

ЛАБОРАТОРИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ И ГИДРОСФЕРЕ

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. Платов Г. А.

Важнейшие достижения

Оценка влияния неопределенности климатических данных о ледниковых циклах на анализ эволюции многолетнемерзлых грунтов

К.ф.-м.н. Малахова В. В.

Для анализа эволюции многолетнемерзлых пород (ММП) и зоны стабильности гидратов метана арктического шельфа и оценки их современного состояния необходимо построение палеогеографических сценариев развития климатических условий в регионе. Между имеющимися реконструкциями температуры для ледниковых циклов плейстоцена имеются значительные количественные различия. Получены оценки чувствительности результатов численного моделирования термического состояния многолетнемерзлых грунтов к неопределенности палеоклиматических реконструкций температуры воздуха и уровня океана с использованием модели теплофизических процессов в грунте с учетом фазовых переходов. Неопределенность, связанная с выбором данных климатических палеореконовструкций в терминах современной глубины нижней границы многолетнемерзлых грунтов на шельфе может достигать нескольких десятков метров (рис. 1). Несмотря на заметные различия между используемыми наборами данных, коэффициент неопределенности отклика мощности многолетнемерзлого слоя и зоны стабильности метангидратов составил менее 0.3 за исключением изолированных интервалов времени и/или наиболее глубоких областей шельфа.

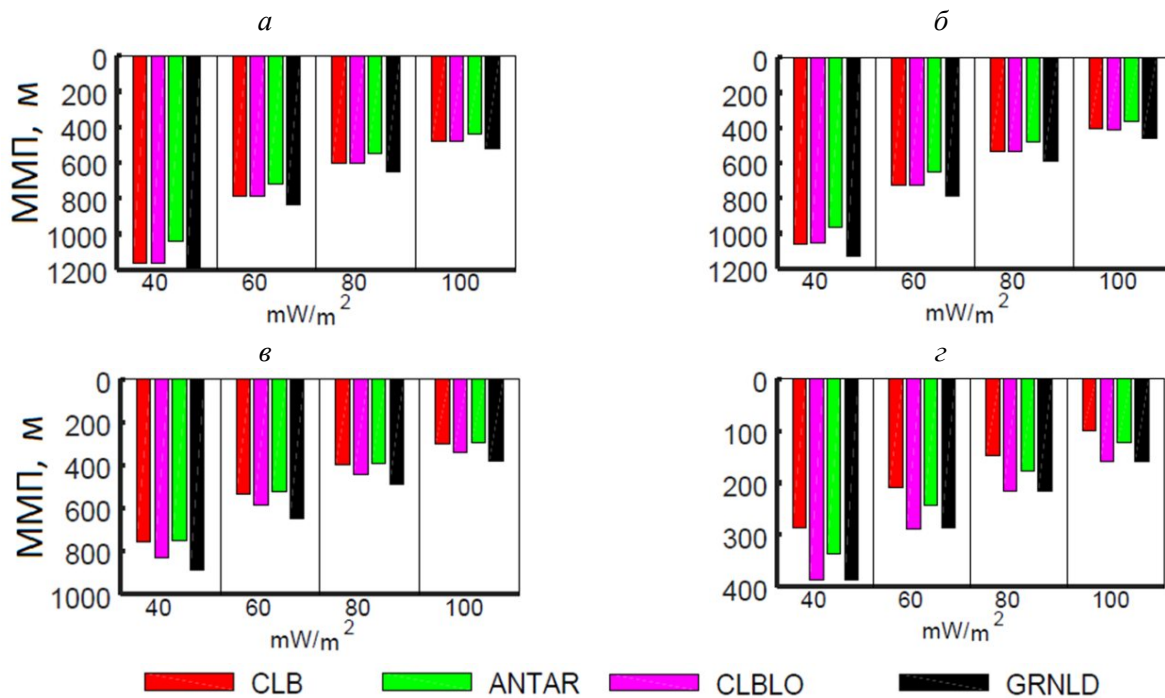


Рис. 1 – Оценки современной мощности мерзлоты шельфа, полученные при используемых палеогеографических сценариях для различных значений интенсивности геотермального теплового потока 40–100 мВт/м²; глубина воды:

a – 0 м; *б* – 10 м; *в* – 50 м; *г* – 100 м

Результаты исследований опубликованы в работах:

1. Malakhova V. V., Eliseev A. V. Uncertainty in temperature and sea level datasets for the Pleistocene glacial cycles: Implications for thermal state of the subsea sediments // *Global and Planetary Change*. 2020, 192: 103249. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103249> (WoS, Q1 (IF 4.1)).

2. Malakhova V. V., Eliseev A. V. Analysis of the subsea permafrost dynamics at the Arctic shelf accounting for climate change uncertainty during glacial cycles // *Proc. SPIE*. 2020. V. 11560. P. 115606D. DOI:10.1117/12.2575081.

Результаты исследований представлены на конференциях:

1. 26-й Международный симпозиум "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы", Москва, 29 июня – 3 июля 2020 г.

2. Международная конференция "Марчуковские научные чтения 2020" (МНЧ-2020), посвященная 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, 19–23 октября 2020 г., Новосибирск.

Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершённым в 2020 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР "Развитие методов математического моделирования для задач физики атмосферы, гидросферы и окружающей среды с учетом природных и техногенных воздействий".

Номер государственной регистрации НИР 0315–2019–0004.

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

Раздел 2.

Руководитель – д.ф.-м.н. Платов Г. А.

Этап 2020 г.

Достигнутые в 2020 г. результаты:

1. Проведена оценка влияния неопределенности климатических данных для ледниковых циклов на анализ эволюции многолетнемерзлых грунтов (см. Важнейшие достижения 2020 г.)

