.**

#### Аннотация

Для реализации системы усвоения данных ионосферы сформулированы и исследованы задачи вариационной ассимиляции для трехмерной постановки модели. На основе алгоритма решения прямой задачи моделирования ионосферы и методов расщепления разработан численный алгоритм вариационного трехмерного усвоения данных. Разработан и реализован специальный алгоритм инициализации оператора наблюдений для данной задачи из реальных данных о полном электронном содержании вдоль траекто-

рий станция-спутник, получаемых с наземных станций системы GPS раз в 30 секунд. Получены аналитические и численные оценки оптимальных параметров эффективности алгоритма усвоения и проведено его усовершенствование. Проведены контрольные численные расчеты по восстановлению трехмерных полей электронной плотности для заданного ограниченного периода (в рамках нескольких суток, март 2021 время равноденствия), получены предварительные оценки точности и эффективности разработанной системы усвоения данных, подтверждена сходимость алгоритма и высокая точность восстановления в областях с наличием существенного количества данных (окрестности в вертикальной области выше мест нахождения станций).

Дымников В.П., Кулямин Д.В., Останин П.А., Шутяев В.П. Усвоение данных для двумерного уравнения амбиполярной диффузии в модели ионосферы Земли // ЖВМ и МФ, 2023, т.63, №5, с.803-826.

Исполнители работ: академик Дымников В.П., к.ф.-м.н. Кулямин Д.В., к.ф.-м.н. Останин П.В.

Научный руководитель работ – академик Дымников В.П.

### **Подтверждена гипотеза о возможном ослаблении Глобального Циркуляционного Конвейера вследствие климатических изменений.**

#### **Аннотация**

С помощью численного эксперимента проведена проверка гипотезы о возможном ослаблении Глобального Циркуляционного конвейера (ГЦК), вызванном сбросом пресной воды в Северную Атлантику (СА) из Северного Ледовитого океана (СЛО) вследствие глобального потепления. Для этого были выбраны два года с экстремальными характеристиками (1989 как циклонический и 2004 как антициклонический), атмосферные характеристики для которых использовались в качестве воздействия на океан в течение 10-летнего расчётного периода. Обнаружено, что долгое удержание циклонических условий над СЛО может существенно перестроить распределение солёности в верхних слоях океана, но не гарантирует катастрофического сброса пресной воды из СЛО в СА, так как значительная её часть, накопленная в круговороте Бофорта, рассеивается в пределах СЛО. Тем не менее, тенденция к опреснению верхней части СА из-за выноса пресной воды из СЛО согласуется с базовой концепцией замедления ГЦК. При этом обнаружен механизм замедления переноса пресной воды на север в Атлантике в случае появления распреснённых арктических вод над Лабрадорской котловиной, который можно рассматривать как стабилизирующую отрицательную обратную связь в климатической системе Земли, осуществляемую океанской циркуляцией для повышения солёности в этой акватории, компенсируя её уменьшение из-за арктических вод.

Исполнители работ: Гусев А.В., Дианский Н.А.

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

**Реализована новая версия модели циркуляции океанов и морей INMOM, предназначенная для воспроизведения гидротермодинамических характеристик на глобальных и региональных масштабах.**

#### Аннотация

Проведены расчёты циркуляции Мирового океана с помощью глобальной 0.25 градусной вихредопускающей модели INMOM-G025. С их помощью изучены условия формирования квази-постоянной полыньи в море Уэдделла. Реализованы вихреразрешающие версии: INMOM-GERes (Global Eddy Resolving), охватывающая весь Мировой океан с пространственным разрешением 1/10 градуса по долготе и широте, и INMOM-NA (North Atlantic), настроенная на акваторию Северной Атлантики с включением части Южной Атлантики и Северного Ледовитого океана с пространственным разрешением 1/12° по долготе и 1/16° широте. По итогам результатов тестовых расчётов выполнены настройки и верификации версии INMOM-GERes и INMOM-NA по воспроизведению основных особенностей вихревой динамики океана. На основе результатов экспериментов, проведённых по модели INMOM-NA, а также с использованием современных данных океанографических наблюдений, исследованы особенности вихревой динамики и процесса самоорганизации фронта Гольфстрима.

Исполнители работ: Гусев А.В., Дианский Н.А.

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

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

**Глобальная модель численного прогноза погоды с разрешением мирового уровня внедрена в оперативную эксплуатацию в Гидрометцентре России.**

#### Аннотация

В ИВМ РАН совместно с Гидрометцентром России разработана новая версия глобальной модели атмосферы ПЛАВ [1], предназначенная для среднесрочного прогноза погоды. Модель имеет горизонтальное разрешение около 10 км, что соответствует современному мировому уровню. Реализация такой модели потребовала работ по усовершенствованию вычислительных алгоритмов и параллельной реализации модели [2]. По итогам оперативных испытаний в Гидрометцентре России, решением Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и геологическим прогнозам Росгидромета от 29.05.2023, глобальная модель атмосферы ПЛАВ10 рекомендована к внедрению и с сентября 2023года внедрена в оперативную эксплуатацию.

1. Толстых М.А., Шашкин В.В., Фадеев Р.Ю., Шляева А.В., Мизяк В.Г., Рогутов В.С., Богословский Н.Н., Гойман Г.С., Махнорылова С.В., Юрова А.Ю. Система моделирования атмосферы для бесшовного прогноза. Рец. д.ф.-м.н. А.В.Старченко. 2017, М.: Триада лтд., 166стр. ISBN 978-5-9908623-3-3.

2. Tolstykh M.A., Fadeev R.Y., Shashkin V.V., Goyman G.S. (2022). Improving the Computational Efficiency of the Global SL-AV Numerical Weather Prediction Model. *Supercomputing Frontiers and Innovations*, 8(4), 11–23.

Исполнители работ:

Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Гойман Г.С. (ИВМ РАН),  
Травова С.В., Зарипов Р.Б., Мизяк В.Г., К.А.Алипова (Гидрометцентр России).

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

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

В 2023 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»**

Получено новое представление многосолитонных решений нелинейного уравнения Шредингера, естественно включающее и конфлюэнтный случай.

Для спектра с произвольными алгебраическими кратностями, но всеми геометрическими кратностями 1, предложен способ оценки временной и спектральной ширины в энергетическом и пороговом смысле. Способ протестирован для случая одной простой и одной двукратной точки спектра на мнимой оси. С помощью этих оценок реализован алгоритм поиска вырожденных 3-бризеров, оптимальных по спектральной эффективности (к.ф.-м.н. Горейнов С.А.).

Разработаны программные средства для расчета диаграмм рассеяния на сложных технических изделиях и характеристик антенно-фидерных устройств с идеально проводящими и диэлектрическими элементами на основе метода физической оптики (к.ф.-м.н. Ставцев С.Л.).

В рамках разработки пакета SMpack (a package for work with Structured Matrices) проведено сравнение различных методов решения вещественных и комплексных систем линейных алгебраических уравнений с теплицевыми матрицами: на основе методов Гохберга-Сименсула, окаймления, векторного метода и с использованием блочных иерархических семисепарабельных матриц с учетом числа арифметических операций. Подобраны примеры, характеризующие устойчивость указанных методов.

Предложен единый подход к конструированию пар матриц  $(T, H)$ , решающих задачу о  $\sigma$ -коммутировании теплицевой и ганкелевой матриц. Сущность предлагаемого метода состоит в сужении множества всех пар матриц  $(T, H)$  до множеств, объединению которых принадлежат все решения рассматриваемой задачи, после чего задача о  $\sigma$ -коммутировании исследуется на каждой конкретной более узкой комбинации наборов  $(T, H)$ . Получены новые классы решений задачи о  $\sigma$ -коммутировании теплицевой и ганкелевой матриц в рамках унифицированного подхода (д.ф.-м.н. Чугунов В.Н.).

Получено теоретическое обоснование высокой точности приближений в задаче оценивания тензорных сигналов в условиях шума большой мощности. (к.ф.-м.н. Замашкин Н.Л. совместно с С.В. Петровым).

Проведено численное исследование точности выполнения матричного соотношения, имеющего большое значение в статистике квантовых систем (к.ф.-м.н. Замарашкин Н.Л. совместно с А.В. Зылем и А.А. Самохиным).

Метод редукции размерности модели DMD успешно применён к задаче коагуляции вещества по времени в случае двух и трёхчастичной агрегации частиц с источником мономеров. Показана возможность выделения маломерного базиса и его использования для расчётов без существенной потери точности на отрезке по времени вразы превышающем используемый отрезок по времени для выделения ведущих динамических мод.

Для решения задачи о поиске малоранговых аппроксимаций неотрицательных тензоров в форматах Таккера и тензорного произведения предложены и протестированы новые эффективные алгоритмы их построения. Предложены алгоритмы на основе метода переменных проекций с использованием рандомизированного сингулярного разложения. В случае тензорного произведения на основе ТТ-крестовой аппроксимации и дополнительных малоранговых коррекций разложения предложен метод, не предполагающий хранения исходного массива в памяти при проведении вычислений.

Для задачи агрегации частиц в случае конкурирующих случайных процессов «прикрепления» и «выбывания» мономеров из взаимодействующих частиц продемонстрировано принципиальное различие процесса, развивающегося в условиях конечной выборки частиц от процесса агрегации-дробления вещества, описываемого обыкновенными нелинейными дифференциальными уравнениями. Получены и экспериментально проверены выражения для среднего времени «вырождения» конечных систем в условиях различных вероятностей «прикрепления» и «выбывания» мономеров из сложных частиц.

Методы тензорных разложений (форматы Таккера и тензорного произведения) применены для сжатия открытых видеоданных различной пространственно-временной сложности в том числе видеозаписей УЗИ лёгких. Проведено исследование по сравнению эффективности сжатия видеоданных при помощи тензорных разложений с существующими промышленными стандартами сжатия видео (кодэк h264) (к.ф.-м.н. Матвеев С.А.).

Получены интегральные формулы для аппроксимации поверхностных градиента (от скалярной функции, заданной на поверхности) и дивергенции (от касательного векторного поля, заданного на поверхности), являющиеся аналогами известных формул для производных функции на плоскости. Получены оценки погрешности аппроксимации этих величин. Исследован вопрос о последующей аппроксимации интегралов, дающих выражение для поверхностных градиента и дивергенции, квадратурными суммами по значениям исследуемой функции в узлах, выбираемых на ячейках неструктурированной сетки, аппроксимирующей поверхность.

Разработан численный метод решения задачи рассеяния монохроматических волн на идеально проводящих телах с тонкими диэлектрическими покрытиями на основе постановки краевой задачи для уравнений Максвелла в частотной области с импедансными граничными условиями с последующим применением метода граничных интегральных уравнений.

Разработаны программные средства для расчета диаграмм рассеяния на сложных технических изделиях и характеристик АФУ с идеально проводящими и диэлектрическими элементами на основе методов поверхностных и объемных интегральных уравнений, и метода физической оптики.

Разработаны методы и алгоритмы расчета рассеяния электромагнитных волн на сложных объектах (с электрическими размерами 1000 длин волны и более) с применением гибридных методов, включающих строгие (на основе дифференциальных и инте-

гральных уравнений) и приближенные (физическая и геометрическая оптика) методы (д.ф.-м.н. Сетуха А.В.).

Проведено исследование точности тензорных приближений малого ранга в условиях зашумленных данных. Экспериментально показано, что для трех форматов тензора малого ранга (канонический формат, тензорный поезд, формат Таккера) устойчивость тензорных приближений превосходит аналогичные свойства матриц с тем же числом элементов и рангом. Экспериментально показано, что точности тензорных приближений зависят от ранга так же, как и число параметров тензорного представления для всех трех рассмотренных форматов; таким образом, канонический формат тензора позволяет извлекать данные из зашумления наивысшей мощности (среди трех рассмотренных форматов). Построены асимптотические зависимости точностей тензорных приближений от уровня шума и размерности тензора при фиксированном ранге тензора: показано, что точность приближения существенно растет с ростом размерности тензора при фиксированном числе его элементов.

Для случая тензоров ранга 1 асимптотические оценки, очень близкие к полученным экспериментально, доказаны теоретически, без наложения требований оптимальности используемого алгоритма тензорного приближения. Экспериментально проверено, что условия предложенных теорем выполняются на практике для многих применяемых алгоритмов, таких как метод попеременных проекций или TT-SVD.

Разработан метод парного восполнения матриц, позволяющий эффективно решать задачу приближения матрицы в виде суммы матрицы малого ранга и разреженной. Предложен алгоритм, основанный на модификациях методов проекции градиента, построено теоретическое обоснование его сходимости, проверенное практическими экспериментами на искусственных данных (м.н.с. Петров С.В.).

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

Разработаны алгоритмы решения задач вариационного усвоения данных для модели гидротермодинамики моря. Алгоритмы применены для моделей динамики Черного и Балтийского морей с вариационным усвоением данных наблюдений. Разработаны методы обработки и интерполяции данных наблюдений о состоянии морских акваторий для решения задач вариационной ассимиляции данных в моделях гидротермодинамики. Алгоритмы применены для данных наблюдений о температуре поверхности Черного и Азовского морей (д.ф.-м.н. Агошков В.И. совместно с Шутяевым В.П., Пармузиным Е.И., Захаровой Н.Б.).

Разработан алгоритм учета среднесуточных данных наблюдений в процедурах вариационной ассимиляции мгновенных данных со спутников. Проведены численные эксперименты с разработанным алгоритмом и проанализированы результаты расчетов. Проведено исследование, выбор и обоснование методов интерполяции данных с учетом специфики получаемой информации. Исследованы методы сжатия гидрофизических данных (д.ф.-м.н. Агошков В.И. совместно с Шутяевым В.П., Пармузиным Е.И., Захаровой Н.Б., Шелопут Т.О., Лезиной Н.Б., Шевченко Б.С.).

Дано обобщение постановки задачи вариационного усвоения данных для модели гидротермодинамики океана путем включения в функционал наблюдений ковариационных матриц ошибок наблюдений и ошибок начального приближения. Разработана модификация алгоритма вариационного усвоения данных с учетом ковариационных матриц ошибок наблюдений и ошибок начального приближения. Проведены численные эксперименты по решению задач вариационного усвоения данных с учетом ковариационных матриц ошибок для конкретных акваторий Мирового океана, в частности,

для акватории Балтийского моря (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Пармузиным Е.И.).

Проведено исследование задачи вариационного усвоения данных для модели гидродинамики совместно с задачей о распространении загрязнения, построена обобщенная система оптимальности (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Tran Thu Ha, Hong Son Hoang, Nguyen Hong Phong).

Разработаны алгоритмы исследования чувствительности функционалов от оптимального решения к данным наблюдений в задаче вариационного усвоения для модели термодинамики моря с целью восстановления потоков тепла на поверхности при использовании ковариационных матриц ошибок начального приближения (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Пармузиным Е.И., Геджадзе И.Ю.).

Разработана технология четырехмерного вариационного усвоения данных (4D-Var) для задач динамики моря с анализом чувствительности результатов модели к ошибкам наблюдений. Проведены численные эксперименты для моделей динамики Балтийского и Черного морей с вариационным усвоением данных для восстановления начального состояния и потоков тепла на поверхности моря (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Агошковым В.И., Залесным В.Б., Пармузиным Е.И., Захаровой Н.Б.).

Исследованы численные алгоритмы решения задачи вариационного усвоения данных наблюдений с одновременным включением в функционал ковариационных матриц ошибок бэкграунда и ковариационных матриц ошибок данных наблюдений при нескольких функциях управления. Проведены численные эксперименты с несколькими функциями управления и одновременным использованием ковариационных матриц ошибок бэкграунда и ковариационных матриц ошибок данных наблюдений (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Е.И. Пармузиным, Н.Б.Захаровой).

Разработан устойчивый алгоритм отыскания параметров модели, основанный на использовании комбинации байесовского подхода и вариационного усвоения данных (д.ф.-м.н. Шутяев В.П. совместно с Геджадзе И.Ю.).

Исследована проблема использования данных наблюдений с различных источников в процедурах ассимиляции данных. Проведены численные эксперименты по ассимиляции данных с различных источников в акватории Черного Азовского и Мраморного морей (к.ф.-м.н. Пармузин Е.И. совместно с Лезиной Н.Р.).

Построены среднегодовые, сезонные, среднемесячные, среднесуточные и экстремальные поля, рассчитанные по модели INMOM с использованием ассимиляции мгновенных данных наблюдений (к.ф.-м.н. Пармузин Е.И. совместно с ИКИ РАН).

Проведены контроль и коррекция данных наблюдений со спутников Suomi NPP, Aqua, Terra, Sentinel о температуре поверхности Черного и Азовского морей. Выявлены случайные ошибки в данных Suomi NPP и Terra, а также систематические отклонения в данных о ТПМ со спутника Sentinel. Предложен и реализован вариант корректировки данных (к.ф.-м.н. Захарова Н.Б. совместно с Шевченко Б. и Гребениковым Д.).

Проведено пополнение специализированных баз данными со спутника Метеор-М. Дан аналитический обзор и проведён анализ данных наблюдений о температуре поверхности моря со спутника (к.ф.-м.н. Захарова Н.Б. совместно с коллегами из ИКИ РАН).

Проведена работа по построению ковариационных матриц ошибок бэкграунда для акватории Балтийского моря на основании данных о температуре поверхности за 1979–2021 гг., проведены численные эксперименты с несколькими функциями управления и с использованием ковариационных матриц ошибок (к.ф.-м.н. Захарова Н.Б. совместно с Шутяевым, В.П., Пармузиным Е.И.).

Проведено исследование характеристик нелинейных искажений оптического сигнала для волоконных систем связи. Экспериментально показано, что матрица коэффициентов модели коррекции искажений, основанной на теории возмущений, хорошо

приближается матрицей малого ранга. Для поиска коэффициентов был применен метод переменных направлений; показано, что полученный набор коэффициентов повышает обобщающую способность модели (к.ф.-м.н. Шелопут Т.О. совместно с Косолаповым И.А., Желтковым Д.А., Замарашкиным Н.Л., с использованием данных техкомпаний «Хуавей»).

Показано, что метод восполнения матрицы, предложенный Петровым С.В., учитывающий наличие в матрице ошибочных измерений, позволяет сжимать (с потерями) данные о температуре морской поверхности, полученные со спутников, а также может использоваться для интерполяции (экстраполяции) данных в ненаблюдаемые области. Для численных экспериментов были использованы данные о температуре поверхности Черного и Азовского морей ЦКП «ИКИ - Мониторинг» (к.ф.-м.н. Шелопут Т.О. совместно с Петровым С.В., Косолаповым И.А.).

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

Исследованы переходы различных режимов функционирования алгебро-геометрического анзаца в задаче об электрическом фильтре в случае четырех рабочих полос.

Изобретен новый простой инвариант, не меняющийся при изопериодической деформации кривой, ассоциированной с разрешимым уравнением Пелля-Абеля (д.ф.-м.н. Богатырев А.Б.).

Исследованы подходы к численному моделированию распространения возмущений в вязких несжимаемых ламинарных пограничных слоях на основе линейаризованных уравнений распространения амплитуд возмущений. Наряду с численной моделью, основанной на полных линейаризованных уравнениях, рассмотрены три модели, основанные на уравнениях, полученных из полных исключением продольной компоненты градиента давления и/или вязких членов в продольном направлении. Выполнено численное сравнение моделей на примере моделирования генерации и развития возмущений в пограничном слое над слабо вогнутой пластиной. Показаны границы применимости упрощенных моделей, при которых удастся адекватно моделировать как волны Толлмина-Шлихтинга, так и вихри Гёртлера в диапазоне параметров, имеющих практическое значение (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М. совместно с Демьянко К.В., Засько Г.В.).

