

**Лаборатория математического моделирования
гидротермодинамических процессов в природной среде**

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. Пененко В. В.

Важнейшие достижения

Разработаны новые методы решения условно-корректных обратных задач продолжения и соответствующих им задач усвоения данных на базе вариационных принципов со слабыми ограничениями для математических моделей процессов и данных наблюдений с учетом неопределенностей. Для построения численных алгоритмов применяется концепция локальных сопряженных задач в сочетании с методами расщепления и декомпозиции операторов моделей и функционалов. Принципиальные положения разработаны для четырехмерных задач гидротермодинамики геофизических жидкостей (атмосфера, водные объекты) в системе Земля и, на их основе, задач охраны окружающей среды. Методы используются в задачах, в которых необходим учет сложной конфигурации областей и их границ, а **также при отсутствии данных** об источниках или граничных условиях.

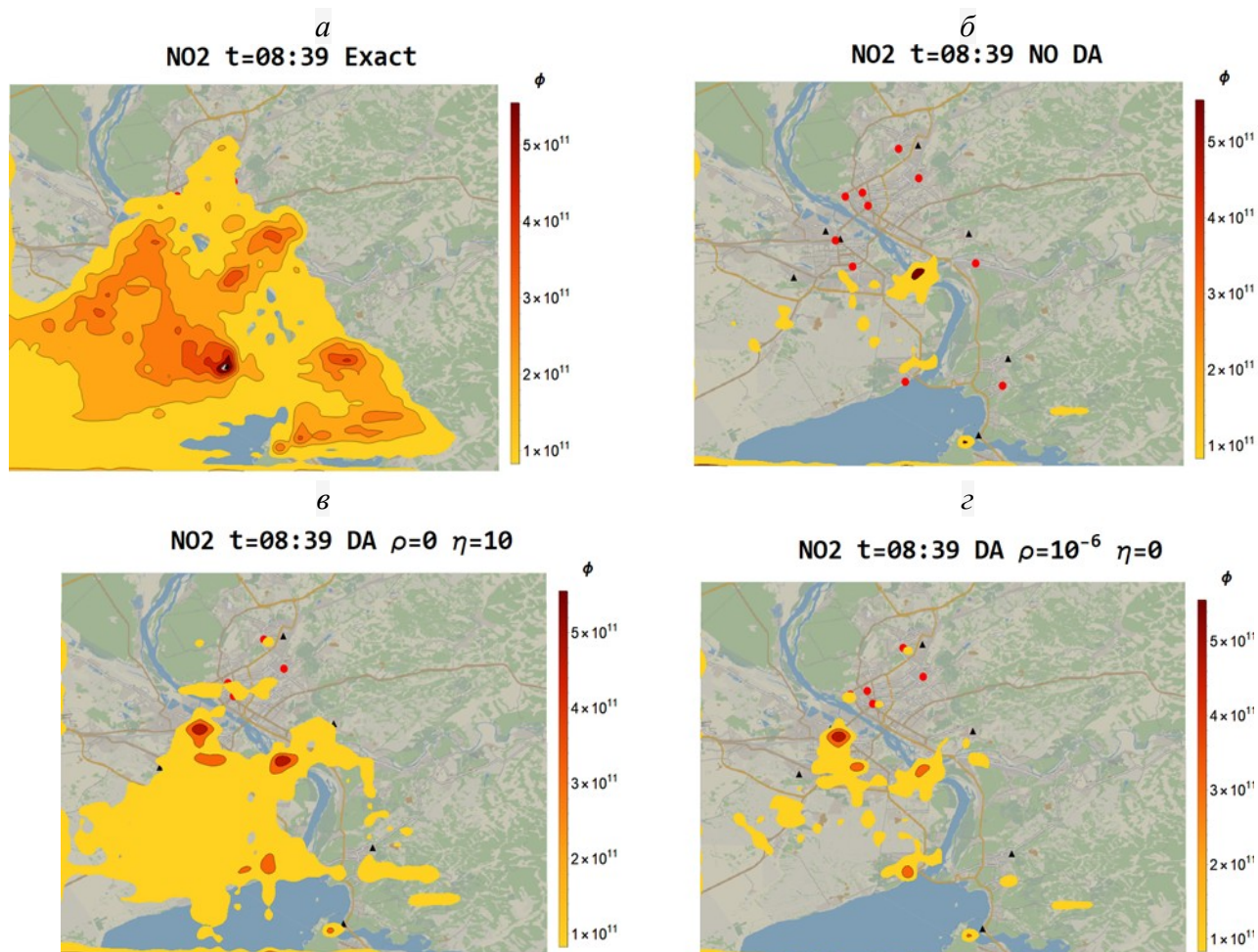


Рис. 1: Пример работы алгоритмов усвоения данных мониторинга загрязнения атмосферы с учетом переноса и трансформации примесей:

a – "точное" решение; *b* – решение без усвоения; *v*, *z* – решения с усвоением для различных параметров регуляризации

Отчет по этапам работ, заверенным в 2018 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР I.3.1.2 "Исследование процессов в атмосфере, гидросфере и окружающей среде методами математического моделирования".