2. Исследовано влияние повышения температуры нижней субтропической стратосферы на усиление полярного вихря. Для этого был проведен численный эксперимент с помощью новой модели системы Земли PlaSim-ICMMG-1.0, которая достаточно хорошо воспроизводит основные характеристики климатической системы.

Устойчивость стратосферного полярного вихря в зимне-весенний период является одним из ключевых факторов, определяющих продолжительность и масштабы разрушения стратосферного озона в полярной области. Арктический полярный вихрь имеет максимум скорости зимой, в то время как антарктический, как правило, усиливается в начале весны. В результате над Антарктикой ежегодно с августа по ноябрь наблюдается масштабное разрушение озона, а над Арктикой небольшие аномалии наблюдаются лишь эпизодически в период с января по март. Реанализ ERA-Interim показывает высокую согласованность между внутригодовыми изменениями температуры нижней субтропической стратосферы и скорости зонального ветра в субполярной и полярной нижней стратосфере в Южном полушарии.

Результаты численного моделирования демонстрируют усиление зонального ветра в субполярной области при повышении температуры субтропической стратосферы (рис. 2). Показано,

что зимне-весеннее усиление антарктического полярного вихря происходит благодаря увеличению стратосферного меридионального температурного градиента в результате сезонного повышения температуры нижней субтропической стратосферы в этот период.

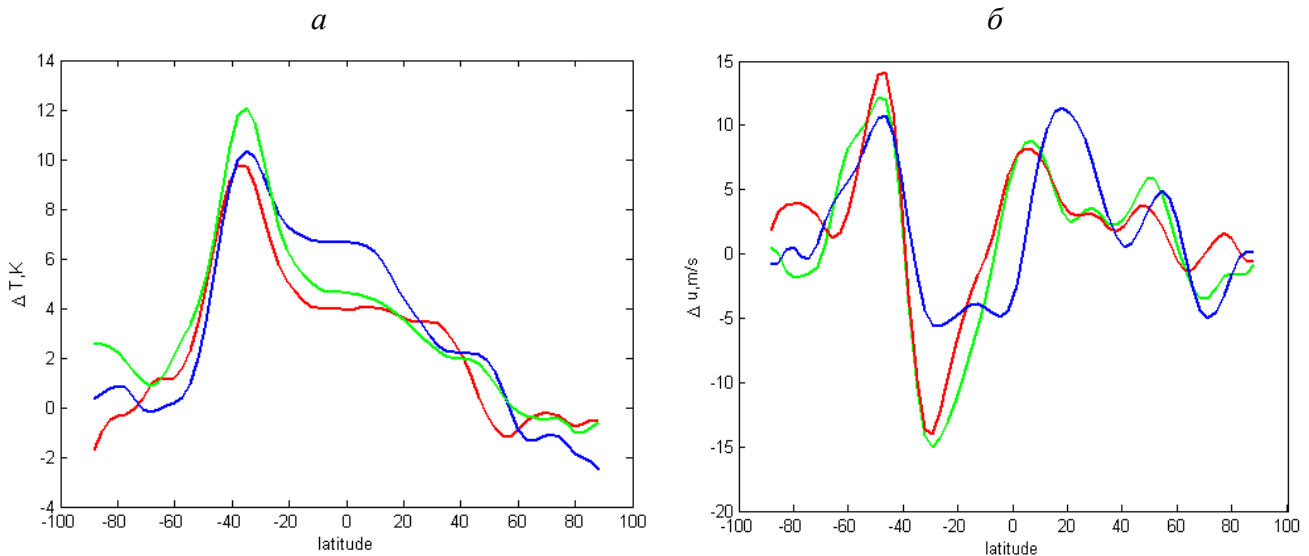


Рис. 2 – Среднемесячные аномалии температуры (а) и зональной скорости ветра (б) на уровне давления 70 hPa в июле (красная линия), сентябре (зеленая) и ноябре (синяя)

3. Проводилось исследование пространственно-временных особенностей волновой активности тропосферы и нижних слоев стратосферы в осенне-зимний период и анализ их отклика на региональные возмущения (влияние снежного покрова), формирующиеся в осенний сезон у поверхности, как индикатора устойчивости атмосферы к региональным возмущениям, а также анализ их связи в этот период с состоянием полярного вихря (совместно с Ю. В. Мартыновой (ИМКЭС СО РАН)).

В рамках этого исследования были также композиты MAX и MIN, отличающиеся интенсивностью формирования снежного покрова (СП) в Западной Сибири (ЗС, 50–70° с. ш. и 60–90° в. д.). Из композита MAX были выбраны для дальнейшей работы только те годы, в которые неделя с максимальной интенсивностью прироста СП пришлась исключительно на октябрь (ОСТMAX: 2003, 2009 и 2011). Из композита MIN оставлены для рассмотрения годы, в которые неделя с максимальным приростом на октябрь не пришлась (ОСТMIN: 1979, 1981 и 1999). Это позволяет избежать в рамках каждого композита существенных взаимных сдвигов по времени различных динамических процессов в атмосфере. Площадь СП оценивалась с помощью спутниковых данных о протяженности видимого снежного покрова, получаемых NOAA. Вычисление остальных характеристик осуществлялось с помощью данных реанализа ERA-Interim. Для анализа распространения квазистационарных планетарных волн был рассчитан поток Элиассона – Пальма (ЭП), отражающий распространение планетарных волн и в определенном смысле являющийся суперпозицией горизонтальных вихревых составляющих потока импульса, потока тепла и вертикального термического градиента. Для оценки трехмерного распространения планетарных волн в атмосфере для каждого композита был рассчитан поток Пламба. В рассмотрение были включены месяцы с сентября по февраль. Несмотря на то что в сентябре в выбранные для композитов годы формирование СП еще не происходит, анализ волновой активности для сентября позволяет сделать вывод о волновом состоянии атмосферы, предше-