Выполнен бифуркационный анализ стационарных решений математической модели динамики ВИЧ-1 инфекции. В частности, проведен расчет и численный анализ стационарных решений модели для наборов параметров, отвечающих типичному, длительно не прогрессирующему и быстро прогрессирующему течением. Выполнено исследование зависимости стационарных решений от параметра скорости активации макрофагов. Впервые для модели ВИЧ-1 инфекции показано наличие свойств бистабильности, мультистабильности и гистерезиса.

С помощью предложенных ранее методов вычислены оптимальные возмущения ряда характерных стационарных решений модели динамики инфекции вирусами гепатита В, представляющей собой калиброванную версию модели противовирусного иммунного ответа Марчука-Петрова, которая является системой дифференциальных уравнений с запаздыванием. 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 и здорового организма, с учетом применяемых в настоящее время терапевтических препаратов.

С помощью предложенных ранее методов вычислены оптимальные возмущения ряда характерных периодических решений модели динамики гепатита В, отвечающих

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 (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М., м.н.с. Христинченко М.Ю.).

Выполнен численный параметрический анализ биглобальной немодовой неустойчивости сдвиговых течений в трубах и каналах. Рассмотрены два течения: течение Пуазейля в трубе эллиптического сечения и течение Пуазейля в канале прямоугольного сечения. Результаты данного анализа для этих течений позволили заключить, что изменение отношения осей сечения трубы или канала может быть перспективным инструментом пассивного управления докритическим ламинарно-турбулентным переходом течений в трубах и каналах, поскольку этот фактор существенно и нетривиально влияет на характеристики немодовой неустойчивости таких течений.

В рамках работы над оригинальным программным комплексом LOTRAN, предназначенным для прогноза положения ламинарно-турбулентного перехода в трехмерных аэродинамических пограничных слоях, разработан, реализован и включен в эту версию комплекса новый модуль, реализующий современные подходы к визуализации и автоматической идентификации областей отрывов трехмерных пограничных слоев. Работа этого модуля исследована на примере двух конфигураций: скользящего крыла и эллипсоида вращения (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М., Демьянко К.В., Засько Г.В., Кузнецова С.А.).

Предложены два оригинальных метода численного решения линеаризованных уравнений распространения амплитуд возмущений. В рамках первого решается двумерная краевая задача с использованием буферной зоны для адекватного моделирования граничного условия на вытоке. В рамках второго решается задача Коши в продольном направлении со спектральной параболизацией на каждом шаге численного интегрирования. Оба метода показали хорошую эффективность при моделировании распространения волн Толлмина-Шлихтинга и вихрей Гертлера и могут быть использованы для расчета пространственных оптимальных возмущений (д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М., к.ф.-м.н. Демьянко К.В., м.н.с. Засько Г.В.).

Оригинальная технология расчета характеристик линейной временной устойчивости несжимаемых течений в каналах постоянного сечения распространена на исследование устойчивости несжимаемых пограничных слоев над оребренной поверхностью в локально-параллельном приближении (к.ф.-м.н. Демьянко К.В.).

Исследовано взаимодействие и влияние нормальной и тангенциальной компонент квадратичного оператора у продифференцированного уравнения Бюргерса, а также трехмерной системы Гельмгольца, на динамику их решения с ростом времени (д.ф.-м.н. Фурсиков А.В.).

Разработан новый метод обучения искусственной нейросети. Он состоит в стохастической модификации синаптических весов, интенсивность которых пропорциональна текущей ошибке. Ошибка определяется как норма разности текущих ответов нейронной сети и оптимальных, взятых из обучающей выборки. Метод реализован в виде компьютерной программы. Проведены тестовые расчёты, принципиально подтвердившие сходимость метода и его пригодность для обучения искусственных нейросетей, решающих прикладные задачи распознавания образов (к.ф.-м.н. Ноаров А.И.).

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

Разработана графовая модель лимфатической системы мышей и определены характеристики переноса в системе.

Разработана и калибрована математическая модель размножения вирусов лимфоцитарного хориоменингита (LCMV) в зараженной клетке. Определены потенциальные мишени для разработки антивирусных препаратов.

Данные разработки позволят перейти к задаче мультифизического моделирования основной экспериментальной модели вирусных инфекции в современной фундаментальной иммунологии (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»**

Совместно с С.Малясовым предложен метод выделения и идентификации односвязных подобластей в цифровом ядре на основе анализа собственной функции диффузионного оператора, соответствующего минимальному ненулевому собственному значению. Эти подобласти образуют проводящие зоны при проведении фильтрационных экспериментов на образцах ядра (член-корр. Василевский Ю.В.).

Разработана биомеханическая модель коленного сустава, включающая в себя детальное представление бедренно-надколенникового сегмента, для нормальной анатомии костей, суставов, связок и мышц. Вычислительный анализ нормального физиологического движения надколенника при сгибании колена, изучения отклонений от нормальной функции сустава при выключении из цикла движения мягкотканых стабилизирующих структур согласуется с экспериментальными данными, что указывает на корректность работы модели в данных экспериментах (член-корр. Василевский Ю.В. совместно с А.Юровой, А.Тягуновой и клиницистами Сеченовского университета).

Проанализирована точность клинических данных, используемых в математических моделях операции Фонтена для детей с пороком сердца. Сделан вывод о необходимости сопряжения локальных трехмерных моделей с моделями общей циркуляции крови в организме пациента (член-корр. Василевский Ю.В. совместно с Т.Добросердовой и клиницистами НМИЦ ССХ им. А.Н.Бакулева).

Предложена нейронная сеть для оценки возрастных изменений некоторых структур черепа и шейных позвонков по данным КТ снимков. Ошибка в оценке не превышает порога, установленного судебно-медицинскими экспертами (член-корр. Василевский Ю.В. совместно с Д.Валетовым и клиницистами Сеченовского университета).

Разработана численная модель фильтрации и переноса с учетом растворения и осаждения минеральных фаз и влияния этих процессов на фильтрационные и миграционные параметры пористой среды. В модели используется схема расщепления по физическим процессам, химические взаимодействия моделируются в равновесной постановке с помощью специализированного геохимического модуля PHREEQRM.

Проведена кросс-верификация разработанной модели с известными зарубежными программами (OGS-Gem, Comsol, Min3P, HYTEC) на задачах декальцинирования цемента. Дальнейшее развитие данной модели предполагает создание DFM-модели течения и переноса в трещиноватой пористой среде, учитывающей растворение и осаждение как в матрице породы, так и в трещинах (к.ф.-м.н. Капырин И.В.).

Были улучшены и апробированы методы сегментации стенок левого желудочка и расчета локальных индексов перфузии на КТ снимках перфузии.

Разработан вычислительный параллельный код CarNum для численного решения задач электрофизиологии и механики.

Разработаны алгоритмы перестроения сеток и реконструкции криволинейных поверхностей для улучшения качества расчетных сеток при адаптивном измельчении сеток (к.ф.-м.н. Данилов А.А.).

Построена редуцированная модель кровотока в бифуркации, учитывающая ее геометрические особенности. Течение крови в узле рассчитывается с помощью нейросети. Построенная модель верифицирована на тестовой задаче (к.ф.-м.н. Доброserдова Т.К.).

Разработаны новые конечно-объемные численные методы для совместного моделирования физических процессов, имеющих седловой характер, а также блочные алгебраические многосеточные методы решения возникающих линейных систем (к.ф.-м.н. Терехов К.М.).

Для модели одномерной гемодинамики проведены численные эксперименты и исследовано влияние эффектов памяти, возникающих в силу использования дробно-дифференциального уравнения состояния, на основные гемодинамические характеристики.

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

Технология численного решения задач пороупругости с использованием методов конечных объемов и виртуальных расширена на случай переменной насыщенности пористой среды водой, экспериментально показана сходимость численного решения к точному.

Проведено исследование явления «прорыва» при закачке диоксида углерода в сланцевую породу с помощью модели двухфазной фильтрации с учетом капиллярных и геомеханических эффектов, проведен анализ чувствительности модели (к.ф.-м.н. Ануприенко Д.В.).

Предложена новая концепция гибкого вычислительного фреймворка для решения задач сопряжённой электромеханики сердца. Исследовано влияние степени несжимаемости материала миокарда на устойчивость и надёжность расчётов для сопряжённой модели электромеханики сердца Сёмина-Цатуряна на базе предложенного фреймворка (асп. А.А. Легкий).

Выполнена доработка модели для виртуальной неинвазивной оценки гемодинамических индексов с учетом остаточной миокардиальной ишемии и проведены соответствующие вычислительные эксперименты и их анализ (д.ф.-м.н. Симаков С.С.).

В расчетном коде GeRa разработана и реализована сопряженная модель поверхностного стока и переноса примесей в поверхностных водах (к.ф.-м.н. Новиков К.А.).

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

Разработан и применен для анализа реальных данных метод оценки локальной скорости изменения заболеваемости (д.ф.-м.н. Романюха А.А. совместно с Санниковой Т.Е. и Каркачом А.С.).

Проведено совместное исследование состава тела у детей с онкологическими и гематологическими заболеваниями после трансплантации гемопоэтических стволовых клеток на базе ФНКЦ ДГОИ им. Д. Рогачева в рамках проекта МАГАТЭ (CRP E43033), проведена первая российская апробация метода разведения дейтерия (к.ф.-м.н. Руднев С.Г.).

Проведен анализ влияния социоэпидемиологических факторов на заболеваемость туберкулёзом в Российской Федерации. Исследовано влияние широкого круга социоэпидемиологических факторов на показатели заболеваемости туберкулёзом в регионах Российской Федерации и выделены факторы, наиболее качественно предсказывающие развитие эпидемиологической ситуации по туберкулёзу лёгких (к.ф.-м.н. Каркач А.С.).

На основе данных по историям болезни пациентов ГБУЗ "НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ", госпитализированных с диагнозом COVID-19, построен индекс повышенного риска тяжелого течения CORS-COVID. При помощи марковской модели показано, что предложенный индекс не только выделяет пациентов с высоким риском летального исхода, но и позволяет в момент госпитализации выделить группу пациентов, которым в дальнейшем потребуется респираторная поддержка.

Для агентных моделей распространения инфекционных заболеваний исследовано влияние структуры сети контактов на уровень заболеваемости, формирование иммунитета и перехода заболевания в эндемическую форму. Показано, что структура сети контактов сильно зависит от места проживания популяции, возраста агентов и видов занятости, что влияет на вклад соответствующих групп в общую заболеваемость (к.ф.-м.н. Санникова Т.Е.).

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

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

На основе глобальной динамической модели Ф-слоя ионосферы (100 – 500 км) построена трехмерная модель четырехмерного вариационного усвоения данных об интегральной концентрации электронов вдоль лучей от спутников до станций приема информации.

Получены аналитические и численные оценки оптимальных параметров алгоритма усвоения. Проведены контрольные численные эксперименты по восстановлению трехмерных полей концентрации электронов в атмосфере. Показано, что данный алгоритм дает высокую точность восстановления полей электронов в областях достаточно большого количества лучей (акад. Дымников В.П. совместно с Куляминым Д. и Останиным П.).

В аэрозольный блок климатической модели ИВМ РАН добавлена возможность учета поглощения длинноволновой радиации всеми типами аэрозолей, включая вулканический стратосферный сульфатный аэрозоль (ССА). Проведены эксперименты по настройке аэрозольного блока модели INMCM6 для воспроизведения отклика на вулканические выбросы ССА. Расчеты проводились с помощью совместной модели INMCM на 17 лет с 1979 по 1995 гг. и охватывали два взрывных извержения вулканов Эль-Чичон в 1982 г. и Пинатубо в 1991 г.

В результате проведенной настройки при сравнении с данными реанализа ERA5 с хорошей точностью удалось воспроизвести временной ход глобальной оптической толщины ССА, амплитуду потепления нижней стратосферы и похолодания нижней тропосферы. Выявлено, что наибольшее влияние на величину стратосферного потеп-

ления оказывает поглощение ССА коротко-волновой радиации на длинах волн 1-2 мкм. Анализ зависимости оптических параметров аэрозоля от длины волны показал, что именно в области 1-2 мкм происходит резкий скачок альbedo однократного рассеяния сульфатного аэрозоля с величины 1 до 0.2-0.3, поэтому для правильного описания стратосферного потепления, вероятно, важно наличие достаточного количества спектральных интервалов в БИК диапазоне в радиационном блоке климатической модели (к.ф.-м.н. Кострыкин С.В.).

В рамках решения задачи разработки вычислительного динамического ядра модели общей циркуляции атмосферы с высокой верхней границей (0-500 км) проведен анализ численной устойчивости и волновых свойств динамического оператора в областях верхней атмосферы. На основе предварительных тестовых экспериментов показано, что модель работает устойчиво и не порождает ложные возмущения при существенно низком шаге по времени (1 сек) и высоком вертикальном разрешении в области 80-150 км. Проведено усовершенствование распределения памяти параллельной реализации динамического ядра модели для улучшения эффективности счета данной версии модели атмосферы.

В рамках задачи развития модели ионосферы с системой усвоения реализация ассимиляции данных наблюдений обобщена на случай приближённой трёхмерной модели, не включающей описание трёхмерного переноса. Были проведены контрольные численные эксперименты по усвоению тестовых данных о полном электронном содержании (ПЭС) в режиме стационарного положения спутников с имитированием близкого к реальному расположения станций приемников сигнала. Показано, что усвоение данных имеет приблизительно тот же характер, как и в двумерной задаче, восстановление на фиксированной долготе происходит в той части расчётной области, которую пересекает траектория интегрирования, радиус эффекта усвоения данных в области, где данные отсутствуют, не велик (порядка 100 км) (к.ф.-м.н. Кулямин Д.В.).

Для анализа структурной устойчивости системы проведено обширное исследование динамической неоднородности модели Лоренца 96 в параметрической конфигурации, приводящей к хаотической динамике. Показано, что обнаруженная изменчивость числа неустойчивых направлений связана с наличием локальных показателей Ляпунова, которые могут принимать отрицательные значения даже при достаточно больших временах осреднения. Переход между областями аттрактора с разной степенью неустойчивости сопровождается существенным падением качества аппроксимации траектории орбитами. Области с высокой и низкой неустойчивостью могут быть аппроксимированы с помощью орбит с соответствующими характеристиками неустойчивости. Кроме того, показано, что области высокой и низкой неустойчивости связаны соответственно с состояниями с аномально высокой и низкой энергией, что обеспечивает четкую связь между микроскопическими и термодинамическими свойствами системы (д.ф.-м.н. Грицун А.С.).

Реализована новая модель снежного покрова и обновлена параметризация землепользования для климатической модели ИВМ РАН (м.н.с. Черненко А.Ю.).

Проведены работы по внедрению в океанскую модель: нового блока термодинамики морского льда, основанного как на ноль-мерном, так и одномерном приближении, параметризации вертикальной турбулентности, сложных параметризаций альbedo морской поверхности (м.н.с. Благодатских Д.В.).

Разработаны протоколы обмена информацией между компонентами модели Земной системы (МЗС) ИВМ РАН, реализована библиотека, выполняющая обмены информацией по разработанным протоколам. Реализована версия МЗС ИВМ РАН, в которой все межкомпонентные обмены реализованы средствами разработанной библиотеки (м.н.с. Оноприенко В.А.).

Исследованы схемы переноса характеристик морского льда в дивергентном и бездивергентном полях скорости для конечно-разностной модели динамики океана и морского льда на основании пакета программных средств для расчёта гидродинамики, разработанного в НИВЦ МГУ на языке C++.

Реализована подпрограмма расчета дрейфа характеристик морского льда на основе квазимоноотонной схемы переноса с коррекцией потоков.

Проведено тестирование набора схем на A100 GPU по отношению к CPU-ядру и по отношению к CPU-узлу в зависимости от выбранной схемы переноса и горизонтального разрешения для двумерной модели. Схема переноса с коррекцией потоков показала наибольшее ускорение в случае уменьшения горизонтального разрешения (стажёр-исследователь Ежкова А.А.).

Реализован способ инициализации сезонного и декадного прогноза климатической модели ИВМ РАН в полных полях. Выполнены расчёты серий ретроспективных прогнозов на зимние, весенние и летние месяцы.

Оценено качество воспроизведения различных метеополей, в частности, толщины и сплочённости морского льда для серий ретроспективных прогнозов, инициализированных в полных полях.

Оценена масштабируемость версии высокого разрешения климатической модели ИВМ РАН на высокопроизводительных вычислительных системах. Проведен анализ производительности операций вывода для модели Земной системы ИВМ РАН высокого и среднего разрешения, оптимизирована сборка распределённых массивов при выводе двумерных и трёхмерных полей (м.н.с. Тарасевич М.А.).

Проведена работа по исследованию предсказуемости на сезонном временном масштабе на основе климатической модели ИВМ РАН. На основе сезонных прогнозов INM-CM5 выполнена оценка возможностей сезонного прогноза параметров морского льда в Арктике. Проведена валидация ледовых параметров для зимних и летних сезонов 1993-2016 гг. Проведено исследование воспроизведения изменчивости стратосферного полярного вихря в Арктике в отдельные зимние сезоны в период 2007-2023 годов с помощью ансамблевых сезонных прогнозов климатической модели INM-CM5.

Проведен расчет интегральных оценок качества инициализированных прогнозов и исторических+сценарных экспериментов климатической модели INM-CM5 за 1960-2020 гг. Выполнена оценка качества воспроизведения наиболее значимых климатических индексов. Результат сопоставлен с моделями, входящими в ансамбль Всемирной метеорологической организации.

Проведена работа по сопоставлению ансамблей исторических экспериментов и исследованию будущих изменений климата в Северной Евразии по двум версиям климатической модели ИВМ РАН (INM-CM5 и INM-CM6P).

В рамках работы над отдельными компонентами климатической модели проведены эксперименты по моделированию изменений углеродного цикла в XIX-XXI веках. Исследована чувствительность цикла углерода к внешним воздействиям (землепользованию, концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере, метеорологии). Оценено влияние на цикл углерода различных социо-экономических сценариев будущего (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5) (к.ф.-м.н. Воробьева В.В.).

В рамках дальнейшего развития региональной модели динамики океана и морского льда FEMAO как части совместной модели атмосфера-океан-морской лёд разработана новая версия модели с улучшенным описанием морского льда и вертикального турбулентного перемешивания в рамках разработки региональной модели Арктики (региональная модель атмосферы Главной геофизической обсерватории, г. С.-Петербург + региональная модель Северного Ледовитого океана FEMAO, совместно с Институтом прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск) (д.ф.-м.н. Яковлев Н.Г.).

Построена новая модель динамики и термодинамики морского льда на треугольных сетках с различными пространственными аппроксимациями (д.ф.-м.н. Яковлев Н.Г. совместно с аспирантом С.С. Петровым).

Проведена работа по модернизации существующей модели Мирового океана в сигма-системе координат как составной части модели Земной Системы ИВМ РАН и развитию нового динамического ядра модели динамики океана с использованием обобщенных прямоугольных сеток на сфере (по горизонтали) и произвольной эйлерово-лагранжевой координаты по вертикали.

Реализованы новые схемы для вычисления горизонтальной турбулентной вязкости и турбулентной изопикнической диффузии скаляров для модели Мирового океана INMOM. Реализованы новые версии модели динамики и термодинамики морского льда, новая схема интегрирования уравнения баланса тепла в океане, улучшена схема расчетов коэффициентов вертикальной турбулентной вязкости/диффузии, реализована новая схема соединения моделей льда и океана с моделью атмосферы. В результате получена качественно новая модель динамики океана и морского льда, как составная часть модели Земной Системы ИВМ РАН, которая получает новое название INMosean1.0 (д.ф.-м.н. Яковлев Н.Г. совместно с Благодатских Д.В., Ежковой А.А., Оноприенко В.А.).

Разработан код новой численной модели термодинамики морского льда. В качестве аппроксимации по пространству используется смешанный метод конечных элементов-конечных объемов на треугольных сетках типа “А” и “CD”. Предложена новая реализация численного решения, основанная на принципе вычислений в локально-декартовом базисе.