Номер государственной регистрации НИР 01201370227.

Руководители: д.ф.-м.н. Пененко В. В., д.ф.-м.н. Платов Г. А.

Раздел 1 "Развитие моделей и методов для оценок экологической перспективы".

Руководитель – д.ф.-м.н. Пененко В. В.

Достигнутые в 2018 г. результаты:

1. Построены алгоритмы, использующие вариационную методику количественных оценок неопределенностей в моделях процессов для усвоения данных, в том числе спутниковых, поиска источников, решения обратных **задач оценки качества** атмосферы, задач продолжения и т. д. Проблема усвоения изображений рассматривается как решение последовательности связанных **обратных задач поиска источников**. Разработаны оптимизационные алгоритмы решения обратных задач и задач усвоения спутниковых данных. В отличие от стандартного метода 4DVar со слабыми ограничениями **использована схема** усвоения данных за счет функций неопределенностей в моделях процессов. В стандартном методе 4DVar управление добавляется в модель в форме дополнения к "пропегатору", что требует дополнительного учета связей между различными элементами функций управления. В предложенных нами алгоритмах элементы функции неопределенности остаются независимыми друг от друга по определению, поскольку они включены в модель как дополнительные источники возмущений и нет необходимости накладывать дополнительные ограничения на искомую функцию управления (рис. 1).

2. Разработаны прямые алгоритмы усвоения данных для моделей переноса атмосферных примесей с учетом различной априорной информации о гладкости функций неопределенности математических моделей. Учет пространственной производной в функции неопределенностей повышает гладкость получаемого решения, что улучшает качество восстановления функции состояния для рутинных загрязнителей (рис. 1, в,г). При этом алгоритм остается прямым (без итераций).

3. **Численно исследованы трансформации** вертикальных вихревых потоков в устойчиво стратифицированном пограничном слое. С помощью мезомасштабной RANS-модели турбулентности исследованы особенности, возникающие при описании турбулентного вихревого перемешивания в атмосферном пограничном слое (АПС). В частности, при переходе течения в сильно устойчивое состояние потоковое число Ричардсона Ri_f может изменяться немонотонно, возрастая с увеличением градиентного числа Ричардсона Ri_g до достижения состояния насыщения $Ri_g \simeq 1$, а затем убывая. Поведение вихревых коэффициентов диффузии импульса и тепла согласуется с представлением о поддержании переноса импульса (но не тепла) распространяющимися внутренними волнами в сильно устойчивом состоянии пограничного слоя. Модель включает эффект внутренних гравитационных волн в вихревом переносе импульса и тепла. С ее помощью проведены исследования структурных особенностей устойчиво стратифицированного (ночного) атмосферного пограничного слоя над охлаждаемой поверхностью, в том числе с локализованной крупномасштабной аэродинамической шероховатостью (рис. 2, а,б).

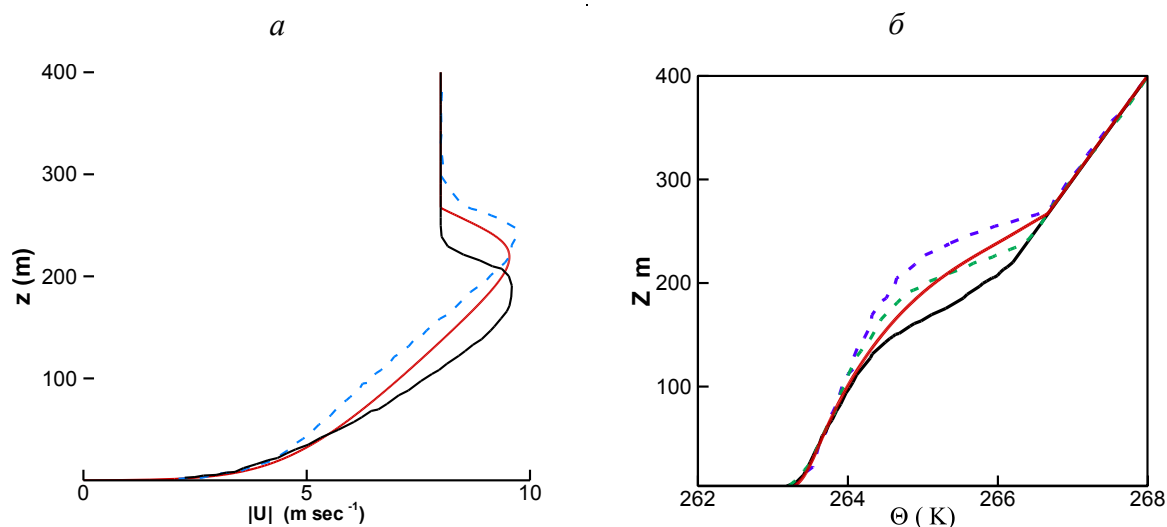


Рис. 2: Профили скорости ветра (а); потенциальной температуры для случая GABLS1 (б) (красная линия – разработанная модель; голубая – модель METEO – France ARPEGE [2]; черная и зеленая линии – LES данные [2])

Разработана версия модели двухфазной жидко-твердой системы применительно к задачам оз. Байкал, включающая параметризацию межфазного динамического обмена.