ствующем аномалиям формирования СП. Также был проведен анализ влияния аномалий формирования СП на интенсивность шторм-треков (ШТ) Северного полушария (как характеристики вихревой активности атмосферы). Здесь и далее под ШТ понимаются области высокой бароклинности атмосферы. В средних широтах Северного полушария выделяются два ШТ: Атлантический и Тихоокеанский. Характеристика интенсивности ШТ была рассчитана на основе меридиональной составляющей скорости ветра. Предварительно к скорости ветра был применен 24-часовой фильтр, позволяющий выделить вихри синоптического масштаба. В рамках работы для каждого месяца осенне-зимнего сезона проанализированы различия между композитами в широтном и высотном расположении каждого ШТ. Оценена связь между аномалиями формирования СП в ЗС с состоянием Полярного вихря. Используя предложенный метод идентификации и объединения в кластеры событий обрушения волн Россби в Северном полушарии (см. далее), проведено сравнение количества и расположения обрушений антициклонического (АС) и циклонического (С) типов, полученного для каждого месяца в среднем для каждого композита.

4. Проводилось исследование сезонной изменчивости полярного вихря, изучение влияния изменений стратосферной и тропосферной компонент полярного вихря на его устойчивость. (совместно с Гочаковым А. В. (СибНИГМИ Росгидромета)).

Произведена модификация алгоритма идентификации первичных опрокидываний (ПО) контура потенциального вихря. Использовались данные реанализа ERA-Interim с горизонтальным разрешением $0.75^{\circ} \times 0.75^{\circ}$ за 12 UTC. В качестве исходных данных использованы поля потенциальной завихренности (PV) на изобарической поверхности 350 К. Алгоритм дополнен критериями фильтрации событий первичных опрокидываний, в том числе в соответствии с параметрами, используемыми в работе. На выходе алгоритма определяются площадь контура языка, тип опрокидывания (антициклонический (АС) или циклонический (С)), а также общая площадь циклонической части каждого уровня PVU (площадь полярного вихря). Исследовалась изменчивость контура Полярного вихря. Для уровней 2 и 6 PVU определялись координаты среднего за месяц контура потенциального вихря. Координаты контура интерполировались с равномерным шагом в 1° по долготе. В качестве характеристик для каждой долготы вычислялась толщина слоя между контурами вихря 2 и 6 PVU, а также центры этого слоя. Таким образом, подготовлен набор первичных данных для анализа в формате netCDF. Набор содержит следующие характеристики: средняя координата между 2 и 6 PVU уровнями для каждой долготы, а также разницу широт (толщину слоя). Характеристики вычислялись для каждого месяца из доступных годов данных реанализа Era-Interim.

5. Проведено усовершенствование крупномасштабной численной модели океана. Рассмотрена физическая постановка задачи с учетом меняющейся уровенной поверхности океана. Осуществлена реализация двух способов учета уровенной поверхности: линейного и нелинейного. Изменение уровенной поверхности в новом варианте модели осуществляется на основе ее непосредственной динамики, следующей из изменчивости поля скорости, а также внешних источников, влияющих на объем морских вод: баланса осадков и испарения на поверхности океана, оценки скорости и объема поступающих пресных речных вод, процессов образования-таяния льда. Численная реализация модели основана на аппроксимации исходной дифференциальной модели на трехмерной численной сетке по вертикали, что значительно отличает новый

вариант модели от предыдущей версии. Использование трехмерной численной сетки с возможностью адаптировать вертикальное пространственное распределение на нескольких горизонтах к произошедшим на поверхности изменениям уровня моря наиболее важно при работе численной модели в полярных регионах, где толщина льда может превышать глубину первого расчетного уровня океана. Разработан новый блок модели расчета поля скорости с реализацией автоматического (на основе использования одного параметра) переключения численной модели от использования параметризации "твердой крышки" к постановке с меняющейся урвенной поверхностью. Проведены предварительные численные эксперименты, показавшие, что модель удовлетворительно описывает динамику вод океана. Уточняются вопросы выполнения законов сохранения в новой модели.

6. Разработан метод идентификации мезомасштабных вихрей на основе данных численного моделирования вихреразрешающей модели SibPOM. Для распознавания вихревых образований использовались уединенные минимумы и максимумы в поле возвышения урвенной поверхности, которые рассматривались как циклонические и антициклонические вихри соответственно. Для каждой записи двумерного поля высоты урвенной поверхности строилось поле с равномерным однокилометровым разрешением с использованием билинейной интерполяции. Затем, после осреднения полученного поля по квадратам фиксированного размера, идентифицировались уединенные минимумы и максимумы, которые идентифицировались как вихри масштаба, соответствующего размерам квадрата осреднения. Запись результатов с суточной дискретностью по времени позволяет оценивать не только мгновенное положение и размер выявленных вихревых образований, но и динамику их перемещений и изменений размеров. На рис. 3 представлен пример работы метода идентификации с указанием размеров и траекторий движения наиболее интенсивных вихрей, полученных на основе численного моделирования района Карского моря.