Проведена валидация модели динамики морского льда на тестовых задачах с плоской и сферической геометрией. Разработана простейшая система прогноза дрейфа льда в Арктическом регионе.

Разработана независимая библиотека локально-одномерной термодинамики морского льда. Проведена валидация кода на данных полевого эксперимента SHEBA (м.н.с. Петров С.С.).

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

При помощи LES-модели проведена серия расчетов турбулентности над поверхностями городского типа с различными конфигурациями обтекаемых объектов и при наличии растительности в городском слое. Проведен статистический анализ данных моделирования. Выявлены закономерности изменения масштабов длины, необходимых для построения многослойных моделей RANS городского пограничного слоя, при наличии растительности. На основе данных моделирования предложен новый подход к параметризации аэродинамического сопротивления городского слоя при динамическом воздействии растительности на турбулентное течение (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»**

Построена новая математическая модель глобального переноса многокомпонентных газовых примесей и аэрозолей, включающая формирование в атмосфере сульфатных аэрозолей в обоих полушариях. Проведены численные расчеты по вычислению скорости нуклеации и счетной концентрации частиц применительно к зимнему периоду в тропосфере с учетом химических и кинетических процессов трансформации (фотохимия, нуклеация, конденсация/испарение и коагуляция). При этом наряду с бинарной нуклеацией паров серной кислоты и воды рассматривалось также образование зароды-

шей частиц и с участием атмосферных ионов. Полученные результаты указывают на значимую роль ионно-индуцированной нуклеации в формировании аэрозоля в Северном и Южном полушариях в зимнее время. Наряду с уровнем ионизации воздуха, факторами, определяющими динамику ионных процессов и их влияние на пространственно-временное распределение аэрозольных частиц в атмосфере, являются температура, относительная влажность, а также содержание в воздухе паров серной кислоты и воды (д.ф.-м.н. Алоян А.Е.).

С использованием модели глобального переноса многокомпонентных газовых примесей и аэрозолей в атмосфере проведены расчеты счетной концентрации аэрозольных частиц и временной изменчивости их спектра. В модели наряду с бинарной нуклеацией паров воды и серной кислоты учитывалась и зародышеобразование с участием атмосферных ионов. На примере данных о динамике окисления диоксида серы в орографическом облаке рассматриваются процессы в капельной фазе в присутствии ионов переходных металлов. Проанализирована микрофизика локальной наработки сульфатов в частицах арктической дымки. Оценки показали, что катализ ионами переходных металлов окисления SO<sub>2</sub> следует рассматривать в качестве значимого нефотохимического источника сульфатов, особенно в урбанизированной атмосфере (к.ф.-м.н. Арутюнян В.О.).

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

Проведена работа по совершенствованию моделей распознавания типов лесной растительности по дистанционным самолетным гиперспектральным данным (ГСК 290 каналов, ПО “Лептон”, г. Зеленоград) и спутниковым 8-канальным данным WorldView2 высокого пространственного разрешения.

Осуществлено применение разработанных ранее схем для определения объема биомассы по современным спутниковым многоканальным данным. В качестве прототипа модели определения объема биомассы по этим дистанционным данным используется разработанная ранее схема (В.В. Козодеров, В.С. Косолапов, 2006) для 7-канальных данных спутника Landsat 7 (пространственное разрешение 30 м на пиксел).

Осуществлена адаптация этих схем для расчета объема биомассы по 8-канальным спутниковым данным высокого пространственного разрешения (2 м на пиксель) WorldView2. Осуществлены расчеты объема биомассы для нескольких фрагментов спутниковых данных WorldView2 для района Савватьевского лесничества Тверской области. Для этих фрагментов получены значения величин биомасс в допустимых пределах (к.ф.-м.н. Егоров В.Д.).

Предложена методика тематической обработки на основе многовременных многогиперспектральных спутниковых изображений среднего пространственного разрешения и спутниковых карт высокого пространственного разрешения. Процесс тематической обработки состоит из трех основных этапов: определение маски леса по изображениям сверхвысокого пространственного разрешения; попиксельная классификация видов деревьев по многовременным изображениям среднего пространственного разрешения с использованием спектральных признаков; определение доминантных и субдоминантных видов и построение соответствующих тематических карт в соответствие с планом лесонасаждений. Проведены численные эксперименты по оценке эффективности данной методики в задаче определения видового состава смешанных лесов, характерных для европейской части России.

Рассмотрена задача текстурной сегментации древостоев на различных пространственных масштабах. Для этого использовались пирамиды спутниковых изображений с размером пикселя от 0.5 до 8 метров. Выделено 2 группы информативных текстурных

признаков с различной чувствительностью к изменению масштаба обрабатываемых изображений. Статистические признаки в виде начальных моментов характеризуют низкочастотную изменчивость яркости изображения и позволяют использовать изображения с разрешением до 2 м обеспечивая точность сегментации древостоев более 90%. Привлечение центральных моментов и энергетических признаков позволяет повысить точность сегментации до 95%, однако при этом необходимо использовать изображения с размером пикселя 0.5-0.7 м. Предложена новая схема текстурной сегментации древостоев с использованием спутниковых изображений сверхвысокого пространственного разрешения, основанная на комбинировании статистических и спектральных методов. Точность построения маски древостоев составила величину 96.5%, при этом большая часть ошибок соответствует граничным пикселям. При этом естественный уровень ошибок составил 0.6%.

Предложена методика определения видового состава смешанных лесов, характерных для европейской части России на основе совместной тематической обработки спутниковых многовременных мультиспектральных изображений среднего пространственного разрешения и изображений сверхвысокого пространственного разрешения из открытых картографических сервисов. Численные эксперименты показали, что выделенные 9 основных видов деревьев классифицируются с ошибками от 1 до 8% (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»**

В рамках работ по проекту РНФ № 22-17-00267 (рук. Дианский Н.А.) реализована новая версия модели циркуляции океанов и морей INMOM, предназначенная для воспроизведения гидротермодинамических характеристик на глобальном и региональных масштабах. Модель учитывает изменение объёма воды и эволюцию характеристик морского льда.

Проведены расчёты циркуляции Мирового океана с помощью глобальной 0.25 градусной вихредопускающей модели INMOM-G025. С их помощью изучены условия формирования квази-постоянной полыньи в море Уэдделла. Реализованы вихреразрешающие версии: INMOM-GERes (Global Eddy Resolving), охватывающая весь Мировой океан с пространственным разрешением 1/10 градуса по долготе и широте, и INMOM-NA (North Atlantic), настроенная на акваторию Северной Атлантики с включением части Южной Атлантики и Северного Ледовитого океана с пространственным разрешением 1/12° по долготе и 1/16° широте. По итогам результатов тестовых расчётов выполнены настройки и верификации версии INMOM-GERes и INMOM-NA по воспроизведению основных особенностей вихревой динамики океана. На основе результатов экспериментов, проведённых по модели INMOM-NA, а также с использованием современных данных океанографических наблюдений, исследованы особенности вихревой динамики и процесса самоорганизации фронта Гольфстрима.

Совместно с коллегами из МГУ проведено исследование возможности существенного ослабления Глобального Циркуляционного конвейера (ГЦК) вследствие массивного сброса пресной воды в северной части Северной Атлантики (СА).

С помощью версии INMOM для Черного моря проанализировано повышение точности при расчетах гидрофизических полей с различными алгоритмами усвоения спутниковой температуры поверхности моря (ТПМ). Показано, что усвоение данных ТПМ методом EnOI (ансамблевый метод оптимальной интерполяции) позволяет более точно, чем с использованием метода наджинга и, тем более, совсем без усвоения, воспроизводить гидрофизические поля (д.ф.-м.н. Дианский Н.А.).

Разработана параллельная модель морского льда aagice1.0 на базе смешанного дискретно-непрерывного описания динамики и реологии морского льда модели Клячкина С.В. (ААНИИ). Построена совместная модель морского льда aagice1.0 и модели динамики океана INMIO4.2. Проведено тестирование модели лед-океан на акватории Карского моря и Северного Ледовитого океана.

Разработан метод поиска оптимальных координат измерителей, основанный на применении нейронных сетей и элементов теории информации, проведено сравнение с референсными методами и продемонстрирована состоятельность предлагаемого метода.

Исследовано влияние расположения измерителей на точность оперативного прогноза состояния Мирового океана. Проведено сравнение различных методов расстановки измерителей, в том числе, рассмотрена расстановка, полученная методом Concrete Autoencoder. Результаты показали, что расстановка сенсоров, полученная при помощи методов глубокого обучения, превосходит в точности прогноза другие рассмотренные расстановки при сопоставимом числе сенсоров (д.ф.-м.н. Ибраев Р.А.).

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

Разработан новый численный метод решения задачи квазигеострофической циркуляции океана с вариационным управлением. Метод апробирован для случая двуслойного канала, который имитирует лежащую в Южном океане зону Антарктического Циркумполярного течения (АЦТ). С использованием разложения в ряды Фурье задача сводится к нелинейной системе обыкновенных дифференциальных уравнений по времени. Из-за двусвязности области решение задачи должно удовлетворять дополнительному интегральному соотношению, определяющему расход АЦТ. Алгоритм решения задачи – вариационный, минимизируемый функционал включает сумму среднего по времени интегрального соотношения и среднюю разность между решением и данными наблюдений (д.ф.-м.н. Залесный В.Б.).

Реализована новая версия модели циркуляции океанов и морей INMOM, предназначенная для воспроизведения гидротермодинамических характеристик на глобальных и региональных масштабах. Модель учитывает изменение объема воды и эволюцию характеристик морского льда.

Проведено исследование возможности резкой блокировки или, как минимум, существенного ослабления Глобального Циркуляционного конвейера вследствие массового сброса пресной воды в северной части Северной Атлантики (к.ф.-м.н. Гусев А.В.).

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

В ИВМ РАН совместно с Гидрометцентром России разработана новая версия глобальной модели атмосферы ПЛАВ, предназначенная для среднесрочного прогноза погоды. Модель имеет горизонтальное разрешение около 10 км, что соответствует современному мировому уровню. Реализация такой модели потребовала работ по усовершенствованию вычислительных алгоритмов и параллельной реализации модели (д.ф.-м.н. Толстых М.А.).

Реализован учет неопределенностей модели атмосферы ПЛАВ в блоке динамики в части возмущения полулагранжевых траекторий. Этот алгоритм был реализован в

рамках перспективной версии модели ПЛАВ для ансамблевого прогноза с разрешением около 25 км (д.ф.-м.н. Толстых М.А., Алипова К.А.).

Предложено уточнение алгоритма параметризованного описания изменчивости скорости ветра подсеточного масштаба и его роли в методологии расчёта потоков турбулентного перемешивания в пограничном слое атмосферы в модели ПЛАВ072L96. Предложенное усовершенствование вместе с уточнением ряда микрофизических параметров позволили уменьшить систематические ошибки воспроизведения осредненных характеристик атмосферной циркуляции по этой модели. Выводы о статистической значимости влияния рассматриваемых изменений на точность воспроизведения атмосферной циркуляции сделаны на основе анализа качества ретроспективных долгосрочных прогнозов с заблаговременностью до четырех месяцев для двух сезонов, а также на основе исследования осредненных характеристик модельной атмосферы в сравнении с реанализом ERA5.

Разработана новая версия совместной модели SLNE, включающей модель атмосферы ПЛАВ, модели океана и морского льда NEMO и SI3 соответственно. Усовершенствованная версия модели допускает устойчивое интегрирование на срок до трех лет. Для этой модели определены параллельные конфигурации, соответствующие оптимальному балансу между числом вычислительных ядер и скоростью счета. Исследование параллельной масштабируемости совместной модели в различных конфигурациях показало параллельную эффективность модели свыше 85% на 4000 ядрах в сравнении с конфигурацией на 224 вычислительных ядрах. С моделью проведены опытные ретроспективные долгосрочные прогнозы. Показано, что совместная модель способна воспроизводить аномальную жару 2010 года (к.ф.-м.н. Фадеев Р.Ю.).

В негидростатическом динамическом ядре модели атмосферы на кубической сфере реализован полулагранжев метод численного решения уравнения переноса по массивно-параллельному алгоритму (White, Dongara, 2013). Реализованы методы интегрирования по времени с неявностью для горизонтальных и вертикальных волновых слагаемых на основе многосеточного массивно-параллельного метода решения СЛАУ.

В совместной модели общей циркуляции атмосферы и фотохимии озона ПЛАВ-CHARM реализован блок гетерогенных химических реакций, что позволило воспроизвести антарктическую озоновую дыру в сентябре-ноябре и разрушение озона в Северном полушарии в марте-апреле (к.ф.-м.н. Шашкин В.В.).

Разработаны параллельные решатели систем линейных алгебраических уравнений для негидростатического динамического ядра глобальной модели динамики атмосферы на сетке кубическая сфера, реализованные методы применены для неявных аппроксимаций по времени.

Выполнена реализация вычислений в одинарной точности в блоке параметризаций процессов подсеточного масштаба глобальной модели динамики атмосферы ПЛАВ. Проведено исследование влияния этих изменений на точность прогнозов (к.ф.-м.н. Гойман Г.С.).

Проведено тестирование альтернативных общеизвестных методов выбора сдвигов в QR-алгоритме.

Проведена совместная работа с НИВЦ МГУ по наполнению базы знаний параллельных и других вычислительных характеристик классических алгоритмов (к.ф.-м.н. Фролов А.В.).

## 5. Премии, награды и почетные звания, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2023 году

1. Престижная научная премия “Сбера” в номинации “Цифровая вселенная” присуждена академику *Тыртышникову Евгению Евгеньевичу*.
2. Работа сотрудников ИВМ РАН “Долгосрочный прогноз аномальных погодных явлений на территории Северной Евразии” под руководством д.ф.-м.н. *Толстых Михаила Андреевича* вошла в Топ-10 научных открытий российских ученых за 2022 год (по данным РНФ).
3. Стипендии Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова молодым сотрудникам, аспирантам и студентам, добившимся значительных результатов в педагогической и научно-исследовательской деятельности, присуждены к.ф.-м.н. *Матвееву Сергею Александровичу* и аспиранту ВМК МГУ *Смирнову Матвеем Станиславовичу*.
4. Дипломы победителей конкурса научных работ молодых учёных за лучший доклад на 65-й научной конференции МФТИ присуждены аспирантам и студентам кафедры вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике ФУПМ МФТИ: аспиранту *Зылю Александру Владимировичу* и студенту *Бутакову Ивану Дмитриевичу*.
5. Диссертация *Ануприенко Дениса Валерьевича* на тему “Эффективные методы решения задач фильтрации и пороупругости на неструктурированных сетках” на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (научный консультант к.ф.-м.н. Капырин Иван Викторович) аннотирована в Вестнике ВАК экспертным советом ВАК при Минобрнауки России, как одна из лучших в текущем году.
6. Стипендиатами Отделения Математического центра мирового уровня “Московский центр фундаментальной и прикладной математики” в ИВМ РАН в 2023 году стали победители конкурса: *Засько Григорий Владимирович*, *Смирнов Матвей Станиславович*, *Тарасевич Мария Александровна*, *Петров Сергей Сергеевич*, *Черненко Алексей Юрьевич*, *Морозов Станислав Викторович*, *Легкий Алексей Андреевич*, *Христиченко Михаил Юрьевич*, *Останин Павел Антонович*.
7. Почетной грамотой (II место) за актуальное междисциплинарное исследование в конкурсе Молодых ученых X Международной научной конференции “Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли –2023” награжден студент ВМК МГУ *Шевченко Биал Сергеевич* за работу по теме “Контроль данных дистанционного зондирования о температуре поверхности Черного и Азовского морей” (научный руководитель Захарова Н.Б.).

## 6. Международные научные связи

В 2023 году в ИВМ РАН продолжалась научная работа по договорам с Обществом с ограниченной ответственностью «Техкомпания Хуавэй» (Китай).

В отчётном году ИВМ РАН был участником и организатором ряда конференций с международным включением.

## **7. Научно-организационная деятельность ИВМ РАН**

### **7.1. Сведения о тематике исследований**

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

В рамках этих направлений была определена тематика исследований:

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

### **7.2. План НИР ИВМ**

Фактически план НИР ИВМ в 2023 году состоял из 36 проектов, в том числе 4 проекта – по бюджету (госзадание), 4 – как договоры с различными организациями, 8 международных проектов, 14 проектов РНФ, 1 проект Математический центр.

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

В 2022 году в ИВМ РАН создана 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 (программирование, информационные технологии и вычислительная математики) под руководством учёных ИВМ РАН, имеющих большой опыт работы по созданию и использованию модели Земной системы ИВМ РАН. Привлечение новых молодых специалистов для работы в лаборатории оправдано тем, что они имеют наиболее современные знания по необходимым компетенциям. Кроме того, образование лаборатории позволит замедлить отток молодых IT специалистов из данной научной области.

### **7.4. Научные кадры**

Всего научных сотрудников – 69, 6 внутренних совместителей и 77 внешних совместителей.

Среди научных сотрудников:  
докторов наук – 19 (в т.ч. 4 члена РАН: академики Дымников В.П., Тыртышников Е.Е.,  
чл.-корр. Василевский Ю.В., чл.-корр. Ибраев Р.А.),  
кандидатов наук – 35,  
научных сотрудников без степени – 14,  
аспирантов – 7.

### **7.5. Подготовка научных кадров**

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

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

На начало 2023 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 5 человек по специальности 1.2.2 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

В ИВМ базируется кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике ФУПМ МФТИ (зав.кафедрой чл.-корр. Василевский Ю.В.). Практику (педагогическую и научно-исследовательскую) в ИВМ проходили 4 аспиранта и 20 студентов 3-6 курсов.

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 2023 году состоялось 4 защиты кандидатских диссертаций. От ИВМ РАН аспиранты Христиченко М.Ю., Петров С.С., Ануприенко Д.В, Фетисов С.Н.

### **7.5. Ученый совет ИВМ**

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

В 2023 г. проведено 8 заседаний Учёного совета.

На заседаниях:

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

- принимались решения о проведении конференций,
- рассматривались вопросы о работе кафедр и др.

## **8. Семинары**

В 2023 году работало 5 регулярных институтских семинаров:

- 1) Семинар “Математическое моделирование геофизических процессов” (рук. академик Дымников В.П.).
- 2) Семинар “Методы решения задач вариационной ассимиляции данных наблюдений и управление сложными системами” (рук. д.ф.-м.н. Агошков В.И., д.ф.-м.н. Залесный В.Б.).
- 3) Семинар “Вычислительная математика и приложения” (академик Тиртышников Е.Е., д.ф.-м.н. Агошков В.И., д.ф.-м.н. Богатырёв А.Б., чл.-корр. РАН. Василевский Ю.В., д.ф.-м.н. Нечепуренко Ю.М.).
- 4) Семинар “Вычислительная математика, математическая физика, управление” (рук. д.ф.-м.н. Кобельков Г.М., д.ф.-м.н. Фурсиков А.В.).
- 5) Семинар “Математическое моделирование в иммунологии и медицине” (рук. д.ф.-м.н. Романюха А.А.).
- 6) Семинар “Математическое моделирование в биологии и медицине” (рук. д.ф.-м.н. Бочаров Г.А., чл.-корр. РАН Василевский Ю.В., проф. Вольперт В.А.).

## **9. Математический центр**

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

30 июля 2019 года Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”, Федеральное государственное бюджетное учреждение “Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук” и Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук организовали консорциум в целях создания и развития математического центра мирового уровня “Московский центр фундаментальной и прикладной математики”.