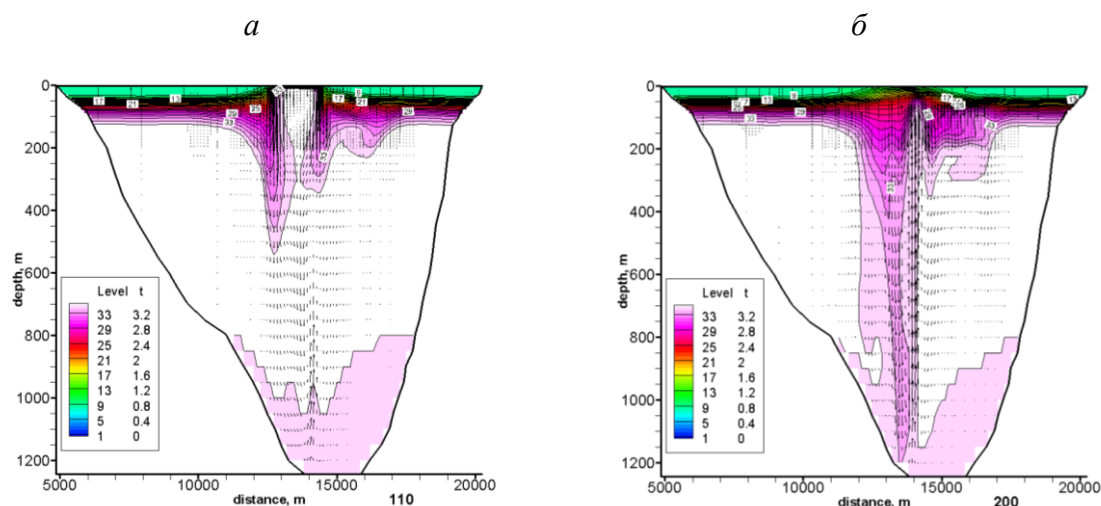


Рис. 3: Вертикальное сечение по центру источника в поперечном разрезе через озеро в Южном Байкале: изолинии вектора температуры и скорости течений через 11 ч после начала моделируемого процесса (а); через 20 ч (б)

Для решения систем уравнений типа конвекции – диффузии – реакции применяются численные алгоритмы, основанные на методе расщепления и использовании дискретно-аналитических аппроксимаций с сопряженными интегрирующими множителями. Проанализированы результаты численных экспериментов по моделированию всплытия твердых частиц из площадного источника на дне озера. На рис. 3 приведен пример возникновения глубокой конвекции в результате всплытия твердых частиц в типичных зимних условиях стратифицированной водной толщи глубокого озера.

С помощью негидростатической гиперболической модели динамики атмосферы, основанной на конечно-элементной аппроксимации, исследовано влияние орографических эффектов на скорость распространения гравитационного течения

(атмосферного холодного фронта) над плоской орографией и крутым препятствием. Также моделировалось распространение гравитационного течения на границе раздела вода – суша и проводилось сравнение с данными измерения скорости потока на шести уровнях в распределенных по высоте датчиках на трех высотных 12-метровых мачтах. Особенностью является резкое изменение шероховатости при переходе границы раздела.

4. Созданы новые версии реализации всех разрабатываемых в лаборатории моделей, соответствующие разработанным методам и алгоритмам. В разрабатываемой мезомасштабной модели гидротермодинамики атмосферы настроены процедуры согласования расчетов для вложенных территорий, а именно переход с территории большего размера к подобласти меньшего размера, отлажены алгоритмы интерполяции данных для проведения расчетов на вложенных сетках с кратными шагами.

Модификации модели успешно использованы при проведении численных исследований формирования мезоклиматов над некоторыми территориями Сибири, а также при изучении процессов переноса пассивных примесей над территориями со сложным рельефом. Расчеты проведены с использованием мощностей ССКЦ ИВМиМГ СО РАН.

Результаты работ по проекту РНФ

РНФ- 17-71-10184 "Методы анализа и интерпретации изображений на основе решения обратных задач и задач усвоения данных с использованием систем основных и сопряженных уравнений моделей наблюдаемых процессов".

Руководитель – к.ф.-м.н. Пененко А. В.

В проекте разрабатываются алгоритмы решения обратных задач идентификации источников для нелинейных моделей адвекции – диффузии – реакции по данным измерений типа изображений. Такие обратные задачи возникают, например, при исследовании химического состава атмосферы, когда измерению доступны только некоторые из взаимодействующих компонентов химической системы, информация о которых поступает в виде временных рядов, вертикальных профилей концентрации или спутниковых изображений полей концентрации. По этим данным требуется восстановить распределение концентраций ненаблюдаемых компонентов системы (элементов функции состояния ее математической модели) и определить характеристики неизвестных источников выбросов. В этих постановках в систему моделирования поступает большое количество элементов информации, ценность каждого из которых для решения поставленных задач неизвестна. На данном этапе выполнения проекта в качестве поступающей информации рассмотрены временные ряды и пространственные профили распределений значений некоторых компонент функции состояния модели для "0-мерных" моделей химической трансформации примесей и 1-мерных моделей адвекции – диффузии – реакции соответственно.