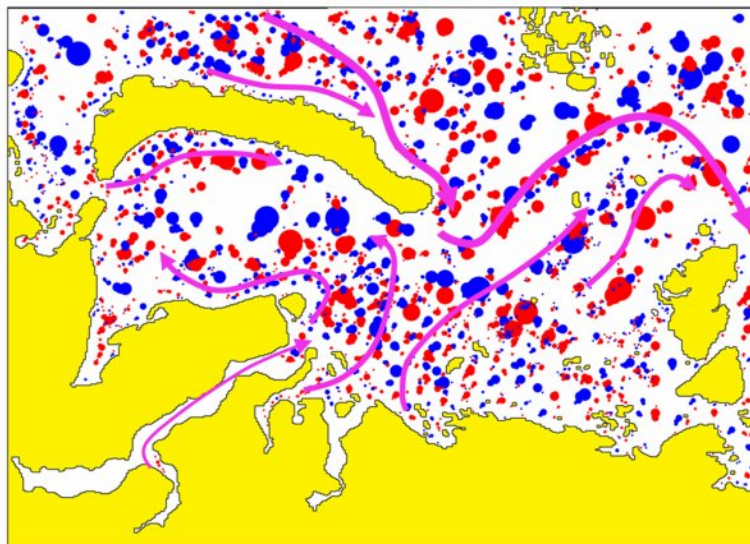


Рис. 3 – Численное моделирование вихревой активности в Карском моря в августе 2007 г.; красные окружности соответствуют циклоническим вихрям, синие – антициклоническим; диаметры окружностей соответствуют их размерам по географическому масштабу карты; стрелки указывают преимущественные направления и траектории движения вихрей

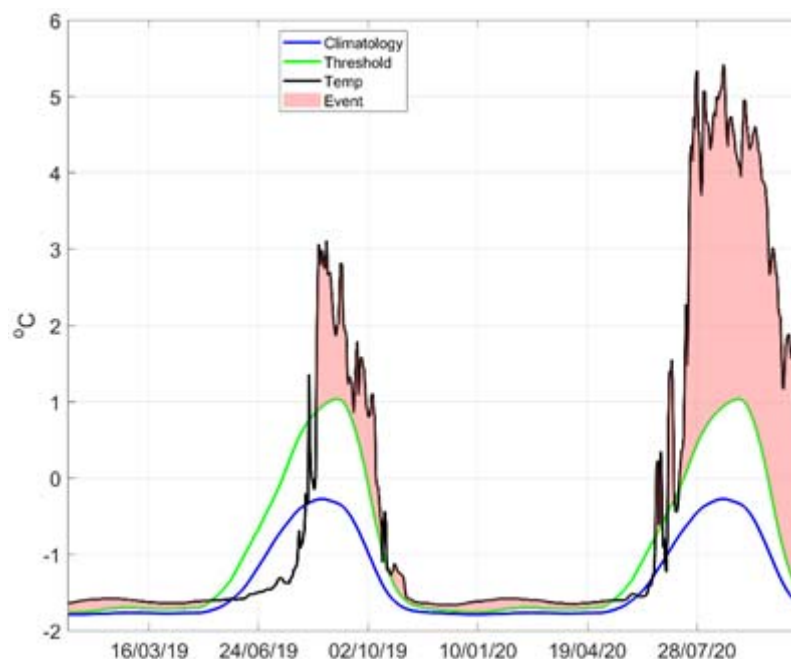


Рис. 4 – Морские волны тепла, выделенные на основе анализа данных наблюдений в море Лаптевых (по данным NOAA National Centers for Environmental Information (<https://www.ncdc.noaa.gov/oisst/data-access>))

7. Разработан метод идентификации морских волн тепла с использованием данных наблюдений или результатов численного моделирования. Метод основан на выделении положительных аномалий температуры акватории над климатическим среднемесячным распределением и пороговым значением. Климатическое среднемесячное распределение вычисляется на основе выбранного базового периода (в настоящем исследовании выбранного с 1979 по 2005 г.). Пороговое значение представляется в виде ежемесячного распределения температуры океана, определяемое как 90-й процентиль на основе базового периода (рис. 4).

8. Разработана новая версия климатической модели речного стока для моделирования многолетней динамики речных вод. В отличие от формирования речного стока на основе двухпараметрической линейной резервуарной модели в новой версии модели для расчета трансформации стока в речной сети используется линейная модель формирования водного баланса в русловой сети. С целью повышения точности расчетов гидрологического режима бассейна р. Лены проведена схематизация бассейна на основе гидрологически корректной цифровой модели рельефа.

Планируемые задачи исследования: на основе новой версии линейной климатической модели речного стока получить предварительные оценки естественного и зарегулированного годового и сезонного стока р. Лены за период с 1985 по 2005 г. с использованием глобальной базы данных реанализа MERRA.

8.1. На основе линейной климатической модели речного стока исследовалось антропогенное воздействие на среднее и нижнее течение р. Вилюй и нижнее течение р. Лены. В качестве антропогенного воздействия в задаче рассматривалось регулирование стока водохранилищем каскада Вилюйских ГЭС–I, II на сток ниже по течению до устья р. Вилюй и далее до Кюсюра, замыкающего створа р. Лены.

Выполнено моделирование естественного стока без воздействия водохранилища для всего бассейна р. Лены и зарегулированного стока на основе суточных данных о расходе воды на гидропосту Чернышевском (в створе ГЭС-I, II), представленные в архиве R-ArcticNET. Получе-