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

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

22 ноября 2019 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 2023 году

приняло участие в организации ряда научных мероприятий: Школа молодых ученых “Матричные методы и моделирование в науках о жизни и Земле” (НТУ Сириус, 1-10 сентября), Конференция “Вычислительная математика и приложения” (НТУ Сириус, 21-25 августа), Международная молодежная школа и конференция CITES-2023 по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде (Москва, 13-16 июня), XV Конференция “Математические модели и численные методы в биологии и медицине” (ИВМ РАН, 1-3 ноября), Конференция “Конструктивные методы в теории римановых поверхностей” (НТУ Сириус, 13-17 ноября), Конференция “Современные проблемы и перспективы математики: взгляд из Петербурга” (ПОМИ, 16-18 октября). Также Отделением организовано несколько приглашенных лекций ведущих ученых из зарубежных организаций, — Павла Берлова (Imperial College London, UK) по теме “Гиперпараметризации для моделей океана” (25 сентября, ИВМ РАН) и Павла Пережогина (Courant Institute of Mathematical Sciences, USA) с докладом “Методы машинного обучения в прикладных задачах геофизики” (17, 24 апреля, ИВМ РАН).

При поддержке Математического центра проведены исследования по 16-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 2023 году получили 9 молодых исследователей, трое из которых успешно защитили кандидатские диссертационные работы в отчетном периоде.

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

## 10. Публикации сотрудников в 2023 году

Сотрудниками ИВМ РАН опубликовано в 2023 году 125 работ, в том числе: 118 статей в мировых научных журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (WEB of Science) и Scopus.

В 2023 году опубликованы следующие научные работы:

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

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

Setukha A.V., Stavtsev S.L. On the application of mosaic-skeleton approximations of matrices in electrodynamics problems with impedance boundary conditions // Lobachevskii Journal of Mathematics. — 2023. — Vol. 44, no. 9. — P. 4062–4069. 10.1134/S0012266123060125.

Setukha A., Stavtsev S. (2023). Numerical Method for Problem of Scattering by a Small Thickness Dielectric Layer on a Perfectly Conductive Substrate. In: Vasilyev, V. (eds) Differential Equations, Mathematical Modeling and Computational Algorithms. DEMMCA 2021. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, vol 423. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-28505-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-28505-9_11).

Чугунов В.Н., Икрамов Х.Д. Об одном частном решении задачи о  $\sigma$ -коммутировании ( $\sigma < 0, +1$ ) теплицевой и ганкелевой матриц // ЖВМиМФ 2023. Т. 63, N 11. С. 1817-1828.

Чугунов В.Н. Об отсутствии решений задачи о  $\sigma$ -коммутировании ( $\sigma < 0, +1$ ) теплоцевой и ганкелевой матриц в специальном классе // Записки научных семинаров ПОМИ. 2023. Т 524, с. 125–132.

Petrov S.V., Zamarashkin N.L. Matrix Completion with Sparse Measurements Errors, *Calcolo*, 60 (9), 2023, <https://doi.org/10.1007/s10092-022-00500-6>.

Morozov S.V., Smirnov M., Zamarashkin N.L. On the optimal rank-1 approximation of matrices in the Chebyshev norm, *Linear Algebra and its Applications* 679, 4-29, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.laa.2023.09.007>.

Budzinsky S.S., Zamarashkin N.L. Tensor train completion: local recovery guarantees via Riemannian optimization, *Numerical Linear Algebra with Applications*, 30(6), 2023, DOI: 10.1002/nla.2520.

Budzinsky S.S., Zamarashkin N.L. Variational Bayesian Inference for CP Completion with Subspace Information, *Lobachevskii Journal of Mathematics*, Vol. 44, No. 8, pp. 3016–3027, 2023, DOI: 10.1134/S1995080223080103.

Brilliantov N.V., Zagidullin R.R., Matveev S.A., Smirnov A.P. Aggregation Kinetics in Sedimentation: Effect of Diffusion of Particles // *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 2023, том 63, № 63, с. 596-605.

Lukashevich D., Ovchinnikov G.V., Tyukin I.Yu., Matveev S.A., Brilliantov N.V. Data-Driven Approach for Modeling Coagulation Kinetics // *Computational Mathematics and Modeling*, 2023, том 33, № 3, с. 310-318.

Dyachenko R.R., Matveev S.A., Krapivsky P.L. Finite-size effects in addition and chipping processes // *Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 2023, том 108, № 4.

Sultonov A., Matveev S., Budzinskiy S. Low-rank nonnegative tensor approximation via alternating projections and sketching // *Computational and Applied Mathematics*, 2023 том 42, № 2.

Matveev S., Budzinskiy S. Sketching for a low-rank nonnegative matrix approximation: Numerical study // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modeling*, 2023, том 38, № 2, с. 99-114.

Mirpulatov I., Gasanov M., Matveev S. Soil Dynamics and Crop Yield Modeling Using the MONICA Crop Simulation Model and Time Series Forecasting Methods // *AGRONOMY-BASEL*, 2023, том 13, № 8, с. 2185-2185.

Shcherbakova E.M., Matveev S.A., Smirnov A.P., Tyrtshnikov E.E. Study of performance of low-rank nonnegative tensor factorization methods // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, 2023, том 38, № 4, с. 231-239.

Бриллиантов Н.В., Загидуллин Р.Р., Матвеев С.А., Смирнов А.П. Кинетика агрегации при седиментации. влияние диффузии частиц // *Журнал вычислительной математики и математической физики*, 2023, том 63, № 4, с. 629-638.

Matveev S., Kurilovich A. Utilization of Tensor Decompositions for Video-compression // *Proceedings of the 33rd International Conference on Computer Graphics and Vision*, Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (Москва), 2023, с. 582-589.

Botchev, M.A., Kabanikhin, S.I., Shishlenin, M.A., Tyrtshnikov, E.E. The Cauchy problem for the 3D Poisson equation: Landweber iteration vs. horizontally diagonalize and fit method // *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*, 2023, 31(2), с. 203-221.

Дьяченко Р.Р., Матвеев С.А. Эффекты конечной выборки при стохастическом моделировании процесса агрегации-дробления, тезисы докладов конференции «Тихоновские чтения» // *Тихоновские чтения: тезисы докладов: научная конференция: 30 октября - 03 ноября 2023 г. - Москва: Издательский отдел факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова: МАКС Пресс*, 2023, с. 18.

Botchev M., Knizhnerman L., Schweitzer M. Krylov subspace residual and restarting for certain second order differential equations, SISC, Special session Copper Mountain 2022, 10.1137/22M1503300.

Сегуха А.В. Об аппроксимации поверхностных производных функций с применением интегральных операторов // Дифференциальные уравнения. — 2023. — Т. 59, № 6. — С. 828–842.

Setukha A.V. On approximation of surface derivatives of functions with the application of integral operators // Differential Equations. — 2023. — Vol. 59, no. 6. — P. 847–861.

Шелопут Т.О., Петров С.В. Алгоритмы сжатия и обработки геофизических данных на основе матричных аппроксимаций // Материалы X Международной научной конференции «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли», Красноярск: СФУ, 2023. С. 148-151.

Косолапов И.А., Петров С.В., Шелопут Т.О. Применение алгоритма восполнения матриц для сжатия и интерполяции данных о температуре поверхности моря // Тихоновские чтения : тезисы докладов : научная конференция ; 30 октября - 03 ноября 2023 г. — Москва : Издательский отдел факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2023. С. 14.

Sheloput T., Petrov S., Kosolapov I. Application of matrix approximations in the problem of geophysical data compression. Proceedings of Med GU Annual Meeting, 27-30 November, 2023, Springer, 2024.

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

Shutyaev V.P., Zalesny, V.B., Agoshkov V.I., Parmuzin E.I., Zakharova N.B. Four-Dimensional Variational Data Assimilation and Sensitivity of Ocean Model State Variables to Observation Errors // Journal of Marine Science and Engineering, 2023, v. 11, no. 6, 1253, doi: 10.3390/jmse11061253.

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. DOI: 10.31857/S0044466923040130.

Parmuzin E., Shutyaev V. Sensitivity of Functionals of the Solution to the Variational Assimilation Problem to the Input Data on the Heat Flux for a Model of Sea Thermodynamics. Comput. Math. Math. Phys., 2023, v.63, no.4, pp.623-632. DOI: 10.1134/S0965542523040127

Дымников В.П., Кулямин Д.В., Останин П.А., Шутяев В.П. Усвоение данных для двумерного уравнения амбиполярной диффузии в модели ионосферы Земли// ЖВМ и МФ, 2023, т.63, №5, с.803-826. DOI: 10.31857/S0044466923050101.

Dymnikov V.P., Kulyamin D.V., Ostanin P.A., Shutyaev V.P. Data Assimilation for the Two-Dimensional Ambipolar Diffusion Equation in Earth's Ionosphere Model. Comput. Math. Math. Phys., 2023, v.63, no.5, pp.845-867. DOI: 10.1134/S0965542523050093.

Gejadze I., Shutyaev V., Oubanas H., Malaterre P.-O. A Bayesian-variational cyclic method for solving estimation problems characterized by non-uniqueness (equifinality). Journal of Computational Physics, 2023, v.488, 112239. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2023.112239>.

Xinwei Cao, Chen Peng, Yuhua Zheng, Shuai Li, Tran Thu Ha, Victor Shutyaev, Vasilios Katsikis, and Predrag Stanimirovic. Neural Networks for Portfolio Analysis in High-Frequency Trading. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2023, 1-10. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2023.3311169>.

Thu Ha Tran, Victor Shutyaev, Hong Son Hoang, Shuai Li, Chinh Kien Nguyen, Hong Phong Nguyen, and Thi Thanh Huong Duong. Neural networks singular evolutive in-

terpolated Kalman filter and its application to data assimilation for 2D water pollution model // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, 2023, v.38, no.3, pp. 187-206. <https://doi.org/10.1515/rnam-2023-0015>.

Shutyaev V.P., Parmuzin E.I., Gejadze I.Yu. 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. Modelling, 2023, v.38, no.6, pp. 381-391.

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. doi: 10.31857/S0002351523060093

Пармузин Е.И., Шутяев В.П. Исследование чувствительности модели к данным спутниковых наблюдений при вариационной ассимиляции // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы X Междунар. науч. конф. Красноярск, 12–15 сентября 2023 г. / науч. ред. Е.А. Ваганов; отв. ред. Г.М. Цибульский. — Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2023, с.128-131.

Захарова Н.Б., Шевченко Б.С. Контроль данных дистанционного зондирования о температуре поверхности Черного и Азовского морей // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы X Междунар. науч. конф. Красноярск, 12–15 сентября 2023 г. / науч. ред. Е. А. Ваганов; отв. ред. Г. М. Цибульский, 2023. С. 89-92.

Шелопут Т.О., Петров С.В. Алгоритмы сжатия и обработки геофизических данных на основе матричных аппроксимаций // Материалы X Международной научной конференции «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли», Красноярск: СФУ, 2023. С. 148-151.

Косолапов И.А., Шелопут Т.О. Учет структуры матрицы коэффициентов возмущений в задаче компенсации нелинейных искажений сигнала в волоконной оптике // Труды 65-й Всероссийской научной конференции МФТИ в честь 115-летия Л.Д. Ландау 3–8 апреля 2023 г. Прикладная математика и информатика. — М: Физматкнига, 2023. С. 164-165.

Косолапов И.А., Шелопут Т.О. Эффективность методов машинного обучения для уменьшения искажений сигнала в волоконно-оптической линии связи // Устойчивое развитие: геополитическая трансформация и национальные приоритеты: материалы XIX Международного конгресса с элементами научной школы для молодых ученых. В 2-х т. Т. 1 / отв. редакторы выпуска: Семёнов А.В., Кравченко П.Н. [Электронное издание]. — Москва: МУ им. С.Ю. Витте, 2023. С. 657-659.

Косолапов И.А., Петров С.В., Шелопут Т.О. Применение алгоритма восполнения матриц для сжатия и интерполяции данных о температуре поверхности моря // Тихоновские чтения: тезисы докладов: научная конференция 30 октября - 03 ноября 2023г. — Москва: Издательский отдел факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2023. С. 14.

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

Богатырёв А.Б. Вырождение графа, описывающего комплексную структуру, Матем. сб., 214:3 (2023), 106–119 Q1.

Богатырёв А.Б., Жандрон К. Число компонент уравнений Пелля–Абеля с примитивным решением заданной степени”, УМН, 78:1 (469) (2023), 209–210 Q1.

Bogatyrev A., Gendron Q. The space of solvable Pell-Abel equations, Compositio math., 2023, 29 pp., arXiv: 2306.00884.

Миронов И.В., Христиченко М.Ю., Нечепуренко Ю.М., Гребенников Д.С., Боcharов Г.А. Бифуркационный анализ мультистабильности и гистерезиса в модели ВИЧ-инфекции // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2023. Т.27, №.7, С. 755-767.

Khristichenko M., Nechepurenko Yu., Grebennikov D., Bocharov G. Numerical study of chronic hepatitis B infection using Marchuk-Petrov model // Journal of Bioinformatics and Computational Biology. 2023. V.21, No. 2, P. 2340001.

Khristichenko M. Yu., Nechepurenko Yu. M., Bocharov G.A. Dependence of optimal disturbances on periodic solution phases for time-delay systems // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2023. V. 38, No. 2, P. 89-98. 1.

Demyanko K.V., Klyushnev N.V. On nonmodal stability of elliptic pipe flow. Phys. Fluids, 35 (12) 2023. <https://doi.org/10.1063/5.0179079>.

Klyushnev N.V., Demyanko K.V. On Numerical Investigation of the Nonmodal Instability of the Poiseuille Flow in an Elliptic Pipe // AIP Conf. Proc. 2504, 030024 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0133111>.

Kirilovskiy S.V., Boiko A.V., Borodulin V.I., Demyanko K.V., Ivanov A.V., Mischenko D.A., Nechepurenko Y.M., Poplavskaya T.V. On predicting the onset of the transition to turbulence in the three-dimensional boundary layer on a swept wing // AIP Conf. Proc. 2504, 030088 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0133391>.

Boiko A.V., Demyanko K.V., Klyushnev N.V. Effect of aspect ratio on optimal disturbances of duct flows. Symmetry 15 (12) 2023, 2121. <https://doi.org/10.3390/sym15122121>.

Фурсиков А.В. "On the stabilization problem by feedback control for some hydrodynamic type systems", (53p.) that is the chapter in collected monograph "Fluids under control" edited by T.Bondar, G.P.Galdi, S.Necasova, 2023 in the book series Advances in Mathematical Fluid Mechanics, by Springer Nature Switzerland AG.

Христиченко М.Ю. Оптимальные возмущения стационарных и периодических решений систем с запаздыванием с приложением в математической иммунологии: автореф. дисс. ... канд. физ.-мат. наук: 1.2.2. — Москва, 2023. — 20 с.

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

Grossman Z., Meyerhans A., Bocharov G. An integrative systems biology view of host-pathogen interactions: The regulation of immunity and homeostasis is concomitant, flexible, and smart. Front. Immunol. (2023) 13:1061290. doi: 10.3389/fimmu.2022.1061290.

Sazonov I, Grebennikov D, Savinkov R, Soboleva A, Pavlishin K, Meyerhans A, Bocharov G. Stochastic Modelling of HIV-1 Replication in a CD4 T Cell with an IFN Response. Viruses. 2023; 15(2):296. <https://doi.org/10.3390/v15020296>.

Toptygina A, Grebennikov D, Bocharov G. Prediction of Specific Antibody- and Cell-Mediated Responses Using Baseline Immune Status Parameters of Individuals Received Measles–Mumps–Rubella Vaccine. Viruses. 2023; 15(2):524. <https://doi.org/10.3390/v15020524>.

E.Domenjo-Vila, V.Casella, R.Iwabuchi, E.Fossum, M.Pedragosa, Q.Castellví, P.Cebollada Rica, T.Kaisho, K.Terahara, G.Bocharov, J.Argilaguet, A.Meyerhans, XCR1+ DCs are critical for T cell-mediated immunotherapy of chronic viral infections, Cell Reports, Volume 42, Issue 2, 2023, 112123, ISSN 2211-1247, <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2023.112123>.

Элиава Ш.Ш., Коновалов А.Н., Гребенев Ф.В., Шевченко Е.В., Савинков Р.С., Гребенников Д.С., Желткова В.В., Боcharов Г.А., Тельшев Д.В. Скрининг пациентов с аневризмами головного мозга: математический анализ и экономическое обоснование. Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко, 2023;87(1):15-24.

Konovalov A., Grebenev F., Savinkov R., Grebennikov D., Zheltkova V., Bocharov G., Telyshev D., Eliava S. Mathematical analysis of the effectiveness of screening for intracranial aneurysms in first-degree relatives of persons with SAH. *World Neurosurg.* 2023 Apr 20;S1878-8750(23)00462-X. doi: 10.1016/j.wneu.2023.03.138. Epub ahead of print. PMID: 37087036.

Grebennikov D., Savinkov R., Zelenova E., Lobov G., Bocharov G. Network Modeling of Murine Lymphatic System. *Algorithms.* 2023; 16(3):168. <https://doi.org/10.3390/a16030168>.

Bessonov N., Bocharov G., Mozokhina A., Volpert V. Viral Infection Spreading in Cell Culture with Intracellular Regulation. *Mathematics,* 2023; 11(6):1526. <https://doi.org/10.3390/math11061526>.

Khristichenko M., Nechepurenko Y., Grebennikov D., Bocharov G. Numerical study of chronic hepatitis B infection using Marchuk-Petrov model. *J Bioinform Comput Biol.* 2023 Apr;21(2):2340001. doi: 10.1142/S0219720023400012. Epub 2023 Mar 9. PMID: 36891975.

Гайнова И.А., Соболева А.Е., Гребенников Д.С., Бочаров Г.А. Математическое моделирование процесса репликации ВИЧ и ответа системы интерферона. *Молекулярная биология,* 2023, том 57, № 4, с. 692–705. DOI: 10.31857/S0026898423040080.

Гребенников Д.С., Желткова В.В., Савинков Р.С., Бочаров Г.А. Математическая иммунология: процессы, модели и усвоение данных. *Российский иммунологический журнал,* 2023. Т. 26, No 2. С. 181-188. doi: 10.46235/1028-7221-1210-MIP.

Khristichenko, M.Yu., Nechepurenko, Y.M., Bocharov, G.A. Dependence of optimal disturbances on periodic solution phases for time-delay systems. *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling,* vol. 38, no. 2, 2023, pp. 89-98. doi:10.1515/rnam-2023-0008.

Sergeeva J., Grebennikov D., Casella V., Cebollada Rica P., Meyerhans A., Bocharov G. Mathematical Model Predicting the Kinetics of Intracellular LCMV Replication. *Mathematics,* 2023; 11(21):4454. <https://doi.org/10.3390/math11214454>.

Bocharov G.A., Grebennikov D.S., Savinkov R.S. Multiphysics modelling of immune processes using distributed parameter systems. *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling,* 2023, vol. 38, no. 5, pp. 279-292. <https://doi.org/10.1515/rnam-2023-0021>.

Bessonov N.M., Bocharov G.A., Neverova D., Volpert V. Modeling immunodominance in the B-cell response to viral infection. *Mathematics and Mechanics of Complex Systems* 11-2 (2023), 175-202. DOI 10.2140/memocs.2023.11.175.

Goncharov A.A., Safonov T.A., Malko A.M., Bocharov G.A., Goncharov S.V. Climate change expected to increase yield of spring cereals and reduce yield of winter cereals in the Western Siberian grain belt. *Field Crops Research,* 2023, V.302, 109038. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109038>.

Христиченко М.Ю., Нечепуренко Ю.М., Гребенников Д.С., Бочаров Г.А. Численный анализ стационарных решений систем с запаздывающим аргументом в математической иммунологии // *Современная математика. Фундаментальные направления.* - 2022. - Т. 68. - №4. - С. 686-703. doi: 10.22363/2413-3639-2022-68-4-686-703.