Вследствие высокой общности и простоты реализации для численного решения таких обратных задач часто используются вариационные алгоритмы, осуществляющие минимизацию целевого функционала, содержащего невязку между измеренными и смоделированными значениями, а также некоторый стабилизатор. Градиент целевого функционала обычно вычисляется с помощью последовательного решения одной прямой и одной сопряженной задачи, которые эквивалентны по вычислительным затратам. Наличие градиента позволяет использовать итеративные градиентные алгоритмы, осуществляющие последовательную схему вычислений. С другой стороны, параллельные схемы вычислений представляются более перспективными в свете современного развития вычислительных систем по сравнению со схемами последовательных вычислений. Поэтому в проекте к выбранным задачам применяется альтернативная идея построения алгоритмов решения обратных задач, предложенная Г. И. Марчуком в 1964 г. Она состоит в сведении обратной задачи к системе уравнений с матрицей, определяемой набором сопряженных функций, соответствующих конечному числу различных линейных функционалов от функции состояния. Сопряженные задачи позволяют связать вариацию значения линейных функционалов от функции состояния с вариацией параметров модели. Для работы с изображениями высокого разрешения, в которых значение каждого пикселя является результатом

измерения, для непосредственного применения подобных методов может быть недостаточно вычислительных мощностей, да и неизвестная заранее ценность каждого элемента изображения говорит в пользу того, что вычислительные ресурсы необходимо расходовать более целенаправленно. Поэтому в проекте использована идея рассмотрения некоторых "ключевых особенностей" изображения вместо самого исходного изображения. В данном проекте выбор "ключевых особенностей" соответствует выбору системы функций в пространстве результатов измерений, на которые будут предварительно проецироваться исходные изображения для последующей обработки полученных проекций. В соответствии с этими идеями, на основе ансамбля решений сопряженных уравнений моделей адвекции – диффузии – реакции построены операторы чувствительности, позволяющие преобразовать обратную задачу, сформулированную в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений, в семейство нелинейных интегральных уравнений, зависящих от выбора функций предварительного проектирования данных измерений. Такая формулировка обратной задачи открывает доступ к широкому кругу известных методов решения нелинейных интегральных уравнений. Кроме того, представление обратной задачи в виде операторного уравнения позволяет использовать методы анализа операторов, например спектральные. В частности, в результате такого анализа в ходе выполнения проекта было установлено, что для решения задач химии атмосферы дополнительное "взвешивание" компонентов данных измерений, соответствующих различным химическим веществам, позволяет улучшить результат восстановления источника примесей.

Для решения операторных уравнений в проекте применен метод типа Ньютона – Канторовича. Вследствие некорректности и нелинейности обратной задачи, получающаяся матрица оператора чувствительности, во-первых, плохо обусловлена, во-вторых, известна неточно. Поэтому для ее обращения в методе Ньютона – Канторовича использован подход на основе g -псевдообратных матриц с постепенным увеличением количества используемых компонентов сингулярного разложения по мере убывания невязки уравнения. За счет использования правых обратных матриц удалось ослабить ограничения на число искомых переменных, что увеличило практическую ценность алгоритма. Таким образом, хотя разработанный алгоритм остается итерационным, значительная часть вычислений в нем проводится параллельно, что позволяет получить выигрыш по времени счета. Проведено численное сравнение разработанного алгоритма с вариационным (градиентным). В экспериментах было получено, что разработанный алгоритм превосходит градиентный по точности и скорости расчетов при использовании достаточного количества функций проектирования.

Основной сложностью при решении обратных и некорректных задач является работа с зашумленными данными, так как в силу некорректности малые возмущения во входных данных могут привести к большим возмущениям в получаемом решении. Для преодоления этого эффекта применяются методы регуляризации. При использовании итерационных алгоритмов наиболее перспективной представляется итеративная регуляризация, когда алгоритм решения задачи останавливается на определенной итерации. Для поиска момента остановки использован принцип невязки, состоящий в том, что алгоритм останавливается при достижении невязкой заданного уровня шума. В проведенных численных экспериментах было установлено, что разрабатываемый алгоритм может работать с зашумленными данными при наличии оценки нормы проекции шума на базис проектирования и по мере уменьшения шума точность восстановления увеличивается. Этот естественный результат для корректных задач является нетривиальным для некорректных. При объединении обратных задач в связанную последовательность, в соответствии с поступающими в определенные моменты времени данными наблюдений, на основе алгоритма решения обратной задачи построен алгоритм усвоения данных.

Результаты работ по проектам РФФИ

Проект РФФИ 17-01-00137 "Вариационный подход для решения задач охраны окружающей среды городских агломераций".