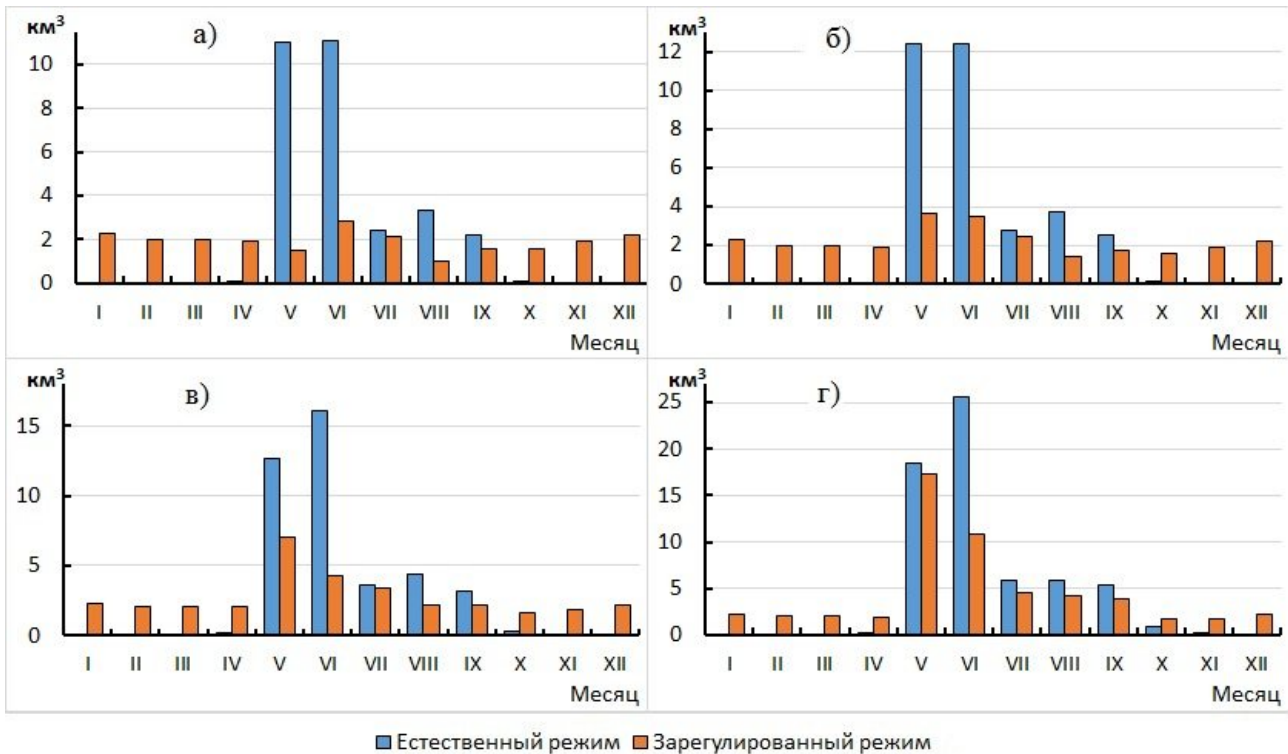


Рис. 5 – Сравнение среднеклиматического месячного расхода за период 1985–2005 гг. на гидропостах р. Вилюй:
а – Чернышевский; *б* – Сюльдюкар; *в* – Сунтар; *г* – Хатырык-Хомо

ны оценки влияния водохранилища на гидропостах Чернышевский, Сюльдюкар, Сунтар, Хатырык-Хомо, расположенных от створа вниз по течению р. Вилюй, а также на замыкающем створе Кюсюр бассейна р. Лены.

На рис. 5 приведен сезонный цикл среднеклиматического месячного стока за период с 1985 по 2005 гг. по четырем станциям для естественного и зарегулированного режимов.

Согласно результатам моделирования сезонное регулирование стока Вилюйским водохранилищем имеет место вплоть до устья р. Вилюй.

На рис. 6*а* приведены модельные сезонные циклы среднеклиматического месячного стока для естественного и зарегулированного режимов на замыкающем створе Кюсюр. Модельные результаты демонстрируют более высокие значения стока для естественного режима в период весеннего половодья. Это позволяет сделать предположение о влиянии Вилюйского водохранилища на сезонный режим стока в нижней части бассейна р. Лены.

8.2. На основе новой версии модели климатического речного стока проведены численные эксперименты по моделированию гидрологического годового цикла и межгодовой динамики речного стока бассейна р. Лены на основе данных реанализа MERRA за период 1985–2005 гг. На рис. 6*б* представлена динамика модельного и наблюдаемого годового стока в замыкающем створе Кюсюр. Пунктиром на рисунке обозначены линейные тренды, показывающие увеличение годового объема стока для данного периода времени.

Результаты моделирования гидрографа стока по новой версии линейной климатической модели оказались близкими с результатами по гидрологической модели VIC (Variable Infiltration Capacity, США) и модели SWAP (Soil Water – Atmosphere – Plants) Института водных проблем РАН.

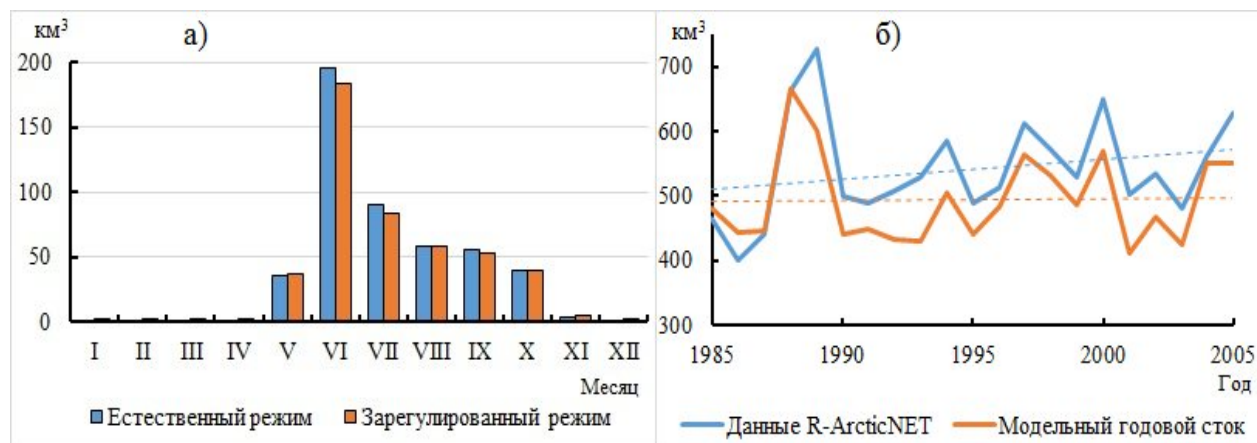


Рис. 6 – Сравнение среднеклиматического месячного стока для естественного и зарегулированного режимов за период 1985–2005 гг. на ГП Кюсюр (а); сравнение межгодового стока по данным R-ArcticNET с результатами моделирования (б)