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

Maliassov S., Vassilevski Yu. Extracting connectivity paths in digital core images using solution of partial minimum eigenvalue problem // *Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling,* 202, 3 38(6).

Terekhov K., Butakov I., Danilov F., Vassilevski Yu. Dynamic adaptive moving mesh finite-volume method for the blood flow and coagulation modeling // *Int. J. Numer. Meth. Biomed. Engng.* 2023; e3731. doi:10.1002/cnm.3731.

Vassilevski Yu., Liogky A., Salamatova V. How material and geometrical nonlinearity influences diastolic function of an idealized aortic valve // *Continuum Mech. Thermodyn.* (2023) 35:1581-1594. <https://doi.org/10.1007/s00161-022-01176-7>.

Vassilevski, Y., Gamilov, T., Danilov, A., Kopytov, G., Simakov, S. (2023). A Web-Based Non-invasive Estimation of Fractional Flow Reserve (FFR): Models, Algorithms, and Application in Diagnostics. In: Mondaini, R.P. (eds) *Trends in Biomathematics: Modeling Epidemiological, Neuronal, and Social Dynamics*. BIOMAT 2022. Springer, Cham. 305-316. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-33050-6\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-031-33050-6_18).

Капырин И.В. Particle tracking for face-based flux data on general polyhedral grids with applications to groundwater flow modeling. *RJNAMM*, vol.38, No.3, pp.115-126, 2023.

Капырин И.В., Пленкин А.В., Копытов Г.В. Опыт разработки и практического применения программного комплекса GeRa // *Современная гидрогеология: актуальные вопросы науки, практики и образования: труды Всероссийской научной конференции с международным участием, Сочи, 17–23 сентября 2023 года.* – Москва: Московский государственный университет им.М.В. Ломоносова, 2023. – С. 240-243.

Liogky A.A., Chernyshenko A.Yu., Danilov A.A., Syomin F.A. CarNum: parallel numerical framework for computational cardiac electromechanics. *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, 2023, 38(3):127–144.

Danilov A.A., Gamilov T.M., Liang F., Rebrova A.A., Chomakhidze P.Sh., Kopylov P.Yu., Bravy Y.R., Simakov S.S. Myocardial perfusion segmentation and partitioning methods in personalized models of coronary blood flow // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, 2023. 38(5):293–302.

Svobodov A.A., Kupryashov A.A., Dobroserdova T.K., Levchenko E.G., Tumanyan, M.R., Anderson A.G. A new approach to the interpretation of B-type natriuretic peptide concentration in children with congenital heart disease // *Journal of Laboratory Medicine*, vol. 47, no. 5, 2023, pp. 225-232. <https://doi.org/10.1515/labmed-2022-0150>.

Terekhov K., Konshin I. Distributed parallel bootstrap adaptive algebraic multigrid method // *Supercomputing. RuSCDays 2022. Communications in Computer and Information Science*, 2023, Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-22941-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-22941-1_7).

Terekhov K. Pressure-correction projection method for modelling the incompressible fluid flow in porous media // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, 2023, <https://doi.org/10.1515/rnam-2023-0019>.

Li L., Khait M., Voskov D., Terekhov K.M., Abushaikh A. Applying Massively Parallel Interface for MPFA scheme with advanced linearization for fluid flow in porous media // *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2022.111190>.

Lapin A., Shaydurov V., Yanbarisov R. Finite difference scheme for a non-linear subdiffusion problem with a fractional derivative along the trajectory of motion // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*. – 2023. – T. 38. – №. 1. – С. 23-35.

Gamilov T., Yanbarisov R. Fractional-Order Windkessel Boundary Conditions in a One-Dimensional Blood Flow Model for Fractional Flow Reserve (FFR) Estimation // *Fractals and Fractionals*. – 2023. – T. 7. – №. 5. – С. 373.

Lapin A., Yanbarisov R. Numerical Solution of a Subdiffusion Equation with Variable Order Time Fractional Derivative and Nonlinear Diffusion Coefficient // *Lobachevskii Journal of Mathematics*. – 2023. – T. 44. – №. 7. – С. 2790-2803.

Gamilov T., Yanbarisov R. One-dimensional haemodynamic model of a vascular network with fractional-order viscoelasticity // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*. – 2023. – T. 38. – №. 5. – С. 323-339.

Anuprienko D.V., Svitelman V.S. Explaining breakthrough behaviour in shale rock: influence of capillary effects and geomechanics // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modeling, 2023, v.38, no.6, pp. 341-351.

Liogky, A. A., Chernyshenko, A. Y., Danilov, A. A., Syomin, F. A. CarNum: parallel numerical framework for computational cardiac electromechanics. Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 2023, 38(3), 127-144.

Simakov S.S., Gamilov T.M., Liang F., Chomakhidze P.Sh., Kopylov Ph.Yu. Validation of boundary conditions for coronary circulation model based on a lumped parameter approach. Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 2023, 38(3), 161–172.

Simakov S.S., Gamilov T., Liang F., Kopylov Ph., Kuznetsova N., Rogov, A. Computational Analysis of Hemodynamic Indices Based on Personalized Identification of Aortic Pulse Wave Velocity by a Neural Network. Mathematics, 2023, 11(6), 1358.

Simakov S.S., Cui W., Wang T., Xu Z., Liu J., Liang, F. A numerical study of the hemodynamic behavior and gas transport in cardiovascular systems with severe cardiac or cardiopulmonary failure supported by venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 2023, 11, 1177325.

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

Киселевская-Бабинина В.Я., Романюха А.А., Санникова Т.Е. Математическая модель течения COVID-19 и прогноз тяжести инфекции // Математическое моделирование, 2023, 35(5), 31-46. <https://doi.org/10.20948/mm-2023-05-03>.

Romanyukha, A.A., Karkach, A.S., Borisov, S.E., Belilovsky, E.M., Sannikova, T.E. Identification of growing tuberculosis incidence clusters in a region with a decrease in tuberculosis prevalence in Moscow (2000-2019) // Journal of Global Health, 2023, 13. doi: 10.7189/jogh.13.04052.

Vlad, A.I., Romanyukha, A.A., Sannikova T.E. Circulation of Respiratory Viruses in the City: Towards an Agent-Based Ecosystem model Bulletin of Mathematical Biology, 2023, 85:100, doi.org/10.1007/s11538-023-01203-x.

Вашура А.Ю., Алымова Ю.А., Ефимова А.И., Руднев С.Г., Сенявин В.М. Опыт применения метода разведения дейтерия для оценки состава тела у детей на этапе трансплантации гемопоэтических стволовых клеток // Материалы международной научно-практической конференции «Современные лечебные и диагностические технологии в детской гематологии и онкологии», посвященной 30-летию онкогематологической службы в РК, 11-12 мая 2023 г., Алматы. С. 41-44.

Сабгайда Т.П., Руднев С.Г., Зубко А.В., Евдокушкина Г.Н. Предотвратимая смертность в Республике Тува и влияние на неё пандемии COVID-19 // Новые исследования Тувы. 2023. №2. С. 50-69. DOI: 10.25178/nit.2023.2.4.

Сипатрова А.Г., Година Е.З., Пермякова Е.Ю., Анисимова А.В., Зубко А.В., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела с использованием анализаторов ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ: результаты сравнения // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. 2023. №2. С. 70-81. DOI: 10.32521/2074-8132.2023.2.070-081.

Kisselevskaya-Babinina V.Y., Romanyukha A.A., Sannikova T.E. Mathematical Model of COVID-19 Progression: Prediction of Severity and Outcome. Mathematical Models and Computer Simulations, 2023, 15(6), 987-998.

Николенко Н.Ю., Кудлай Д.А., Борисов С.Е., Санникова Т.Е., Докторова Н. П. Оценка клинко-экономической эффективности различных режимов этиотропной химиотерапии у больных туберкулезом органов дыхания с множественной и широкой ле-

карстенной устойчивостью. Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология, 2023, 16(2), 162-175.

Novikov K. Mesh-independent multidimensional coupling of surface and subsurface water flow models // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 2023, v. 38, no. 1, pp. 37-45.

Romanyukha A.A., Novikov K.A., Avilov K.K., Nestik T.A., Sannikova T.E. The trade-off between COVID-19 and mental diseases burden during a lockdown: Mathematical modeling of control measures // Infect Dis Model., 2023, 8(2):403-414. doi: 10.1016/j.idm.2023.04.003.

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

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

Дымников В.П., Кулямин Д.В., Останин П.А., Шутяев В.П. Усвоение данных для двумерного уравнения амбиполярной диффузии в модели ионосферы Земли // Ж.выч.мат. и мат. физики, 63:5 (2023 ) 803 – 826. Com. Math. Math. Phys., 63:5 (2023 ) 845-867. Doi:10.31857/50044466923050101.

Kulyamin D.V., Kostrykin S.V., Ostanin P.A. and V.P. Dymnikov. Numerical model of Earth ionosphere F-region based on three-Dimensional transport and ambipolar diffusion equations // Russ.J. Num.Anal. Math. Modeling, 2023, 38 ( 6 ), pp. 361-312.

Vargin P., Kostrykin S., Koval A., Rozanov E., Egorova T., Smyshlyaev S. and Tsvetkova N. Arctic stratosphere changes in the 21st century in the Earth system model SOCOLv4, Front. Earth Sci. 2023, Vol. 11, 1214418, doi: 10.3389/feart.2023.1214418.

Tarasevich M.A., Tsybulin I.V., Onoprienko V.A., Kulyamin D.V., Volodin E.M. Ensemble-based statistical verification of INM RAS Earth system model // Rus. J. of Num. Anal. and Math. Model. 2023; 38(3):173–186.

Володин Е.М. Воспроизведение современного климата климатической моделью INMCM60 // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2023, Т.59, N1, С.19-26. doi: 10.31857/S0002351523010133.

Воробьева В.В., Володин Е.М., Грицун А.С., Тарасевич М.А. Анализ предсказуемости состояния атмосферы и верхнего слоя океана на срок до 5 лет с помощью ретроспективных прогнозов модели климата INMCM5 // Метеорология и гидрология, 2023, N7, с.36-47. doi: 10.52002/0130-2906-2023-7-36-47.

Емелина С.В., Хан В.М., Семенов В.А., Воробьева В.В., Тарасевич М.А., Володин Е.М. Использование сезонных гидродинамических прогнозов модели INM-CM5 для оценки сроков начала пыления березы // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2023, N4, с.407-416. DOI: 10.31857/S0002351523040053.

Черненко А.Ю., Володин Е.М. Моделирование снежного покрова и его свойств в климатической модели ИВМ РАН // Труды 65-й Всероссийской научной конференции МФТИ в честь 115-летия Л.Д.Ландау, 3–8 апреля 2023 г. Прикладная математика и информатика. — М: Физматкнига, 2023. — 286 с. ISBN 978-5-89155-391-0.

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.

Хан В.М., Вильфанд Р.М., Емелина С.В., Тищенко В.А., Грицун А.С., Володин Е.М., Воробьева В.В., Тарасевич М.А. Оценка изменений температурного режима в Северной Евразии на предстоящее пятилетие по прогнозам модели земной системы ИВМ РАН и их возможных последствий для сельского хозяйства // Метеорология и гидрология, 2023, №9, с. 14 – 28, DOI: 10.52002/0130-2906-2023-9-14-28.

Gashuk E.M., Ezhkova A.A., Onoprienko V.A., Debolskiy A.V., Mortikov E.V., Passive Tracer Transport in Ocean Modeling: Implementation on GPUs, Efficiency and Optimizations // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2023, Vol. 44, No. 8, p. 3040-3058, DOI: 10.1134/S1995080223080152.

Ежкова А.Е., Оноприенко В.А., Яковлев Н.Г. Перенос полей массы и сплоченности льда в перспективном блоке океана климатической модели ИВМ РАН // Труды 65-й Всероссийской научной конференции МФТИ в честь 115-летия Л. Д. Ландау, 2023. ISBN 978-5-89155-391-0

Emelina S.V., Khan V.M., Semenov V.A., Vorobyeva V.V., Tarasevich M.A., Volodin E.M. Seasonal Hydrodynamic Forecasts Using the INM-CM5 Model for Estimating the Beginning of Birch Pollen Dispersion // Izv. Atmos. Ocean. Phys. 59, 351–359 (2023), DOI: 10.1134/S0001433823040059.

Vorobeva V.V., Volodin E.M., Gritsun A.S., Tarasevich M.A. Analysis of the Atmosphere and the Ocean Upper Layer State Predictability for up to 5 Years Ahead Using the INMCM5 Climate Model Hindcasts // Russ. Meteorol. Hydrol. 48, 581–589 (2023), DOI: 10.3103/S106837392307004X.

Куликова И.А., Набокова Е.В., Хан В.М., Володин Е.М., Тарасевич М.А. Колебание Маддена—Джулиана в контексте внутрисезонной изменчивости, дальних связей и предсказуемости // Метеорология и гидрология, № 8, стр. 5-23, 2023, DOI: 10.52002/0130-2906-2023-8-5-23.

Тарасевич М.А. Влияние состояния снежного покрова в Евразии осенью на фазу Североатлантического колебания последующей зимой по данным климатической модели ИВМ РАН // Труды 65-й Всероссийской научной конференции МФТИ в честь 115-летия Л. Д. Ландау, 3–8 апреля 2023 г. Прикладная математика и информатика. — М: Физматкнига, стр. 180-181, 2023, ISBN 978-5-89155-391-0.

Воробьева В. В., Тарасевич М. А., Володин Е. М. Прогноз параметров морского льда климатической модели INM-CM5 в Арктике на летний сезон // Сборник тезисов Международной молодежной школы и конференции по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде «CITES-2023», Москва, 13-23 июня 2023, IMCES, Томск, с. 89-90.

Воробьева В.В., Володин Е.М., Грицун А.С. Ретроспективный прогноз состояния Земной системы на срок до 5 лет с помощью модели климата INM-CM5 // Сборник тезисов Международной молодежной школы и конференции по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде «CITES-2023», Москва, 13-23 июня 2023, IMCES, Томск, с. 33-34.

Хан В.М., Тищенко В.А., Круглова Е.Н., Куликова И.А., Емелина С.В., Набокова Е.В., Субботин А.В., Грицун А.С., Володин Е.М., Воробьева В.В., Тарасевич М.А. Оценки экспериментальных долгосрочных метеорологических прогнозов, выпускаемых в Гидрометцентре России на базе модели INM-CM // Сборник тезисов Международной молодежной школы и конференции по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде «CITES-2023», Москва, 13-23 июня 2023, IMCES, Томск, с. 92-93.

Володин Е.М., Грицун А.С., Воробьева В.В., Тарасевич М.А., Черненков А.Ю. Воспроизведение современных изменений климата в климатической модели ИВМ РАН // Международная конференция «Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования. Климат-2023». 9–13 октября 2023 года. Сборник тезисов докладов. — М.: Физматкнига, 2023 — С. 9.

Воробьева В.В., Тарасевич М.А., Черненков А.Ю., Володин Е.М. Анализ климатических изменений в Северной Евразии по двум версиям модели ИВМ РАН с разной чувствительностью // Международная конференция «Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования. Климат-2023». 9–13 октября 2023 года. Сборник тезисов докладов. — М.: Физматкнига, 2023 — С. 104.

Petrov, S.S., Zyuzin V.K., Iakovlev N.G. The new sea ice thermodynamics code for the INM RAS Earth System model: The design and comparison of one- and zero-dimensional approaches with the observational data // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling 2023; 38(1):47–61. <https://doi.org/10.1515/rnam-2023-0005>.

Petrov, S.S., Iakovlev N.G. SIMUG – finite element model of sea ice dynamics on triangular grid in local Cartesian basis // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, 2023; 38(3): 145–160. <https://doi.org/10.1515/rnam-2023-0012>.

Blagodatskikh D.V., Iakovlev N.G., Volodin E.M., Gritsun A.S. Non-local discretization of the isoneutral diffusion operator in a terrain-following climate ocean model // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, 2023; 38(6), pp.353–360. Doi: 10.1515/rnam-2023-0026. IF 0.43.

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

Perezhogin P., Glazunov A. Subgrid parameterizations of ocean mesoscale eddies based on Germano decomposition // Journal of Advances in Modeling Earth Systems. 2003. 15, e2023MS003771. DOI:10.1029/2023MS003771.

Debolskiy, A.V., Mortikov, E.V., Glazunov, A.V. et al. Evaluation of Surface Layer Stability Functions and Their Extension to First Order Turbulent Closures for Weakly and Strongly Stratified Stable Boundary Layer // Boundary-Layer Meteorol., 2023, 187, 73–93. DOI: 10.1007/s10546-023-00784-3.

Varentsov A.I., O.A. Imeev, A.V. Glazunov, A.V. Mortikov, V.M. Stepanenko Numerical Simulation of Particulate Matter Transport in the Atmospheric Urban Boundary Layer Using the Lagrangian Approach: Physical Problems and Parallel Implementation. Programming and Computer Software. 2023, vol. 49, no. 8, pp. 894–905. DOI: 10.1134/S0361768823080248.

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

Алоян А.Е., Ермаков А.Н., Арутюнян В.О. О механизме окисления диоксида серы в облачных каплях // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2023. Т. 59. № 5. С. 612–622. doi: 10.31857/S000235152305005X.

Алоян А.Е., Ермаков А.Н., Арутюнян В.О. О влиянии атмосферных ионов на образование аэрозоля в тропосфере: численное моделирование // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2023. Т. 59. № 4. С. 467–473. doi: 10.31857/S000235152304003X.

Ермаков А.Н., Алоян А.Е., Арутюнян В.О. Динамика образования сульфатов в атмосферной дымке // Оптика атмосферы и океана. 2023. Т. 36. № 2. С. 148–153. doi: 10.15372/AOO20230210.

Ермаков А.Н., Алоян А.Е., Арутюнян В.О. Механизм нефотохимического образования сульфатов в аэрозольной дымке // Метеорология и гидрология. 2023. № 2. С. 90–99. doi: 10.52002/0130-2906-2023-2-90-99.

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

Егоров В.Д. Восстановление объёма биомассы лесной растительности по спутниковым данным высокого пространственного разрешения WorldView2 для района Савватьевского лесничества Тверской области // XXI Международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М., Институт космических исследований РАН. 2023. С. 362.

Дмитриев Е.В., Мельник П.Г., Донской С.А., Кондранин Т.В. Повышение эффективности текстурной сегментации лесного полога по изображениям сверхвысокого

пространственного разрешения // Лесной вестник / Forestry bulletin. 2023. Т. 27, № 5. С. 25-36.

Дмитриев Е.В., Кондранин Т.В., Мельник П.Г., Донской С.А. Определение видового состава смешанного леса на основе совместной обработки публичных спутниковых карт и многовременных изображений Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2023.

Дмитриев Е.В., Кондранин Т.В., Сафонова А.Н., Мельник П.Г. Оценка видового состава и состояния древостоев по изображениям сверхвысокого разрешения с использованием контуров отдельных деревьев // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2023): сборник трудов всероссийской конференции с международным участием. Новосибирск, 2023. С. 40-47.

Дмитриев Е.В., Кондранин Т.В., Мельник П.Г., Слюсарева И.В. Многомасштабная текстурная сегментация спутниковых изображений лесных территорий // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы X Международной научной конференции, Красноярск, 12–15 сентября 2023 г. 2023. С. 68-76.

Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Мельник П.Г., Донской С.А. Дистанционный метод определения видового состава и структуры древостоев с использованием текстурных и спектрально-временных признаков // Материалы 21-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, 2023. С. 417.

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

Фомин В. В., Дианский Н. А. Влияние способов усвоения спутниковых данных о температуре поверхности моря на воспроизведение гидрофизических полей Черного, Азовского и Мраморного морей в модели INMOM // Метеорология и Гидрология. Т. 48. № 2. 2023. с. 15-30. DOI 10.52002/0130-2906-2023-2-15-30.