Руководитель – д.ф.-м.н. Пененко В. В.

В настоящем **проекте развивается концепция** природоохранного прогнозирования и проектирования, разрабатываемую в ИВМиМГ СО РАН, с ориентацией на решение проблем, возникающих в городских агломерациях. Разработаны смешанные (прямые и итерационные) вариационные алгоритмы усвоения данных атмосферной химии с различной гладкостью функций неопределенности в моделях процессов. Разработаны корректные алгоритмы с применением сопряженных уравнений и метода продолжения для решения условно-корректных и обратных задач переноса тепла, влаги и других субстанций в почве для различных категорий землепользования. Предложен

вариационный метод построения устойчивых безусловно монотонных схем, использующих концепцию сопряженных интегрирующих множителей для реализации операторов динамики аэрозольных популяций в атмосфере, при аппроксимации операторов коагуляции/дробления и операторов конденсации/испарения, нуклеации и конверсии типа газ – частица. Эти схемы имеют самостоятельное применение и входят в состав уравнений конвекции – диффузии – реакции в моделях химии атмосферы.

В Сибирском суперкомпьютерном центре СО РАН выполнены сценарные расчеты по моделированию формирования и развития мезоклиматов и распространению примесей в регионе Красноярск.

Проект РФФИ 17-41-543309 "Применение методов усвоения данных мониторинга и решения обратных задач для моделирования изменений химического состава атмосферного воздуха в Новосибирской городской агломерации".

Руководитель – к.ф.-м.н. Пененко А. В.

Разработаны адаптированные к условиям города Новосибирска модификации алгоритмов идентификации источников загрязнения атмосферы и алгоритмов усвоения данных городской системы мониторинга. Учитывались процессы переноса и трансформации примесей, расположения и особенности функционирования основных источников загрязнения и постов наблюдений. Для построения правдоподобных метеорологических сценариев и задания необходимых для решения задач обратного моделирования параметров моделей переноса и трансформации атмосферных примесей, использовались результаты расчетов сценариев по модели WRF-Chem, адаптированной к условиям Новосибирска. Для решения задач усвоения данных применялись вариационные алгоритмы для моделей транспорта и трансформации атмосферных примесей с квазинезависимым усвоением данных на отдельных стадиях схемы расщепления и регулируемой гладкостью функций неопределенности. Функции неопределенности играют роль вспомогательных искомых переменных в алгоритмах усвоения данных. Для оценки областей, наблюдаемых городской сетью мониторинга, вычислен и изучен методами сингулярного разложения оператор чувствительности модели переноса и трансформации атмосферных примесей, соотносящий вариации мощностей источников с результатами измерений. Алгоритмы на основе операторов чувствительности использованы для решения задачи идентификации источников загрязнений. Проведена серия численных экспериментов с синтетическими и реальными данными.

Проект РФФИ 17-29-05044 "Мониторинг и оценка влияния опасных природных явлений (лесные и торфяные пожары) и антропогенных источников на качество атмосферы Байкальского региона на основе комплексных дистанционных и наземных локальных измерений и математического моделирования".

Руководитель – д.г.н. Ходжер Т. В. (ЛИН СО РАН); исполнители: Пененко В. В., Пьянова Э. А.

Созданы специальные версии мезорегиональных моделей, адаптированные к климатическим и орографическим условиям Байкальского региона. Возможно выполнение расчетов на трех вложенных сетках с шагами по горизонтали 10, 5 и 1 км. Влияние пожаров на динамику атмосферных процессов параметризовалось заданием дополнительных источников тепла на нижней расчетной границе. Для сетки с шагом 1 км по горизонтали предложен вариант параметризации распространения пожара, который предполагает расчет увеличивающейся площади пожаров с учетом скорости и направления приземного ветра. С использованием ресурсов ССКЦ ИВМиМГ СО РАН

выполнены расчеты сценариев моделирования по распространению дымовых трассеров с заданием краевых условий из крупномасштабных расчетов по модели WRF за **конкретные временные интервалы**. Анализ ситуации в целом показывает, что определяющими факторами, влияющими на трансформацию воздушного потока вблизи поверхности, являются орографические и температурные неоднородности подстилающей поверхности.