9. Разработаны методы последовательного анализа и планирования систем мониторинга для решения задач оценивания загрязнения городских территорий и окрестностей промышленных площадок. С использованием методов последовательного анализа и планирования эксперимента, данных наземного и спутникового мониторингов снежного покрова в 2019 г. выполнено численное исследование процессов загрязнения территорий в окрестностях Чернореченского цементного завода (г. Искитим Новосибирской обл.). На основе моделей реконструкции полей моно- и полидисперсной примеси восстановлены поля выпадений примесей (рис. 7, 8).

Результаты моделирования показывают, что моно- и полидисперсные модели реконструкции достаточно адекватно описывают как распространение растворенного кальция, калия, натрия, так и выпадение цементной пыли. При построении использовались две опорные точки измерений (цветные окружности). Остальные измерения (темные окружности) служат для контроля точности численного восстановления полей концентраций (рис. 8). Статистический анализ спутниковой информации и данных наземного мониторинга показал наличие линейных функциональных связей между стандартизованным индексом различий снежного покрова (NDSI) и водородным показателем pH в пробах снеготалой воды ($R = -0.88$), растворенным кальцием и калием коэффициент корреляции R составил -0.86 и -0.84 соответственно.

10. С помощью гидродинамической модели WRF-CHEM выполнено исследование особенностей метеорологических условий и рассеяния высоких выбросов трех крупных ТЭЦ Красноярска (на примере мелкодисперсной пыли). Полученные по результатам моделирования оценки верифицированы с использованием данных наземных измерений. Метеорологические условия, формирующиеся над Красноярском в периоды с неблагоприятным рассеиванием, обуславливают повышение концентраций загрязняющих веществ на большей части жилых районов города. При этом выбросы ТЭЦ наиболее интенсивно загрязняют воздух в жилых районах на правом берегу и в микрорайонах, расположенных на повышенных формах рельефа на левом берегу р. Енисей (рис. 9). В штилевых условиях в приземном слое атмосферы в период неблагоприятных метеорологических условий, выявленный с помощью модели WRF-CHEM, разворот ветра над городом обуславливает увеличение концентраций мелкодисперсных частиц в воздухе жилых районов почти в 200 раз.

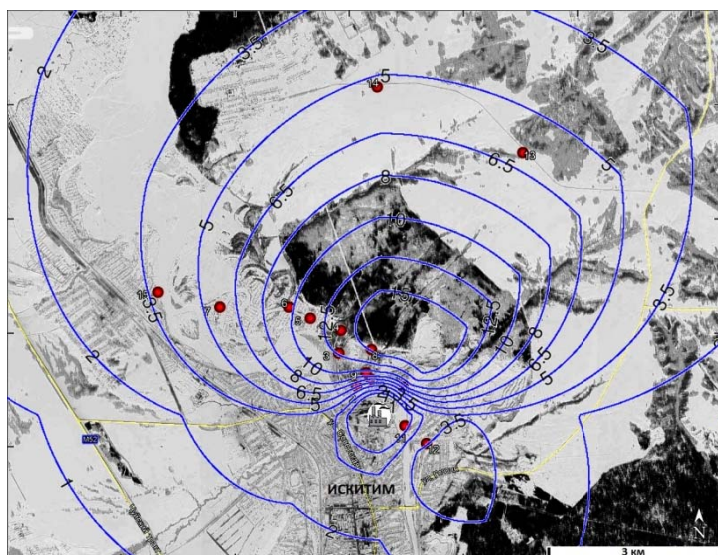


Рис. 7 – Схема отбора проб снега 4 марта 2019 г. Численно восстановленное поле концентрации водорастворенного кальция (мг/л) в зоне влияния аэрозольных выбросов Чернореченского цементного завода

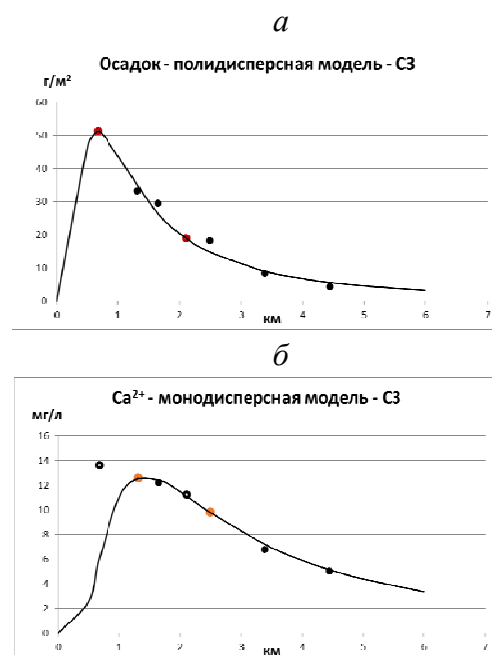


Рис. 8 – Измеренные и восстановленные выпадения в северо-западном направлении: а – взвешенных веществ (г/м²); б – кальция (мг/л)