Панасенкова И.И., Фомин В.В., Дианский Н.А. Усвоение спутниковых данных по температуре поверхности моря и сплоченности ледяного поля в модели INMOM для акватории Западно-Арктических морей России // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2023) / Материалы XVIII международной научно-технической конференции. Том II. – М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2023, стр. 133-138 (ISBN 978-5-6045110-9-1 DOI 10.29006/978-5-6045110-9-1-2023).

Григорьев А.В., Фомин В.В., Кубряков А.И., Дианский Н.А., Кабатченко И.М., Сенченко В.Г. Гидрометеорологическое обеспечение морской деятельности в северо-восточной части Черного моря в рамках задач оперативной океанологии // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению "Новые материалы и энергетика в ВС РФ" / Сборник статей научно-технической конференции. Военный инновационный технополис "ЭРА". Анапа, 2023. С. 72-76.

Землянов И.В., Милютин И.Ю., Павловский А.Е., Фомин В.В., Дианский Н.А., Кудряшов С.А. Прогноз уровня в судоходном рукаве устьевой области р.Дон на основе согласованных гидродинамических моделей река-море // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг». В 2-х томах, место издания ООО "Лик" Новочеркасск, том 1, с. 265-271.

Панасенкова И.И., Фомин В.В., Осадчиев А.А., Седаков Р.О. Моделирование за-токов распресненных вод Обь-Енисейского плюма в проливе Вилькицкого в зимне-

весенний период // Сборник трудов, XII Международная научно-практическая конференция Морские исследования и образование - MARESEDU 2023.

Lobashev, A.A.; Turko, N.A.; Ushakov, K.V.; Kaurkin, M.N.; Ibrayev, R.A. Concrete Autoencoder for the Reconstruction of Sea Temperature Field from Sparse Measurements // J. Mar. Sci. Eng. 2023, 11, 404. <https://doi.org/10.3390/jmse11020404>.

Ушаков К.В., Морозова П.А., Семенов В.А., Володин Е.М., Ибраев Р.А. Оценка значимости атмосферных масштабов при палеорекострукции водного баланса Каспия с помощью модели общей циркуляции моря // Материалы Всероссийской конференции «Каспий в плейстоцене и голоцене: эволюция природной среды и человек» / Отв. Редакторы Т.А. Янина, Р.Н. Курбанов, Е.И. Куренкова, Д.А. Солодовников. – М.: Географический факультет МГУ. – М.: Издательство «Перо», 2023. – С. 188-190.

Alexander Lobashev, Nikita Turko, Konstantin Ushakov, Maxim Kaurkin and Rashit Ibrayev, 2023. Sensitivity Analysis of Optimal Sensor Locations for the Global Ocean with Forward-Mode Automatic Differentiation. ISMLG 2023 , 4th International Symposium on Machine Learning and Big Data in Geoscience University College Cork, 29 th August – 1 st September 2023. Abstract Book, pp. 208-209.

Турко Н.А., Лобашев А.А., Ушаков К.В., Кауркин М.Н., Кальницкий Л.Ю., Ибраев Р.А. Влияние расположения измерителей на точность оперативного прогноза состояния Мирового океана // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции, Севастополь, 25–29 сентября 2023 г. – Севастополь: ФГБУН ФИЦ МГИ, 2023. ISBN 978-5-6043409-6-7.

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

Залесный В.Б. Двухслойная модель циркуляции океана с вариационным управлением коэффициента турбулентной вязкости // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2022. Т. 59. № 2. С. 217–229.

Shutyaev V., Zalesny V., Agoshkov V., Parmuzin E., Zakharova N. Data Assimilation and Sensitivity of Ocean Model State Variables to Observation Errors // Journal of Marine Science and Engineering. 2023, 11, 1253 // <https://doi.org/10.3390/jmse11061253>.

Бышев В.И., Гусев А.В., Сидорова А.Н. О физической модели современного климата // Материалы XVIII международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2023). М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2023. Т. 2. С.43-46.

Бышев В.И., Гусев А.В., Сидорова А.Н. О термодинамике верхнего деятельного слоя Мирового океана // Материалы X Междунар. науч. конф. «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли»: Красноярск, Сибирский федеральный университет (СФУ). 2023. С160-163.

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

Мизяк В.Г., Шляева А.В., Толстых М.А. Учет скоррелированности ошибок спутниковых данных наблюдений AMV в ансамблевой системе усвоения данных // Метеорология и гидрология, 2023, № 3, С. 20-31. ISSN 0130-2906 <https://doi.org/10.3103/S1068373923030020>.

Шашкин В.В., Фадеев Р.Ю., Толстых М.А., Кривоуцкий А.А., Банин М.В. Воспроизведение процессов в стратосфере моделью общей циркуляции атмосферы ПЛАВ072L96 // Метеорология и гидрология, 2023, № 6, С. 5-20. ISSN 0130-2906 <https://doi.org/10.3103/S1068373923060018>.

Solomon A., Shupe M.D., Svensson G., Barton N.P., Batrak Y., Bazile E., Day J.J., Doyle J.D., Frank H.P., Keeley S., Remes T., Tolstykh M.A. The winter central Arctic surface energy budget: A model evaluation using observations from the MOSAiC campaign // *Elementa: Science of the Anthropocene*, 2023, Vol. 11, P. 00104. eISSN: 2325-1026 Doi: 10.1525/elementa.2022.00104.

Shashkin V.V., Goyman G., Tolstykh M.A. Summation-by-parts finite-difference shallow water model on the cubed-sphere grid // Part I: Non-staggered grid. *J. Comput. Phys.*, 2023, v 474, p.111797.

Беляев К.П., Кулешов А.А., Реснянский Ю.Д., Смирнов И.Н., Фадеев Р.Ю. Численные эксперименты с моделью динамики океана NEMO и усвоением данных наблюдений с дрейфтеров Argo по методу GKF // *Математическое моделирование*, 2023, Т. 35, № 3, С. 93-105. DOI 10.20948/mm-2023-03-06.

Фадеев Р.Ю. Роль изменчивости скорости ветра подсеточного масштаба в задаче долгосрочного прогноза аномалий погоды // *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*, 2023, № 2 (388), С. 35-54. DOI 10.37162/2618-9631-2023-2-35-54.

Шашкин В.В., Фадеев Р.Ю., Толстых М.А., Криволицкий А.А., Банин М.В. Воспроизведение процессов в стратосфере моделью общей циркуляции атмосферы ПЛАВ072L96 // *Метеорология и гидрология*, 2023, № 6, С. 5-20. DOI 10.52002/0130-2906-2023-6-5-20.

## 11. Конференции: организация и участие

ИВМ РАН был одним из организаторов следующих конференций в 2023 году:

1. 65-я научная конференция МФТИ в честь 115-летия Л.Д. Ландау, 3–8 апреля 2023 г., МФТИ, Москва-Долгопрудный.
2. Международная научная конференция «Вычислительно-информационные технологии для наук об окружающей среде» (CITES 2023), Москва, Россия, 13-23 июня 2023 г.
3. Всероссийская конференция «Вычислительная математика и приложения», Университет Сириус, Сочи, Россия, 21-25 августа 2023г.
4. Всероссийская научная конференция «Матричные методы и интегральные уравнения», НТУ Сириус, Россия, 25-31 августа 2023г.
5. Российская научно-образовательная летняя школа «Матричные методы и моделирование в науках о жизни и Земле 2.0», НТУ Сириус, Россия, 1-10 сентября 2023 г.
6. XV конференция «Математические модели и численные методы в биологии и медицине», ИВМ РАН, г. Москва, Россия, 1–3 ноября 2023г.
7. Научная конференция ИВМ РАН, посвящённая 85-летию академика В.П.Дымникова, ИВМ РАН, г. Москва, 26-28 декабря 2023 г.

Сотрудники института приняли участие в 106 конференциях:

конференции в России – 94,

международные конференции за рубежом – 12.

Всего докладов – 187.

**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, 25-31 августа 2023 г.

*Ставцев С.Л., Сетуха А.В.* Применение малоранговых аппроксимаций к расчёту теплового излучателя.

*Матвеев С.А., Щербакова Е.М., Смирнов А.П., Тыртышников Е.Е.* Эффективные алгоритмы поиска неотрицательных малоранговых аппроксимаций в форматах Таккера и тензорного произведения.

*Замарашкин Н.Л., Желтков Д.А.* How to Make Lanczos-Montgomery Fast on Modern Supercomputers?

*Сетуха А.В.* О численном решении краевых задач электродинамики с импедансным граничным условием.

*Морозов С.В.* О задаче малоранговых приближений матриц в Чебышевской норме.

*Петров С.В.* Устойчивость тензорных приближений малого ранга к большому белому шуму.

Международная научная конференция «Matrix Methods in Mathematics and Applications 2023», Москва, ИВМ РАН, 15-18 августа 2023 г.

*Ставцев С.Л.* On the Application of Mosaic-skeleton Approximations of Matrices in Electrodynamics Problems with Impedance Boundary Conditions.

*Morozov S.* On the optimal rank-1 approximation of matrices in the Chebyshev norm.

*Knizhnerman L., Botchev M., Schweitzer L.* The Arnoldi and Lanczos methods: residual estimates for some differential equations.

*Чугунов В.Н.* On pairs of symmetric Toeplitz matrices whose squares are identical.

Международная конференция «Актуальные проблемы электродинамики» (посвященная памяти Свешникова), 28-29 марта 2023 г., Москва, физфак МГУ.

*Ставцев С.Л., Сетуха А.В.* Применение метода мозаично скелетонных аппроксимаций к решению задачи дифракции на идеально проводящих телах.

Workshop Electromagnetic and Multiphysics Simulation 2023 г., Москва.

*Setukha A., Stavtsev S., Tretiakova R.* Some Boundary Value Problems of Electrodynamics with an Impedance Boundary Condition.

Суперкомпьютерные дни в России 2023, Россия, 25-26 сентября 2023 г.

*Замарашкин Н.Л., Желтков Д.А.* How to Make Lanczos-Montgomery Fast on Modern Supercomputers?

Научная конференция "Тихоновские чтения 2023" (Москва, Россия, 30 октября - 3 ноября 2023 г.), МГУ им. М.В. Ломоносова.

*Дьяченко Р.Р., Матвеев С.А.* Эффекты конечной выборки при стохастическом моделировании процесса агрегации-дробления.

*Косолапов И.А., Петров С.В., Шелопут Т.О.* Применение алгоритма восполнения матриц для сжатия и интерполяции данных о температуре поверхности моря.

33-я международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению «ГрафиКон 2023», г. Москва, ИПУ РАН, Russia, 19-21 сентября 2023 г.

*Matveev S.A., Kurilovich A.A.* Utilization of Tensor Decompositions for Video-compression.

The 6th international conference on matrix methods and machine learning in mathematics and applications, Москва, научный парк МГУ Lomonosov Hall и ИВМ РАН, Russia, 15-18 августа 2023 г.

*Matveev S.A.* DMD for Smoluchowski equations.

*Minin I., Matveev S.A.* Fast and Efficient Computer-aided Technique for Electric Field Computations.

*Щербакова Е.М., Тыртышников Е.Е., Матвеев С.А., Смирнов А.П.* Fast nonnegative tensor factorizations with tensor train model.

*Замарашкин Н.Л., Петров С.В.* How to Make Lanczos-Montgomery Fast on Modern Supercomputers?

XIV приокская научная конференция «Дифференциальные уравнения и смежные вопросы математики», ГСГУ, г. Коломна, ул. Зеленая. д. 30, Russia, 16-17 июня 2023 г.

*Матвеев С.А.* Аналитические решения уравнений диффузии–переноса–агрегации частиц.

Ломоносовские чтения – 2023, Секция вычислительная математика и кибернетика, МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет ВМК, Москва, Russia, 4-14 апреля 2023 г.

*Матвеев С.А., Загидуллин Р.Р., Смирнов А.П., Жамсуева Г.С., Заяханов А.С., Загайнов В.И., Бриллиантов Н.В.* Качественное моделирование агрегации аэрозольных частиц в акватории озера Байкал.

Школа-конференции «Перспективы математического моделирования физических процессов в многомасштабных геологических средах», ТУ «Сириус», 9-13 октября 2023 г.

*Книжнерман Л.* Крыловские и рациональные крыловские методы численного решения некоторых задач вычислительной геофизики.

II Всероссийская школа-семинар НЦФМ для студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Математическое моделирование на супер-ЭВМ экза- и зеттафлопсной производительности», г. Саров, Технопарк, Russia, 25-29 сентября 2023 г.

*Сету́ха А.В.* Моделирование рассеяния и излучения электромагнитных волн на основе метода граничных интегральных уравнений.

XIII всероссийский съезд по теоретической и прикладной механике, г. Санкт-Петербург, Russia, 21-25 августа 2023 г.

*Сету́ха А.В.* О моделировании трехмерных отрывных течений несжимаемой жидкости вихревым методом.

X международная научная конференция «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли», 12-15 сентября 2023 г., г. Красноярск.

*Шелопут Т.О., Петров С.В.* Алгоритмы сжатия и обработки геофизических данных на основе матричных аппроксимаций.

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

65-я всероссийская научная конференция МФТИ в честь 115-летия Л.Д. Ландау, 3–8 апреля 2023 г., г. Москва.

*Шевченко Б.С., Лёзина Н.Р., Агошков В.И.* Алгоритмы обработки данных дистанционного зондирования в задачах вариационной ассимиляции данных.

*Косолапов И.А., Шелопут Т.О.* Учет структуры матрицы коэффициентов возмущений в задаче компенсации нелинейных искажений сигнала в волоконной оптике.

*Гребеников Д.А.* Контроль данных спутниковой радиометрии о температуре поверхности моря по данным контактных измерений.

Конференция "Вычислительная математика и приложения", Университет Сириус, Сочи, Россия, 21-25 августа 2023 г.

*Шутяев В.П., Пармузин Е.И.* Чувствительность функционалов в задачах вариационного усвоения данных.

X международная научная конференция «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли», СФУ, Красноярск, Россия, 12-15 сентября, 2023 г.

*Пармузин Е. И., Шутяев В. П.* Исследование чувствительности модели к данным спутниковых наблюдений при вариационной ассимиляции.

*Захарова Н.Б., Шевченко Б.С.* Контроль данных дистанционного зондирования о температуре поверхности Черного и Азовского морей.

*Шелопут Т.О., Петров С.В.* Алгоритмы сжатия и обработки геофизических данных на основе матричных аппроксимаций.

XIX международный конгресс с элементами научной школы для молодых ученых «Устойчивое развитие: геополитическая трансформация и национальные приоритеты», Московский университет им. С.Ю. Витте при поддержке Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук, 30-31 марта 2023 г.

*Гребеников Д.А., Захарова Н.Б.* Контроль спутниковых данных о температуре поверхности моря по данным натурных измерений.

*Косолапов И.А., Шелопут Т.О.* Эффективность методов машинного обучения для уменьшения искажений сигнала в волоконно-оптической линии связи.

Научная конференция «Тихоновские чтения – 2023», 30 октября – 03 ноября 2023 г., Москва.

*Шевченко Б.С., Захарова Н.Б.* Контроль и коррекция данных со спутников при решении задач ассимиляции наблюдений в математическом моделировании морских систем.

*Косолапов И.А., Петров С.В., Шелопут Т.О.* Применение алгоритма восполнения матриц для сжатия и интерполяции данных о температуре поверхности моря.

XXI международная конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса", 14-18 ноября 2023 г., ИКИ РАН, г. Москва.

*Захарова Н.Б., Шевченко Б.С.* Коррекция данных со спутников SNPP, Aqua, Terra, Sentinel о температуре поверхности моря.

Huawei 9th Optical Workshop, 11-12 июля 2023 г., г. Санкт-Петербург.

*Шелопут Т.О.* PBM model adaptation based on MI criteria and low-rank approximations.

Nonlinear System Modelling & Identification Workshop, 15 декабря 2023 г., Москва.

*Шелопут Т.О.* PBM model adaptation based on low-rank approximations.

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

Спектральная теория, нелинейные задачи и приложения, СПбГУ, 9 декабря 2023 г.

*Богатырёв А.Б.* Спектральная задача Пуанкаре и Стеклова.

Международная конференция по комплексному анализу памяти А.А. Гончара и А.Г. Витушкина, 21 ноября 2023 г.

*Богатырёв А.Б.* Перечислительная задача для уравнений Пелля–Абеля.

Семинар отдела геометрии и топологии МИАН «Геометрия и математическая физика», 1 ноября 2023 г.

*Богатырёв А.Б.* Пространство разрешимых уравнений Пелля–Абеля II.

Конференция по комплексному анализу и его приложениям, Красноярск, 15 сентября 2023 г.

*Богатырёв А.Б.* Графы, описывающие комплексные структуры: падение рода.

International conference «Constructive methods in Riemann surfaces theory and applications», 13-17 November, 2023, Sirius.

*Bogatyrev A.B.* Optimal synthesis of electrical filters and Riemann surfaces.

*Bogatyrev A.B.* Applications of Riemann surfaces.

*Bogatyrev A.B.* Computational methods for Riemann surfaces.

International conference «Data Analytics, Networks and Approximation», 02 Oct 2023, Sirius.

*Bogatyrev A.* Dimensional reduction for Chebyshev type approximation problems.

Fifth Lake Baikal Summit (Industrial math conference), October 19, 2023, Sochi.

*Bogatyrev A.* Ansatz method for the design of electrical filters.

III конференция математических центров России, 10 октября 2023 г., Майкоп (Адыгея).

*Богатырёв А.* Размерностная редукция в задачах приближения чебышевского типа.

Современные проблемы и перспективы математики: взгляд из Петербурга, ПОМИ, 16-18 октября 2023 г., Санкт-Петербург.

*Богатырёв А.Б.* Разрешимые уравнения Пелля–Абеля.

Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии. XVII всероссийская школа-конференция молодых ученых (26 февраля – 6 марта 2023 г., Новосибирск-Шерегеш.

*Кузнецова С.А., Бойко А.В., Демьянко К.В., Засько Г.В., Нечепуренко Ю.М.* Топологические методы идентификации линий отрыва и присоединения в пограничных слоях.

*Засько Г.В., Бойко А.В., Демьянко К.В., Нечепуренко Ю.М.* О вычислении пространственных оптимальных возмущений двумерных пограничных слоев.

*Нечепуренко Ю.М., Бойко А.В., Демьянко К.В., Засько Г.В.* Оптимальные возмущения стационарных и периодических решений динамических систем.

*Демьянко К.В., Ключнев Н.В.* О немодовой временной неустойчивости течения Пуазейля в трубе эллиптического сечения.

ХІІІ всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики, Санкт-Петербург, 21-25 августа 2023 г.

*Нечепуренко Ю.М., Бойко А.В., Демьянко К.В., Засько Г.В.* Оптимальные возмущения ламинарных и турбулентных течений.

*Засько Г.В., Бойко А.В., Демьянко К.В., Нечепуренко Ю.М.* Вычисление пространственных оптимальных возмущений пограничных течений.

*Кузнецова С.А., Бойко А.В., Демьянко К.В., Засько Г.В., Нечепуренко Ю.М.* Методы автоматической идентификации отрывов в аэродинамических приложениях.

*Бойко А.В., Бородулин В.И., Демьянко К.В., Иванов А.В., Кириловский С.В., Мищенко Д.А., Нечепуренко Ю.М., Поплавская Т.В.* Прогнозирование перехода к турбулентности в трехмерных пограничных слоях.

*Демьянко К.В., Бойко А.В., Ключнев Н.В., Нечепуренко Ю.М.* Численное исследование влияния оребрения на устойчивость несжимаемых ламинарных пограничных слоев.

65-я всероссийская научная конференция МФТИ в честь 115-летия Л.Д. Ландау, 3–8 апреля 2023 г.

*Кузнецова С.А.* Численные методы идентификации отрывов в трехмерных пограничных слоях.