Публикации

WoS

1. Penenko A. V. Consistent numerical schemes for solving nonlinear inverse source problems with gradient-type algorithms and Newton – Kantorovich methods // Num. Analysis and Appl. 2018. Vol. 11, iss. 1. P. 73–88. DOI: 10.1134/S199542391801008.
2. Antokhin P. N., Gochakov A. V., Kolker A. B., Penenko A. V. Comparison of WRF-CHEM chemical transport model calculations with aircraft measurements in Norilsk // Atmosph. and Oceanic Optics. 2018. Vol. 31, iss. 4. P. 372–380. DOI: 10.1134/S1024856018040024.
3. Kurbatskii A. F., Kurbatskaya L. I. Study of the neutral Ekman flow using an algebraic Reynolds stress model // Izv. Atmosph. And Oceanic Phys. Vol. 54, iss. 4. P. 336–343. DOI: 10.1134/S0001433818040266.
4. Granin N. G., Mizandrontsev I. B., Kozlov V.V., Tsvetova E.A., Gnatovskii R. Yu, Blinov V. V., Aslamov I. A., Kucher, K. M., Ivanov, V. G., Zhdanov A. A. Natural ring structures on the Baikal ice cover: analysis of experimental data and mathematical modeling // Rus. Geol. And Geophys. 2018. V. 59, N 11. P. 1514–1525. DOI:10.1016/j.rgg.2018.10.011.
5. Penenko V. V. Advanced methods for the study of regional climate-ecological systems under natural and manmade impacts // Proc. SPIE 10833, 24th Intern. symp. on atmospheric and ocean optics: Atmospheric physics, 108336W, December 13, 2018. doi:10.1117/12.2504492.
6. Pyanova E. A., Penenko V. V., Gochakov A. V., Faleyshik L. M. Simulation of smoke tracers transport in the Baikal region // Ibid. doi:10.1117/12.2504607.
7. Kurbatskii A. F., Kurbatskaya L. I. Eddy transport in the stably stratified planetary boundary layers and in the free atmosphere: Upper troposphere and lower stratosphere // Proc. SPIE – The International Society for Optical Engineering, 10833, 108337F 10.1117/12.2503950.
8. Tsvetova E. A. Simulation of dynamic interphase exchange in a two-phase liquid-solid system // Proc. SPIE 10833, 24th Intern. symp. on atmospheric and ocean optics: Atmospheric physics, 108336W, December 13, 2018. doi: 10.1117/12.2504635.
9. Penenko A. V., Gochakov A. V., Mukatova Z. S., Antokhin P. N. Numerical evaluation of the chemical data assimilation system in an urban scenario // Proc. of SPIE – The International Society for Optical Engineering, 10833, 108338V, 2018.
10. Penenko A. V., Mukatova Z. S. A numerical evaluation of the source identification algorithm for atmospheric chemistry model with the concentrations time series data // Ibid. 108338R, 2018.
11. Yudin M. S. Front speed simulation with a hyperbolic model of atmospheric dynamics // IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science 211(1), 012020. DOI: 10.1088/1755-1315/211/1/012020.
12. Tsvetova E. A. Simulation of interphase dynamic exchange in a heterogeneous natural system // Ibid. 012024. doi:10.1088/1755-1315/211/1/012024.

13. Penenko V. V. Variational methods for targeted monitoring of atmospheric quality by specified cost criteria // Ibid. 012048. doi:10.1088/1755-1315/211/1/012048.
14. Penenko A. V. Algorithms for the inverse modelling of transport and transformation of atmospheric pollutants // Ibid. 012052. DOI: 10.1088/1755-1315/211/1/012052.
15. Gochakov A. V., Penenko A. V., Antokhin P. N., Kolker A. B. Air pollution modelling in urban environment based on a priori and reconstructed data // Ibid. 012050. DOI: 10.1088/1755-1315/211/1/012050.

Scopus

- 1 Penenko V. V. Interaction of models and data in the study of processes in environment and ecology // AIP Conf. Proc. 2027, 030085 (2018). <https://doi.org/10.1063/1.5065179>.
- 2 Pyanova E. A., Penenko V. V., Faleychik L. M. Numerical modeling of atmospheric dynamics and pollutant transport over the regions with inhomogeneous orography // Ibid. 030101 (2018). <https://doi.org/10.1063/1.5065195>.
- 3 Penenko A. V., Mukatova Z. S., Blem A. A. Numerical solution of the inverse source problems for the advection-diffusion-reaction models with image-type measurement data // Ibid. 030106. <https://doi.org/10.1063/1.5065200>.
- 4 Kurbatskii A. F., Kurbatskaya L. I. Urban aeromechanics: Turbulent circulation and contaminant dispersion above city in stably stratified environment // Ibid. 030024. DOI: 10.1063/1.5065118.
- 5 Tsvetova E. A. Methane in lake Baikal: Numerical simulation // Ibid. 030084. DOI: 10.1063/1.5065178.
- 6 Penenko A., Penenko V., Tsvetova E., Grishina A., Antokhin P. (2018) Sequential variational data assimilation algorithms at the splitting stages of a numerical atmospheric chemistry model // Lecture Notes in Computer Science. Large-Scale Scientific Computing. 2017. V. 10665. P. 536–543. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73441-5_59.
- 7 Penenko A., Mukatova Z. Inverse modeling of diffusion-reaction processes with image-type measurement data // Proc. of the 11th Intern. conf. "Bioinformatics of Genome Regulation and Structure\Systems Biology" (BGRS\SB 2018), Novosibirsk. P. 39–43. [8544885]. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSGB.2018.8544885>.