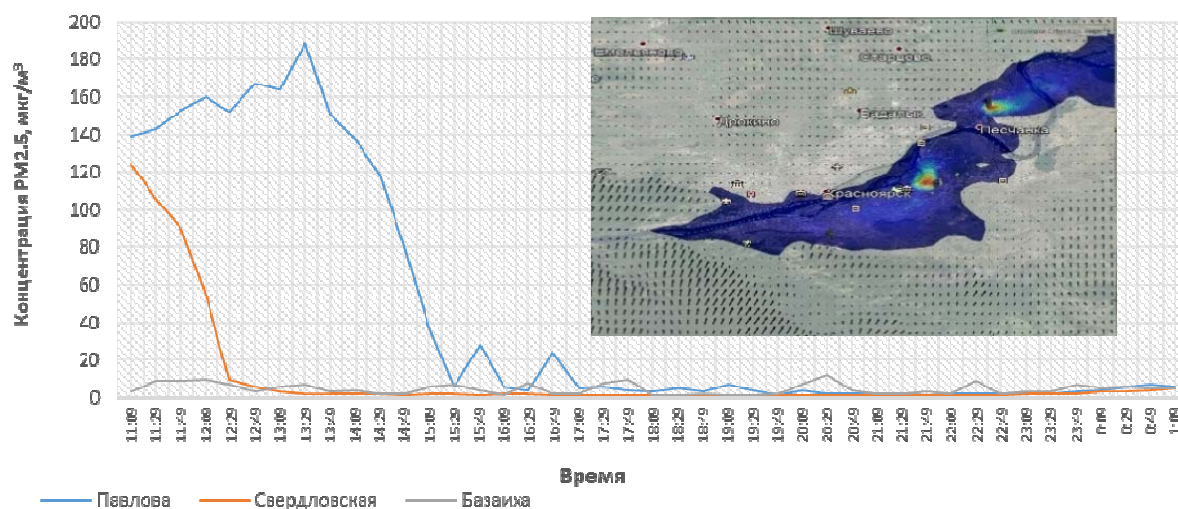


Рис. 9 – Изменение приземных концентрации (мкг/м³) мелкодисперсной пыли в пунктах измерений на правом берегу р. Енисей при изменении ориентации факелов выбросов от ТЭЦ; в правом углу – рассчитанные ориентации факелов выбросов ТЭЦ над территорией Красноярска

Результаты работ по проектам РФФИ

Проект РФФИ № 20–05–00536 "Исследование роли арктических шельфовых морей в формировании ледовых и гидрологических полей Северного Ледовитого океана в условиях меняющегося климата Земли".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Голубева Е. Н.

На основе трехмерной численной модели океана и морского льда SibCIOM (Siberian Coupled Ice-Ocean Model), разработанной в ИВМиМГ СО РАН, и данных атмосферного реанализа получены среднемесячные поля пространственного распределения характеристик водных масс и морского льда Северного Ледовитого океана. Проведено сравнение результатов численного моделирования на численных сетках различного пространственного разрешения.

Проведено исследование распространения трассеров речных вод на шельфе арктических морей и за его пределами. Построены траектории трассеров, поступающих с речными водами сибирских рек и меняющих свое положение в ходе расчета численного эксперимента. Анализ информации, сохраняемой каждым трассером, показал, что минимальное время нахождения трассеров в шельфовой зоне сибирских морей равняется одному году, среднее время нахождения трассеров в Карском море составляет 3.2 года, на шельфе моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря – 6.8 лет. Циркуляция Карского моря способствует более интенсивному выносу трассеров за пределы акватории моря в отличие от того, как это происходит на шельфе морей Лаптевых и Восточно-Сибирского, где обширный шельф и изменчивость циркуляции поверхностного слоя моря способствуют более длительному нахождению трассеров на акватории морей. Результаты моделирования показывают сокращение среднего срока нахождения трассеров на акватории сибирских морей в настоящее время примерно в два раза по сравнению с периодом до 2000 г. Причиной сокращения сроков нахождения трассеров на шельфе в настоящее время является увеличение продолжительности периода открытой воды и ветрового воздействия непосредственно на океаническую поверхность. В условиях усиления меридиональной направленности ветра в регионе это способствует повышению скорости поверхностных течений, направленных на вынос трассеров за пределы шельфовых морей. Дальнейшее распространение трассеров и время их нахождения в глубоководной части зависят от режима циркуляции вод Арктического бассейна. При антициклонической моде поверхностной циркуляции Арктического бассейна трассеры, вышедшие на материковый склон, включаются в интенсивный поток, выносящий арктические воды к Гренландии. При циклонической моде поверхностной циркуляции вод трассеры, вышедшие за пределы шельфа, распространяются в направлении хребта Ломоносова и впоследствии, даже при смене режима циркуляции, могут еще длительное время находиться в Арктическом бассейне, включаясь в циркуляцию Канадского бассейна.

Проведено исследование чувствительности воспроизведения численной моделью изменения состояния арктического халоклина. В численных экспериментах показано изменение нижней границы халоклина под действием динамического состояния атмосферы и увеличенного стока арктических рек. Проанализированы последствия повышенного стока рек на характеристики вод глубоководных районов. Показано, что повышение расхода сибирских рек приводит к повышению теплосодержания вод восточной части Евразийского бассейна.

Проект РФФИ № 20–05–00241 "Модельная оценка выделения метана из донных отложений Арктики в атмосферу в прошлом и будущем".

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Малахова В. В.

Выполнен анализ эмиссии метана из океана в атмосферу с использованием модельного комплекса, описывающего пространственно-временную изменчивость процессов, происходящих в атмосфере, ледовом покрове, океане, донных отложениях океана, зоне стабильности под-

донных газогидратов и субаквальных мерзлых пород. Исследовано влияние параметризации процесса газообмена на количественную оценку эмиссии метана в атмосферу. Оценки эмиссий метана в атмосферу выполнены на основе различных параметризаций процесса газообмена в системе "вода – атмосфера" и "вода – лед – атмосфера". Показано, что квадратичная функция для определения скорости газообмена может быть использована для преобладающего диапазона скоростей ветра в рассматриваемом регионе. Однако при повышенной скорости ветра влияние используемой параметризации газообмена на рассчитанные потоки метана может быть значительным.