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

Всероссийская конференция с международным участием «Математика в медицине», Красноярск, 1 – 3 октября 2023 г.

*Бочаров Г.А., Гребенников Д.С., Желткова В.В., Савинков Р.С.* Математическое моделирование иммунной системы: мульти-физический подход к описанию структуры и функционирования.

Семинар A.I. Alikhanyan national science laboratory (Yerevan physics institute), Yerevan, Republic Armenia, January 31, 2023.

*Бочаров Г.А., Гребенников Д.С., Савинков Р.С.* Mathematical modelling for Immunology.

Семинар A.I. Alikhanyan national science laboratory (Yerevan physics institute), Yerevan, Republic Armenia, October 11, 2023.

*Andreas Meyerhans, Gennady Bocharov, Paula Cebollada, Dmitry Grebennikov, Rostislav Savinkov.* Understanding virus infections: from experiments to mathematical analysis.

Всероссийская научно-практическая конференция «Образование и наука – стратегическая платформа для будущего фармации», 9 октября 2023 г., ФФМ МГУ им. М.В. Ломоносова.

*Кулеш В.С., Песков К.В., Бочаров Г.А.* Подходы к математическому описанию популяционной динамики Т-лимфоцитов в норме и при ВИЧ инфекции.

XV конференция «Математические модели и численные методы в биологии и медицине» 1-3 ноября 2023 г., ИВМ РАН.

*Гребенников Д.С., Бочаров Г.А.* Математическое моделирование и анализ механизмов контроля над хроническими вирусными инфекциями.

Конференция “2023 UAEU-AUA Academic Workshop on Delay Differential Equations and Applications on Infectious Diseases and Immunology”, 23-24, November, 2023, UAE University, UAE.

Bocharov G.A. Understanding the pathogenesis of virus infections using mathematical models based on delay differential equations.

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

XVI международный Биотехнологический Форум «РосБиоТех», Москва, 19 апреля 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Клинические приложения математических моделей.

Симпозиум «Искусственный интеллект и математические методы в визуализации».

4-й Всероссийский научно-образ. форум «Кардиология 21 века: альянсы и потенциал», Томск, 27 апреля 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Персонализация математических моделей по данным томографии и клинические приложения.

The Ninth China-Russia Conference on Numerical Algebra with Applications, онлайн, 9 июля 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Stable numerical schemes for modelling hemodynamic flows in time-dependent domains.

X международная конференция по математическому моделированию, СВФУ, Якутск, 17 июля 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Диастолическое состояние реконструированного аортального клапана: от механического эксперимента до операционной.

Вычислительная математика и приложения, НТУ Сириус, 25 августа 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Как персонализированные модели и биомеханический эксперимент могут повысить эффективность хирургической реконструкции аортального клапана.

XX всероссийская научная конференция «Современные проблемы математического моделирования», Абрау-Дюрсо, 19 сентября 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Как персонализированные модели и биомеханический эксперимент могут повысить эффективность хирургической реконструкции аортального клапана.

III всероссийская конференция «Математика в медицине», Красноярск, 2 октября 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Диастолическое состояние реконструированного аортального клапана: от механического эксперимента до операционной.

III конференция Математических центров России, Майкоп, 13 октября 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Диастолическое состояние реконструированного аортального клапана: от механического эксперимента до операционной.

International Conference on Mathematics and Applications, MSU-BIT University, Шеньчжень, КНР, 21 октября 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Diastolic state of reconstructed aortic valve: from mechanical experiment to surgery.

International Conference on Mathematics and Applications, SUSTech, Шеньчжень, КНР, 22 октября 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Diastolic state of reconstructed aortic valve: from mechanical experiment to surgery.

Всероссийская школа «Математическое моделирование в разработке лекарств», НТУ «Сириус», 24 апреля 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Математическое моделирование процессов и материалов.

Всероссийская школа «Математическое моделирование в биомедицине», НТУ «Сириус», 15 мая 2023 г.

*Василевский Ю.В.* «Математические модели и медицина: возможна ли синергия?»

Всероссийская школа «Математическое моделирование в биомедицине», НТУ «Сириус», 20 мая 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Математическое моделирование в биомедицине как специализация.

Июньская математическая программа, Образовательный центр Сириус, 22 июня 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Математическое моделирование в медицине и нефтегазовой индустрии.

Всероссийская школа «Большие вызовы», Образовательный Центр «Сириус», 5 июля 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Зачем нужно математическое моделирование?

Буткэмп Росатома, НТУ «Сириус», 31 июля 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Как математические модели помогают увеличивать продолжительность жизни?

Всероссийская школа «Большие вызовы», Образовательный Центр «Сириус», 16 августа 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Математическое моделирование в медицине.

Всероссийская школа «Матричные методы и математическое моделирование в науках о жизни и Земле», НТУ «Сириус», 2 сентября 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Математическое моделирование и механический эксперимент в медицине.

Всероссийская школа «Матричные методы и математическое моделирование в науках о жизни и Земле», НТУ «Сириус», 7 сентября 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Математическое моделирование в биомедицине как специализация.

Всероссийская школа «Большие вызовы», Образовательный Центр «Сириус», 15 сентября 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Математическое моделирование в медицине.

Всероссийский день физики, Университет Сириус, 17 сентября 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Механика для медицины.

Математический клуб, Образовательный Центр «Сириус», 14 октября 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Математическое моделирование в медицине и нефтегазовой промышленности.

Осенняя школа по математической робототехнике, НТУ «Сириус», 17 ноября 2023 г.

*Василевский Ю.В.* Математическое моделирование в биомедицине и геофизике.

XII всероссийский съезд по теоретической и прикладной механике, 21-25 августа 2023 г., г. Санкт-Петербург.

*Капырин И.В.* Построение линий тока при решении задач фильтрации на трехмерных неструктурированных сетках методом конечных объемов.

*Григорьев Ф.В., Капырин И.В., Болдырев К.А.* Разработка численной модели фильтрации и переноса в трещинах переменной апертуры в расчетном коде GeRa.

Всероссийская научная конференция с международным участием, Сочи, 17–23 сентября 2023 г.

*Капырин И.В.* Опыт разработки и практического применения программного комплекса GeRa.

XV конференция «Математические модели и численные методы в биологии и медицине», 1–3 ноября 2023 г., ИВМ РАН, г. Москва, Россия.

*Данилов А.А., Лёгкий А.А., Сёмин Ф.А., Чернышенко А.Ю.* Персонализация электрофизиологических моделей в вычислительной платформе CarNum.

*Терехов К.М.* Численные методы для расчета течения жидкости и тромбообразования в подвижных областях.

BigBrain – Biokib-23, 4-8 декабря 2023 г. На базе Mathematical Institute of Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Serbia.

*Dobroserdova T.* (INM RAS), *Y.Vassilevski* (INM RAS, Sechenov University, Sirius University, MIPT), *L.Yurpolskaya* (AN Bakulev Center), *A.Svobodov* (AN Bakulev Center). Patient-specific numerical blood flow modelling of the Fontan circulation.

Девятая Китайско-Российская конференция по численной алгебре и приложениям. (онлайн, 10 июля 2023 г.).

*Терехов К.М.* Linear System Solution Methods for Coupled Multiphysics Problems.

Суперкомпьютерные дни в России 2023, Москва, 26 сентября 2023 г.

*Терехов К.М.* Block Algebraic Multigrid Method for saddle-point problems of various physics.

5<sup>th</sup> Lake Baikal Summit 2023, г. Сочи, 19 октября 2023 г.

*Терехов К.М.* Multiphysics mathematical modelling toolkit INMOST and perspective linear solvers.

XV Международная конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач, посвященная 85-летию академика РАН В.Г. Романова», Академгородок, г. Новосибирск, октябрь 2023 г.

*Лапин А.В., Янбарисов Р.М.* Сеточные аппроксимации некоторых нелинейных уравнений с дробными производными по времени переменного порядка.

Научно-техническая конференция «Цифровые технологии в добыче углеводородов: цифровая независимость», Роснефть, г. Уфа, октябрь 2023 г.

*Янбарисов Р.М.* Платформа INMOST: инструменты параллельного математического моделирования в приложении к геологическим и гидродинамическим задачам».

XXII школа молодых ученых ИБРАЭ РАН, 24 мая 2023 г.

*Ануприенко Д.В.* Моделирование пороупругости в ненасыщенных условиях методами конечных объемов и виртуальных элементов.

XIII всероссийский съезд по теоретической и прикладной механике, 22 августа 2023 г., Санкт-Петербург.

*Ануприенко Д.В.* О численном решении задач пороупругости с помощью методов конечных объемов и виртуальных элементов.

Международная конференция «Подземные воды – 2023», Тула, 28 сентября 2023 г.

*Ануприенко Д.В.* Опыт практического применения программного комплекса GERA.

50-й всероссийский симпозиум по биомеханике, Москва, Россия, 16-17 февраля 2023г.

*Легкий А.А.* Численный алгоритм виртуального размещения шаблонов лепестков аортального клапана внутри полости аорты.

65-я всероссийская научная конференция МФТИ, Москва, 3-6 апреля 2023 г.

*Легкий А.А., Чернышенко А.Ю., Данилов А.А., Сёмин Ф.А.* Концепт новой параллельной программной платформы для численного моделирования электромеханики сердца аортального клапана внутри полости аорты.

XIII всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики, г. Санкт-Петербург, Россия, 21-25 августа 2023 г.

*Легкий А.А., Саламатова В.Ю.* Влияние материальной и геометрической нелинейности, а также жёсткости и анизотропии материала на закрытое состояние модели аортального клапана.

XV конференция «Математические модели и численные методы в биологии и медицине», г. Москва, Россия, 1-3 ноября 2023 г.

*Легкий А.А., Чернышенко А.Ю., Данилов А.А., Сёмин Ф.А.* CarNum: новая параллельная платформа для численного моделирования электромеханики сердца.

*Симаков С.С.* Неинвазивная вычислительная оценка гемодинамических индексов (FFR, CFR и iFR) с учетом остаточной миокардиальной ишемии.

BIG BRAIN 2023 Conference for Collaboration in EurAsia, Mathematical institute of the Serbian academy of sciences and arts mi sanu, Belgrade, Serbia, 4–8 December 2023.

*Симаков С.С.* Mathematical model for non-invasive evaluation of hemodynamic indices (FFR, CFR and iFR) in the presence of residual myocardial ischemia.

III всероссийская конференция с международным участием “Математика в медицине”, Красноярск, Россия, 2–5 октября 2023 г.

*Симаков С.С.* Математическое моделирование коронарного кровотока с учетом остаточной миокардиальной ишемии.

Физика лазерного лечения в хирургических технологиях, Научно-практическая сессия по актуальным вопросам современной малоинвазивной хирургии, Калининград, Россия, 28–29 августа 2023 г.

*Симаков С.С.* Клинические цифровые двойники для оценки коронарного кровотока при чрескожном коронарном вмешательстве.

Конференция «Вычислительная математика и приложения», НТУ Сириус, Россия, 21–25 августа 2023 г.

*Симаков С.С.* Численное исследование коронарного кровотока при остаточной миокардиальной ишемии после лечения стенозов коронарных артерий с помощью вычислительных биомеханических моделей.

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

Круглый стол: “Вклад науки в обеспечение технологического и культурного суверенитета” (посвящается 300-летию РАН), ЦВК Экспоцентр, Москва, Россия, 23 мая 2023 г.

*Симаков С.С.* Технологии создания виртуальных персонализированных моделей сердечно-сосудистых заболеваний с помощью математического моделирования.

XVI международный биотехнологический форум “РосБиоТех”, “Инновационные биотехнологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве”, РАН, Москва, 19–25 апреля 2023 г.

*Симаков С.С.* Клинические приложения математических моделей. Симаков С.С. Клинические приложения математических моделей.

Круглый стол: “Исследования состава тела: инновационные разработки МГУ”, МГУ, Москва, Россия, 28 марта 2023 г.

*Симаков С.С.* Индивидуализированные модели кровотока и респираторной системы при физических нагрузках и сердечно-сосудистых патологиях.

Всероссийский симпозиум “Биомеханика–2023”, Санкт-Петербург, Россия, 16–17 февраля 2023 г.

*Симаков С.С.* Исследование определяющих факторов остаточной миокардиальной ишемии после лечения стенозов коронарных артерий с помощью вычислительных биомеханических моделей.

“Математика. Компьютер. Образование”, 23–27 января 2023 г.

*Симаков С.С.* Персонализированное численное моделирование коронарного кровотока при чрескожном коронарном вмешательстве на основе клинических данных.

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

Забабахинские Научные Чтения 2023, 22-26 мая 2023 г.

*Романюха А.А., Новиков К.А., Санникова Т.Е.* Оценка потерь популяции в ходе эпидемии вирусной инфекции.

Математика. Компьютер. Образование – XXX (г. Пущино), 23-27 января 2023 г.

*Романюха А.А.* Ковид-19 и психические заболевания. Расширенная модель.

Круглый стол «Исследования состава тела человека: инновационные разработки МГУ», 28 марта 2023 г., Москва.

*Руднев С.Г.* Исследования состава тела человека.

Всероссийский конгресс с международным участием «Инновации в детской гематологии, онкологии и иммунологии: от науки к практике», 1-3 июня 2023 г., НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева, Москва.

*Руднев С.Г.* Исследования состава тела человека: наука и инновации.

*Руднев С.Г., Ю.А.Алымова, А.Ю.Вашура, А.И.Ефимова, В.М.Сенявин.* Оценка изменений состава тела у детей после ТГСК с использованием метода разведения дейтерия и двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии.

VII конференция консорциума журналов экономического факультета МГУ, Москва, 25 октября 2023 г.

*Санникова Т.Е.* Моделирование распространения инфекций в мегаполисе: агентно-ориентированный подход.

XVI международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2023), ИПУ РАН, Москва, 26-28 сентября 2023 г.

*Киселевская-Бабинина В.Я., Санникова Т.Е.* Разработка индекса коморбидности CORS-COVID и его валидация при помощи марковской модели.

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

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

VII научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики, геоэкологии с использованием современных информационных технологий», 15-19 мая 2023 г, Майкоп, Россия.

*Чхетиани О.Г., Гледзер А.Е., Гледзер Е.Б., Хапаев А.А., Калашник М.В., Якушкин И.Г., Кострыкин С.В.* Вихри, струйные течения и турбулентность в квазидвумерных течениях: лабораторное моделирование общей циркуляции атмосферы.

Международный симпозиум «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД– 2023), 21-24 июня 2023 г., Санкт-Петербург, Россия.

*Варгин П.Н., Кострыкин С.В., Коваль А.В., Розанов Е.В., Егорова Т.А., Смышляев С.П., Цветкова Н.Д.* Изменения стратосферы Арктики в XXI веке по расчетам химико-климатической модели SOCOLv4.

*Фомин Б.А. Балугин Н.В., Гинзбург В.А., Зеленова М.С., Кострыкин С.В., Кухта Б.А., Юшков В.А.* Вертикальное распределение чёрного углерода в атмосфере зимней Арктики по данным баллонного зонда обратного рассеяния.

Международная конференция «Изменения климата: Причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования. Климат–2023», 9–13 октября 2023 г., Москва, Россия.

*Варгин П.Н., Кострыкин С.В., Коваль А.В., Розанов Е.В., Егорова Т.А., Смышляев С.П., Цветкова Н.Д.* Исследование изменений динамических процессов стратосферы Арктики в течение XXI века по расчетам химико-климатической модели SOCOLv4.

Конференция “Национальная система мониторинга климатически активных веществ: проблемы и решения”, 1-2 ноября 2023 г., Москва, Россия.

*Ильин И.С., Гусев А.В., Гинзбург В.А., Кострыкин С.В., Максимова О.В. и др. (ИГКЭ).* Пространственно-временное распределение выбросов черного углерода в России и сопредельных регионах.

Международная конференция по вычислительно-информационным технологиям в науках об окружающей среде “CITES-2023”. Москва, 13-17 июня 2023 г.

*Володин Е.М.* Воспроизведение изменений климата в 1850-2023г с помощью модели климата INMCM6.

*Tarasevich M., Volodin E.* Ocean full field initialization in the INM RAS climate model seasonal hindcasts.

*Воробьева В.В., Тарасевич М.А., Володин Е.М.* Прогноз параметров морского льда климатической модели INM-CM5 в Арктике на летний сезон.

*Александров М.С., Володин Е.М.* Исследование предсказуемости индекса PDO на 1-5 лет с помощью модели климата INMCM5.

*Воробьева В.В., Кланг П.С., Сумерова К.А.* Исследование влияния изменения индекса листовой поверхности (LAI) и типа растительности (PVEG) на процессы взаимодействия подстилающей поверхности и атмосферы в прогнозе до 10 дней.

*Воробьева В.В., Володин Е.М., Грицун А.С.* Ретроспективный прогноз состояния Земной системы на срок до 5 лет с помощью модели климата INM-CM5.

*Хан В.М., Тищенко В.А., Круглова Е.Н., Куликова И.А., Емелина С.В., Набокова Е.В., Субботин А.В., Грицун А.С., Володин Е.М., Воробьева В.В., Тарасевич М.А.* «Оценки экспериментальных долгосрочных метеорологических прогнозов, выпускаемых в Гидрометцентре России на базе модели INM-CM.

*Грицун А.С.* Потенциальная предсказуемость динамики климатической системы на временных масштабах 1 – 10 лет в тропиках Тихого океана по данным климатических моделей CMIP6.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М., Кострыкин С.В.* Модель снежного покрова в климатической модели ИВМ РАН.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М.* Новая параметризация землепользования в климатической модели ИВМ РАН.

*Онопrienко В.А., Благодатских Д.В., Черненко А.Ю., Гойман Г.С., Фадеев Р.Ю.* Система совместного моделирования климатической модели Земной системы ИВМ РАН.

*Медведев А.И., Степаненко В.М., Богомолов В.Ю., Черненко А.Ю.* Воспроизведение водного режима северных рек России в модели деятельного слоя суши ИВМ РАН – МГУ.

*Петров С.С.* Новая конечно-элементная модель динамики морского льда на треугольных A и CD сетках в локально-декартовом базисе.

*Тарасевич М.А., Цыбулин И.В., Грицун А.С.* Организация совместной разработки модели Земной системы ИВМ РАН.

*Тарасевич М.А., Сахно А.В., Фадеев Р.Ю., Володин Е.М., Грицун А.С.* Оценка параллельной масштабируемости и вычислительной эффективности перспективной версии климатической модели ИВМ РАН

*Варгин П.Н., Кострыкин С.В., Коваль А.В., Розанов Е.В., Егорова Т.А., Цветкова Н.Д., Смышляев С.П.* Изменение динамики стратосферы Арктики в XXI веке по расчетам химико-климатической модели SOCOLv4.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М., Кострыкин С.В.* Модель снежного покрова в климатической модели ИВМ РАН.

*Тарасевич М.А., Володин Е.М.* Инициализация модели Земной системы ИВМ РАН полными полями в ретроспективных долгосрочных прогнозах аномалий климата.

*Тарасевич М.А.* Влияние состояния снежного покрова в Евразии осенью на фазу Североатлантического колебания последующей зимой по данным климатической модели ИВМ РАН.

*Благодатских Д.В., Яковлев Н.Г., Володин Е.М.* Модернизация модели океана в составе совместной климатической модели.

*Ежкова А.А., Оноприенко В.А., Яковлев Н.Г.* Блок динамики морского льда в перспективной модели Мирового океана: перенос характеристик.

Международный симпозиум "Атмосферная радиация и динамика". Санкт-Петербург, 21-23 июня 2023 г.

*Володин Е.М.* Модель климата ИВМ РАН.

Всероссийская конференция с международным участием: Изменения климата. Причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования. Москва, 9-13 октября 2023 г.