РИНЦ

1. Антохин П.Н., Пененко А.В., Антохина О.Ю. Алгоритм восстановления вертикального распределения мощностей источников и стоков субстанции в пограничном слое атмосферы Оптика атмосферы и океана. 2018. Т. 31. № 1. С. 49–56.
2. Пененко А.В., Мукатова Ж.С., Пененко В.В., Гочаков А.В., Антохин П.Н. Численное исследование прямого вариационного алгоритма усвоения данных в городских условиях. // Оптика атмосферы и океана. 2018. Т. 31. № 06. С. 456–462. 10.15372/AOO20180606

РИНЦ

3. Курбацкая Л. И., Курбацкий А. Ф. Расчет нейтрального турбулентного течения экмана с модифицированным транспортным членом уравнения спектрального потока энергии // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018. Т. 4. № 2. С. 59–65.
4. Пьянова Э. А., Пененко В. В., Фалейчик Л. М. Рассеивание примесей от высотных источников в устойчиво стратифицированной атмосфере // Там же. С. 219–225. DOI: 10.18411/2618-981X-2018-04-219-225.

5. Пененко А. В. Итеративная регуляризация при решении обратных задач химии атмосферы с данными типа временных рядов концентраций // Там же. С. 226–233.
6. Пененко А. В., Гочаков А. В., Мукатова Ж. С., Антохин П. Н. Численное исследование алгоритма вариационного усвоения данных мониторинга химического состава атмосферы в условиях города Новосибирска // Там же. С. 234–242.
7. Пененко В. В. Алгоритмы обратных задач продолжения в приложениях к проблемам окружающей среды // Там же. С. 243–248.
8. Цветова Е. А. О межфазном динамическом обмене в гетерогенной природной системе // Там же. С. 256–260.
9. Пененко В. В. Мезорегиональное природоохранное прогнозирование // Экология. Экономика. Информатика. Сер.: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2018. Т. 1. № 3 (3). С. 76–79. DOI: 10.23885/2500-395x-2018-1-3-76-79.
10. Цветова Е. А. Метан в Байкале: математическое моделирование // Там же. С. 99–103.
11. Kurbatskii A. F., Kurbatskaya L. I. Urban aeromechanics: turbulent circulation and contaminant dispersion above city in stable stratified environment // Abst. of the 19-th. Intern. conf. on the methods of aerophysical research "ICMAR 2018". Novosibirsk. 2018. P. 155–157.

Участие в конференциях и совещаниях

1. The 6th International Symposium on Data Assimilation, Munich (Germany), March 5–9, 2018 – 1 доклад (Пененко А. В., Мукатова Ж.).
2. European Geosciences Union General Assembly, Vienna (Austria), April 8–13, 2018 – 3 доклада (Пененко А. В.).
3. 14-й Международный научный конгресс "Интерэкспо Гео-Сибирь" и Международная научная конференция "Дистанционные методы зондирования земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", Новосибирск, 22–28 апреля 2018 г. – 6 докладов (Пененко В. В., Пененко А. В., Курбацкая Л. И., Пьянова Э. А., Цветова Е. А., Юдин М. С.).
4. Конференция молодых ученых ИВМиМГ СО РАН, 15 мая 2018 г. – 1 доклад, пленарный (Пененко А. В.).
5. 7th Conference on finite difference methods: Theory and applications (FDM: T&A'2018), Lozenetz (Bulgaria), June 11–16, 2018 – 1 доклад (Пененко А. В.).
6. 24-й Международный симпозиум "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы", Томск, 2–5 июля 2018 г. – 6 докладов, из них 1 приглашенный (Пененко В. В., Пененко А. В., Цветова Е. А., Пьянова Э. А., Пененко В. В., Курбацкая Л. И.).
7. The 3rd Conference on numerical analysis and scientific computation with applications "NASCA 2018", Kalamata (Greece), July 2–6, 2018 – 1 доклад (Пененко А. В., Мукатова Ж.).
8. "ENVIROMIS-2018", Томск, 5–11 июля 2018 г. – 5 докладов, из них 1 приглашенный (Пененко В. В., Пененко А. В., Цветова Е. А., Юдин М. С.).
9. 19-я Международная конференция по методам аэрофизических исследований "ICMAR 2018", Новосибирск, 13–19 августа 2018 г. – 4 доклада (Пененко В. В., Пененко А. В., Пьянова Э. А., Цветова Е. А.).