*Володин Е., Грищун А., Воробьева В., Тарасевич М., Черненко А.* Воспроизведение современных изменений климата в климатической модели ИВМ РАН.

*Воробьева В.В., Тарасевич М.А., Черненко А.Ю., Володин Е.М.* Анализ климатических изменений в Северной Евразии по двум версиям модели ИВМ РАН с разной чувствительностью.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М.* Внедрение новой параметризации землепользования в климатическую модель ИВМ РАН.

World Climate Research Program. Open Science Conference. Rwanda, 23-27 Oct. 2023.

*Volodin E.* INM climate model: progress with respect to CMIP6 version.

65-я всероссийская научная конференция МФТИ в честь 115-летия Л. Д. Ландау, 3–8 апреля 2023.

*Черненко А.Ю., Володин Е.М.* Моделирование снежного покрова и его свойств в климатической модели ИВМ РАН.

*Ежкова А.А., Оноприенко В.А., Яковлев Н.Г.* Перенос полей массы и сплоченности льда в перспективном блоке океана климатической модели ИВМ РАН.

*Петров С.С.* Новая конечно-элементная модель динамики морского льда на треугольных A и CD сетках в локально-декартовом базисе.

Научно-практическая конференция «Национальная система мониторинга климатически активных веществ: проблемы и решения», Москва, 1-2 ноября 2023 г.

*Грищун А.С.* Развитие глобальной модели Земной системы для исследовательских целей и сценарного прогнозирования изменений климата. Актуализация прогнозов климатических изменений в 21 веке.

UN climate change conference (cop28). Climate change implications for sustainable development, Дубай (ОАЭ), 30.11-12.12.2023.

*Грищун А.С.* Global climate modelling: from seasonal to centennial prediction.

*Грищун А.С.* Toward the Earth system model ESM-RU: concept, design and first results.

Международная конференция «Дистанционные методы зондирования Земли и фотogramметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология», г. Новосибирск, Россия, 15-16 мая 2023 г.

*Ежкова А.А., Оноприенко В.А., Яковлев Н.Г.* Перенос характеристик морского льда в перспективном блоке динамики океана климатической модели Земной системы ИВМ РАН.

Российская летняя школа «Матричные методы и моделирование в науках о жизни и Земле 2.0», НТУ Сириус, 1-10 сентября 2023 г.

*Онопrienко В.А., Гойман Г.С., Яковлев Н.Г., Марханов Д.А., Долинин А.А., Волкова А.В., Воздаева Ю.С., Рамазанов А.Н., Кирсанов А.Л., Кирсанова А.М., Гвоздева А.В., Майданец А.А.* Моделирование экваториальной динамики океана.

*Гибадуллин Р.Р., Ломакин И.Р., Петрушов А.А., Пугачев М.С., Сафонов С.Е., Седельникова Е.С., Силаев М.В., Черненко А.Ю., Володин Е.М., Воробьева В.В., Тарасевич М.А.* Моделирование изменений наземного углеродного цикла в XIX-XXI веках.

*Воробьева В.В., Володин Е.М., Грицун А.С., Тарасевич М.А.* Прогноз крупномасштабных мод климатической изменчивости на временных масштабах от сезона до десятилетия с моделью ИВМ РАН.

*Воробьева В.В., Володин Е.М.* Углеродный цикл в климатической системе Земли.

Международная научная конференция «Суперкомпьютерные дни в России 2023», Москва, Россия, 25-26 сентября 2023 г.

*Гацук Е.М., Ежкова А.А., Онопrienко В.А., Дебольский А.В., Мортиков Е.В.* Оптимизация численного моделирования переноса пассивной примеси на графических ускорителях.

*Сахно А.В., Тарасевич М.А., Фадеев Р.Ю., Володин Е.М., Грицун А.С.* Масштабируемость программного комплекса модели Земной системы ИВМ РАН на многопроцессорных вычислительных системах.

The 11th Arctic Climate Forum, May 31-June 1, 2023.

*Revina A., Emelina S., Tarasevich M., Vorobyeva V.* Bioclimatic indexes in the Arctic: summary for October 2022– April 2023 and weather Comfort Outlook for summer 2023.

*Weese S., Merryfield B., Lee W., Reader C., Sigmond M., Dirkson A., Vorobyeva V.V., Tarasevich M.A., Volodin E.M., Gritsun A.S.* Verification of the 2022/23 Winter Sea Ice Outlook and Presentation of the 2023 Summer Sea Ice Outlook.

The 12th Arctic Climate Forum, November 6-7, 2023.

*Revina A., Emelina S., Tarasevich M., Vorobyeva V.* Bioclimatic indexes in the Arctic: summary for May 2023– September 2023 and weather Comfort Outlook for winter 2023/2024.

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

24 сессия Северо-Евразийского климатического форума (СЕАКОФ-24), 13 июня 2023г.

*Воробьева В.В., Тарасевич М.А., Володин Е.М.* Прогноз параметров морского льда климатической модели INM-CM5 в Арктике на летний сезон.

*Емелина С.В., Кланг П.С., Тарасевич М.А., Воробьева В.В.* Последствия воздействий ожидаемых климатических условий на сферы экономики и социальной жизни.

Всероссийский фестиваль «Наука 0+», 7-8 октября 2023 г.

*Воробьева В.В., Фадеев Р.Ю., Володин Е.М., Грицун А.С.* Климатические модели – основной инструмент изучения климата и его изменений.

Заседание секции Ученого Совета по метеорологическим прогнозам Гидрометцентра России от 26.09.2023 г.

*Володин Е.М., Воробьева В.В., Хан В.М.* Технология ансамблевого прогноза метеорологических полей с заблаговременностью до 4 месяцев на основе модели климата INM-CM5 с горизонтальным разрешением 150-200 км.

*Володин Е.М., Воробьева В.В., Хан В.М.* Метод сверхдолгосрочного прогнозирования состояния климатической системы на основе климатической модели ИВМ РАН INM-CM5 и системы подготовки данных Гидрометцентра РФ.

Заседание ЦМКП Росгидромета, 22 ноября 2023 г.

*Грицун А.С., Хан В.М.* Технология ансамблевого прогноза метеорологических полей с заблаговременностью до 4 месяцев на основе модели климата INM-CM5 с горизонтальным разрешением 150-200 км.

*Грицун А.С., Хан В.М.* Метод сверхдолгосрочного прогнозирования состояния климатической системы на основе климатической модели ИВМ РАН INM-CM5 и системы подготовки данных Гидрометцентра РФ.

Конференция по итогам выполнения важнейшего инновационного проекта государственного значения «Национальная система мониторинга климатически активных веществ: проблемы и решения», 1-2 ноября 2023 г., ИНИОН РАН, г. Москва.

*Яковлев Н.Г.* Перспективная модель Мирового океана INMocean как часть Национальной модели Земной системы.

III всероссийская школа молодых ученых «Системный анализ динамики природных процессов в российской Арктике», 5-8 июня 2023 г., г. Видное, Московская область.

*Яковлев Н.Г.* Численные модели динамики океана и динамики морского льда как инструмент системного анализа природных процессов в Арктике: физические основы, актуальные технологические решения и пределы роста.

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

XXI Международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, Институт космических исследований РАН, 13-17 ноября 2023 г.

*Егоров В.Д.* Восстановление объема биомассы лесной растительности по спутниковым данным высокого пространственного разрешения WorldView2 для района Савватьевского лесничества Тверской области.

*Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Мельник П.Г., Донской С.А.* Дистанционный метод определения видового состава и структуры древостоев с использованием текстурных и спектрально-временных признаков.

Всероссийская конференция с международным участием «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (SDM-2023), г. Бердск, Новосибирская область, Россия, 22-25 августа 2023 г.

*Дмитриев Е.В., Кондранин Т.В., Сафонова А.Н., Мельник П.Г.* Оценка видового состава и состояния древостоев по изображениям сверхвысокого разрешения с использованием контуров отдельных деревьев.

X международная научная конференция «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли», Красноярск, 12–15 сентября 2023 г.

*Дмитриев Е.В., Кондранин Т.В., Мельник П.Г., Слюсарева И.В.* Многомасштабная текстурная сегментация спутниковых изображений лесных территорий.

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

Методические и организационные аспекты гидрометеорологического обеспечения и управления ледовой обстановкой при реализации проектов на континентальном шельфе российской Арктики и Дальнего Востока, Москва, 11 апреля 2023 г.

*Фомин В.В., Дианский Н.А., Панасенкова И.И.* Использование технологий численного моделирования с усвоением спутниковых данных в задаче УЛО.

Международная научно-практическая конференция «Система мониторинга в Арктической зоне», Москва, 31 мая 2023 г.

*Дианский Н.А., Фомин В.В., Панасенкова И.И.* Технологии численного моделирования гидрометеорологических характеристик и опасных явлений в арктических морях с усвоением данных наблюдений.

Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг», Ростов-на-Дону, 20-22 сентября 2023 г.

*Землянов И.В., Милютин И.Ю., Павловский А.Е., Фомин В.В., Дианский Н.А., Кудряшов С.А.* Прогноз уровня в судоходном рукаве устьевой области р.Дон на основе согласованных гидродинамических моделей река-море.

XVIII международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2023), Москва, 23-25 мая 2023 г.

*Панасенкова И.И., Фомин В.В., Дианский Н.А.* Усвоение спутниковых данных по температуре поверхности моря и сплоченности ледяного поля в модели INMOM для акватории Западно-Арктических морей России.

Конференция «Россия в Десятилетии ООН наук об океане. Морская наука для экономики и социальной сферы страны», Москва, 1-3 ноября 2023 г.

*Родин А.В., Цепелев В.Ю., Дианский Н.А., Фомин В.В.* Усвоение данных оперативного мониторинга прогностическими моделями воздушной и морской среды.

Всероссийская конференция «Моря России: от теории к практике океанологических исследований», г. Севастополь, 25-29 сентября 2023 г.

*Иванов В.В., Гусев А.В., Дианский Н.А.* О возможности быстрых изменений океанской циркуляции в «атлантическом» сегменте системы Глобального циркуляционного конвейера: модельный эксперимент.

Всероссийская конференция «Каспий в плейстоцене и голоцене: эволюция природной среды и человек», Волгоград-Астрахань, 18-24 сентября 2023 г.

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

*Ушаков К.В., Морозова П.А., Семенов В.А., Володин Е.М., Ибраев Р.А.* Оценка значимости атмосферных масштабов при палеореконструкции водного баланса Каспия с помощью модели общей циркуляции моря.

Научно-практический семинар «Методические и организационные аспекты гидрометеорологического обеспечения и управления ледовой обстановкой при реализации

проектов на континентальном шельфе российской Арктики и Дальнего Востока», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 11 апреля 2023 г., Москва.

*Ибраев Р.А., Ушаков К.В., Кауркин М.Н., Кальницкий Л.Ю., Турко Н.А., Семин С.В.* Система оперативного прогноза течений и ледовой обстановки произвольных акваторий на континентальном шельфе морей России.

ISMLG 2023, 4th International Symposium on Machine Learning and Big Data in Geoscience University College Cork, 29-th August – 1-st September 2023.

*Lobashev A., Turko N., Ushakov K., Kaurkin M., Ibrayev R.* Sensitivity Analysis of Optimal Sensor Locations for the Global Ocean with Forward-Mode Automatic Differentiation.

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

Международная научно-технической конференция «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2023). Москва, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 23-25 мая 2023 г.

*Бышев В.И., Гусев А.В., Сидорова А.Н.* О физической модели современного климата.

X международная научная конференция «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли»: Красноярск, Сибирский федеральный университет (СФУ), 12–15 сентября 2023 г.

*Бышев В.И., Гусев А.В., Сидорова А.Н.* О термодинамике верхнего деятельного слоя Мирового океана.

Двадцать первая международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, ИКИ РАН, 13 - 17 ноября 2023 г.

*Бышев В.И., Гусев А.В., Сидорова А.Н.* Мультидекадный климатический сдвиг как результат изменения термодинамического режима Мирового океана.

Всероссийская конференция «Моря России: от теории к практике океанологических исследований», г. Севастополь, 25-29 сентября 2023 г.

*Иванов В.В., Гусев А.В., Дианский Н.А.* О возможности быстрых изменений океанской циркуляции в «атлантическом» сегменте системы Глобального циркуляционного конвейера: модельный эксперимент.

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

Международное мероприятие по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде CITES-2023 (13 - 23 июня 2023 г., Москва, Россия), включающее в себя конференцию (13 - 16 июня) и школу молодых ученых.

*Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Зарипов Р.Б., Травова С.В., Гойман Г.С.,*

*Мизяк В.Г., Рогутков В.С., Алипова К.А.* Многомасштабная система численного прогноза погоды ПЛАВ: дальнейшее развитие и результаты.

*Фадеев Р.Ю.* О некоторых усовершенствованиях в глобальной модели атмосферы ПЛАВ.

*Шашкин В., Гойман Г., Третьяк И.* Разработка динамического ядра для модели атмосферы нового поколения на сетке кубическая сфера.

*Толстых М.А.* Многомасштабные модели атмосферы и их применение.

XXIII зимняя школа по механике сплошных сред, ИМСС УрО РАН, Пермь, 13-17 февраля 2023 г.

*Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Зарипов Р.Б., Травова С.В., Гойман Г.С.* Математические модели общей циркуляции атмосферы.

PDEs on the sphere 2023, Grenoble, 2-7 July 2023.

*Mikhail Tolstykh, Vladimir Shashkin, Gordey Goyman, Rostislav Fadeev, Ekaterina Biryucheva.* Algorithmic and code improvements in the SL-AV global atmosphere model.

4-е совещание групп по моделированию – участников Азиатско-Тихоокеанского климатического центра, Пусан, Ю.Корея, 29-30 августа 2023 г.

*Tolstykh M.* Current status and planned developments of the long-range forecast system at Hydrometcenter of Russia.

Международная суперкомпьютерная конференция «Суперкомпьютерные дни в России», 26-27 сентября 2023, Москва.

*Tolstykh M., Goyman G., Biryucheva E., Shashkin V., Fadeev R.* Reduced precision computations in the SL-AV global atmosphere model.

*Фадеев Р.Ю., Реснянский Ю.Д., Струков Б.С., Зеленко А.А., Смирнов И.Н., Беляев К.П., Кулешов А.А.* Совместная модель ПЛАВ-NEMO-SI3

*Тарасевич М.А., Сахно А.В., Фадеев Р.Ю., Володин Е.М., Грицун А.С.* Масштабируемость программного комплекса модели Земной системы ИВМ РАН на многопроцессорных вычислительных системах.

25-я сессия климатического форума стран СНГ по сезонным прогнозам (СЕАКОФ-25). Москва, 4-5 декабря 2023.

*Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Зарипов Р.Б., Травова С.В., Гойман Г.С., Алипова К.А., Круглова Е.Н.* Новая версия модели ПЛАВ: оценка внутрисезонных прогнозов.

Национальная система мониторинга климатически активных веществ: проблемы и решения, 1-2 ноября 2023 г., Москва.

*Шашкин В., Гойман Г., Третьяк И.* Разработка нового блока динамики атмосферы для модели Земной системы ИВМ РАН.

## **12. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, полученные сотрудниками ИВМ РАН в 2023 году**

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023618581 «Схема интегрирования по времени на основе метода Адамса-Бэшфорта в океанском блоке модели Земной системы ИВМ РАН», авторы: Д.В. Благодатских, Н.Г. Яковлев, Е.М. Володин. Дата госрегистрации: 26 апреля 2023 г. Правообладатель: ИВМ РАН.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023619518 «Модули для вычисления изопикнической диффузии и диссипации скоростей в океанском блоке модели Земной системы ИВМ РАН», авторы: Д.В. Благодатских, Н.Г. Яковлев, Е.М. Володин. Дата госрегистрации: 12 мая 2023 г. Правообладатель: ИВМ РАН.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU 2023613229 «Моделирование электромагнитного рассеяния с учетом покрытий на основе

импедансных условий», авторы: А.В. Сетуха, С.Л. Ставцев. Дата госрегистрации: 07 февраля 2023 г. Правообладатель: ПАО «ОДК - Уфимское моторостроительное производственное объединение».

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023687368 «Подпрограмма расчета дрейфа характеристик морского льда в модели Мирового океана INMosean на основе квазимонотонной схемы переноса с коррекцией потоков», авторы: А.А. Ежкова, В.А. Оноприенко, Н.Г. Яковлев. Дата госрегистрации: 14 декабря 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023687369 «Прототип системы совместного моделирования для модели Земной системы ИВМ РАН», авторы: В.А. Оноприенко, А.Ю. Черненко, Д.В. Благодатских, Р.Ю. Фадеев. Дата госрегистрации: 14 декабря 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023687370 «Библиотека GExTools для обменов данными на многопроцессорных вычислительных системах», авторы: Е.М. Гащук, О.А. Имеев, А.В. Дебольский, Е.В. Мортиков. Дата госрегистрации: 14 декабря 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023687371 «Блок ноль-мерной термодинамики морского льда и снега на нем модели Мирового океана INMosean», авторы: Н.Г. Яковлев. Дата госрегистрации: 14 декабря 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023623004 «Массив данных с результатами ансамблевого моделирования современного климата Земли 1850-2014 гг.», авторы: А.С. Грицун. Дата госрегистрации: 30 августа 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023622991 «Массив данных моделирования доиндустриального климата Земли с помощью климатической модели INM-СМ6М», авторы: А.С. Грицун. Дата госрегистрации: 24 августа 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023685589 «Программа вычисления оптимальных воздействий для мод динамики океана по данным моделирования преиндустриального климата», авторы: А.С. Грицун. Дата госрегистрации: 28 ноября 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023682880 «Программа подготовки входных данных для модели деятельного слоя почвы, совместимая с климатической моделью INM-СМ6», авторы: Е.М. Володин, В.Ю. Богомолов, Н.А. Криницкая, А.А. Рязанова, А.Ю. Черненко, В.М. Степаненко. Дата госрегистрации: 1 ноября 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023685588 «Программа подготовки входных данных о параметрах рельефа, растительности, рек и водоемов, городских поверхностей, совместимая с климатической моделью INM-СМ6», авторы: Е.М. Володин, В.М. Степаненко, В.Ю. Богомолов, М.И. Варенцов, Н.А. Криницкая, А.И. Медведев, А.А. Рязанова, А.Л. Энтин, А.Ю. Черненко. Дата госрегистрации: 28 ноября 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.
13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023685295 «Программа расчета глобальных климатических индексов по данным сверхдолгосрочных прогнозов модели Земной системы INM-СМ6», авторы: В.В. Воробьева, Е.М. Володин, А.С. Грицун. Дата госрегистрации: 24 ноября 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023614877 «Автоматизированная система сборки модели климата ИВМ РАН из исходного кода», авторы: М.А. Тарасевич, Д.В. Кулямин. Дата госрегистрации: 6 марта 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.
15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615879 «Система тестирования кода климатической модели ИВМ РАН», авторы: М.А. Тарасевич, В.А. Оноприенко, Е.М. Володин, В.В. Воробьева. Дата госрегистрации: 20 марта 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.
16. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623523 «База данных ретроспективных сезонных прогнозов аномалий осадков по модели Земной системы ИВМ РАН», авторы: Е.М. Володин, В.В. Воробьева М.А. Тарасевич. Дата госрегистрации: 18 октября 2023 г. Правообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации».
17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023624792 «Массив данных с результатами моделирования климата 21 века по базовому сценарию IPCC SSP3-7.0 помощью модели Земной системы INM-CM6M», авторы: А.С. Грицун, Е.М. Володин, В.В. Воробьева. Дата госрегистрации: 20 декабря 2023 г. Правообладатель ИВМ РАН.

Отчёт Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук утвержден Учёным советом ИВМ РАН 28 декабря 2023 года, протокол №8.

Учёный секретарь ИВМ РАН, д.ф.-м.н.

В.П.Шутяев