10. The 11th International multiconference "Bioinformatics of Genome Regulation and Structure\ Systems Biology", Novosibirsk, August 20–25, 2018 – 1 доклад (Пененко А. В.).
11. 9-я Всероссийская конференция "Актуальные проблемы прикладной математики и механики" с международным участием, посвящ. памяти акад. А. Ф. Сидорова, 3–8 сентября 2018 г. – 3 доклада, из них 1 пленарный (Пененко В. В., Цветова Е. А., Курбацкая Л. И.).
12. 22-я Всероссийская конференция "Теоретические основы и конструирования численных алгоритмов решения задач математической физики", посвящ. памяти К. И. Бабенко, Абрау-Дюрсо, 2–8 сентября 2018 г. – 2 доклада (Пененко В. В., Цветова Е. А.).
13. Всероссийская конференция "Экология, экономика, информатика. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем", Дюрсо, 10–14 сентября 2018 г. – 2 доклада (Пененко В. В., Цветова Е. А.).
14. Международная конференция "Вычислительная математика и математическая геофизика", посвящ. 90-летию со дня рождения акад. А. С. Алексеева, Новосибирск, 8–12 октября 2018 г. – 6 докладов, из них 2 пленарных (Пененко В. В., Пененко А. В., Курбацкая Л. И., Пьянова Э. А., Цветова Е. А., Юдин М. С.).
15. 10-я Международная молодежная научная школа-конференция "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", посвящ. 90-летию со дня рождения акад. А. С. Алексеева и 80-летию чл.-корр. РАН В. Г. Романова, Новосибирск, 10–13 октября 2018 г. – 3 доклада, из них 1 пленарный (Пененко А. В., Пененко А. В.).
16. 19-я Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям, Кемерово, 29 октября – 2 ноября 2018 г. – 1 доклад (Пененко А. В., Мукатова Ж.).
17. 25-я Рабочая группа "Аэрозоли Сибири", Томск, 27–30 ноября 2018 г. – 5 докладов, из них 1 пленарный (Пененко В. В., Пененко А. В., Пьянова Э. А., Цветова Е. А., Юдин М. С.).
18. 3-й Международный форум "Городские технологии", Новосибирск, 5–6 апреля 2018 г. – 1 доклад (Пененко А. В.).
19. "Технопром – 2018" – 1 доклад (Пененко В. В.).

Участие в конференциях и совещаниях

Участие в организации научных мероприятий

1. Пененко В. В.:
 - член программного комитета конференции молодых ученых ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск, 15 мая 2018 г.,
 - член программного комитета международной конференции по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде "Enviromis 2018", Томск, 5–11 июля 2018 г.
 - член программного комитета международной конференции "Вычислительная математика и математическая геофизика", посвященной 90-летию со дня рождения акад. А. С. Алексеева, Новосибирск, 8–10 октября 2018 г.,
 - член программного комитета 10-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач",

посвящ. 90-летию со дня рождения акад. А. С. Алексеева и 80-летию чл.-корр. РАН В. Г. Романова, Новосибирск, 10–13 октября 2018 г.;

2. Пененко А. В.:

– член программного и оргкомитета 10-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", посвящ. 90-летию со дня рождения акад. А. С. Алексеева и 80-летию чл.-корр. РАН В. Г. Романова, Новосибирск, 10–13 октября 2018 г.;

3. Пьянова Э. А.:

– член оргкомитета международной конференции "Вычислительная математика и математическая геофизика", посвященной 90-летию со дня рождения акад. А. С. Алексеева, Новосибирск, 8–10 октября 2018 г.,

– член оргкомитета 10-й Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач", посвящ. 90-летию со дня рождения акад. А. С. Алексеева и 80-летию чл.-корр. РАН В. Г. Романова, Новосибирск, 10–13 октября 2018 г.;

4. Юдин М. С. – член оргкомитета международной конференции "Вычислительная математика и математическая геофизика", посвященной 90-летию со дня рождения акад. А. С. Алексеева, Новосибирск, 8–10 октября 2018 г.

Международные научные связи

1. В рамках некоммерческого партнерства лаборатория ММГППС участвует в междисциплинарном проекте Pan Eurasium Experiment (PEEX, Пан-Евразийский Эксперимент) институтов Европы, России, Китая.
2. В соответствии с договором о сотрудничестве с Восточно-Казахстанским техническим университетом им. Д. Серикбаева, продолжались работы по созданию информационно-аналитической системы "Эко-мониторинг" в г. Усть-Каменогорске.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 15

Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 22

Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 33

Доклады на конференциях 53, из них 8 пленарных и приглашенных

Участников оргкомитетов конференций – 9

Кадровый состав

- | | | |
|--------------------|-----------|-----------|
| 1. Пененко В. В. | зав. лаб. | д.ф.-м.н. |
| 2. Цветова Е. А. | в.н.с. | к.ф.-м.н. |
| 3. Юдин М. С. | с.н.с. | |
| 4. Курбацкая Л. И. | с.н.с. | |
| 5. Пененко А. В. | с.н.с. | к.ф.-м.н. |
| 6. Пьянова Э. А. | н.с. | к.ф.-м.н. |
| 7. Иванова Г. И. | техник | (0,75) |

Пененко А. В. – молодой научный сотрудник.

Педагогическая деятельность

Пененко В. В. – профессор НГУ

Пененко А. В. – почасовик НГУ

Защита дипломов

Гришина А. А. – ?-й курс магистратуры НГУ, **руководитель**

Цзянпэн Чжен – ?-й курс магистратуры НГУ, **руководитель**

Фань Ли, НГУ – ?-й курс магистратуры НГУ, **руководитель**

Блем А. А. – **курс, институт, руководитель**

Мукатова Ж. С. – **курс, институт, руководитель**

Студенты

Салимова А. – 3-й курс НГУ, **руководитель**

Ермишина – 3-й курс **НГУ, руководитель**

Аршинова А. М. – 3-й курс НГТУ, **руководитель**