Оценки потоков метана в атмосферу в зимний период получены с учетом влияния изменений ледового покрова Арктики. Максимальный годовой поток CH_4 по результатам численного моделирования характерен для 2007, 2012 и 2015 гг. По результатам расчетов в эти годы значительно сократилась площадь льда, что способствовало повышенной эмиссии метана в атмосферу за счет увеличения вклада зимних месяцев. Получены оценки вклада летних и зимних месяцев в суммарную эмиссию метана для всего расчетного периода (1948–2019 гг.). Целью выполнения этих задач является верификация модели переноса метана в океане с учетом химических преобразований этого газа в океане и взаимодействия с морским льдом.

Разрушение метангидратов и деградация подводной мерзлоты мелководного арктического шельфа является одной из возможных причин повышенных потоков метана в атмосферу. Процессы засоления гидратонасыщенных донных отложений способствуют ускорению деградации гидратов. Используя соотношения для определения зоны стабильности гидрата метана (ЗСМГ) с учетом солености, получены оценки влияния диффузии соли на состояние этой зоны. Учет солености при расчете термобарических условий устойчивости гидрата метана приводит к сокращению ЗСМГ, но из-за большой глубины ее залегания под морским дном это влияние составляет не более нескольких процентов. Дополнительное смещение вниз верхней границы зоны стабильности составило 5–15 м для внешнего шельфа и 1–3 м для внутреннего.

Получены модельные оценки объемов метана в газогидратах донных отложений Северного Ледовитого океана при наличии субаквальной мерзлоты. Данная оценка выполнена с использованием численной модели термодинамических процессов в донных отложениях при интерактивном вычислении термодинамического состояния донных отложений и учете их гидратонасыщенности.

Проект РФФИ № 19-47-540008 "Численное и геоинформационное моделирование в задачах мониторинга загрязнения окружающей среды Новосибирской области".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Рапута В. Ф.

Методами постановок обратных задач переноса газовых и аэрозольных примесей в атмосфере разработана модель оценивания текущей эмиссии источника по измеренным концентрациям примеси в дымовом шлейфе и характеристикам пограничного слоя атмосферы, предложены модели оценивания полей концентраций примесей на территориях площадных источников.

В рамках реализуемого подхода проведена численная реконструкция и картографирование полей длительного загрязнения в окрестностях крупных промышленных предприятий Новосибирской обл. На основе наземного и спутникового мониторингов снежного покрова проведено оценивание загрязнения территорий Линёво-Искитимской промышленной зоны. Выполнены

экспериментальные исследования загрязнения снежного покрова в окрестностях Новосибирской ТЭЦ-5 и на их основе проведено численное восстановление полей концентраций и суммарных выпадений пыли-зола, тяжелых металлов, ионных компонентов. На данных биомониторинга ртути в опаде листьев деревьев выполнен численный анализ процессов ее выноса с промплощадки Новосибирского завода химконцентратов в 2019 году. Для периода распространения сильного дымового смога от лесных пожаров в 2019 г. в Восточной Сибири выполнен статистический анализ данных сетевых измерений концентраций субмикронных аэрозолей PM 2.5 и PM 10 в Новосибирске и сопоставление с измерениями в Томске и Челябинске.

Прочие гранты

Крупный научный проект "Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории" (Соглашение с Минобрнауки России № 075–15–2020–787 от 12.10.2020).

Блок 1 "Формирование концептуальных основ инструментальной, инфраструктурной и прикладных цифровых платформ экологического мониторинга и прогнозирования".

Раздел "Численный анализ данных мониторинга загрязнения атмосферы".

Основные исполнители от ИВМиМГ СО РАН: д.ф.-м.н. Рапута В. Ф., к.ф.-м.н. Леженин А. А.

Методами постановок обратных задач переноса газовых примесей в атмосфере разработаны малопараметрические модели реконструкции полей загрязнения территорий точечными источниками. Для рассматриваемых моделей предложены численные алгоритмы оптимизации размещения и оценки информативности используемых систем наземного мониторинга.

В рамках предложенного подхода проведен численный анализ данных биомониторинга ртути в окрестностях промплощадки "Усольехимпром" и на территории г. Усолье-Сибирское. Разработана модель реконструкции полей длительного загрязнения от основных очагов атмосферных поступлений ртути, проведена ее апробация. В точках отбора проб выполнена оценка вкладов загрязнения от шламохранилища завода и промплощадки цеха ртутного электролиза.

С использованием данных мониторинга загрязнения снежного покрова в окрестностях Иркутского алюминиевого завода разработана модель реконструкции полей выпадений легких примесей. Апробация модели проведена на данных измерений концентраций фторидов в снеговом покрове на преобладающих направлениях их выносов с промплощадки завода.

Разработан метод оценивания дополнительного подъема примесей от высотных источников на основе зимних спутниковых снимков и данных метеорологических и аэрологических наблюдений. Апробация предложенных моделей и методов выполнена применительно к процессам выноса дымовых шлейфов от высотных труб Гусиноозёрской ГРЭС.

На основе малопараметрической модели реконструкции полей загрязнений, создаваемых легкими примесями, разработана геоинформационная система анализа данных мониторинга. Ее демонстрация выполнена на данных мониторинга загрязнения снежного покрова атмосферными выбросами Иркутского алюминиевого завода. Для регистрации в Роспатенте по результатам биомониторинга подготовлена база данных измерений содержания ртути и других химических элементов в листьях тополя на территории г. Усолье-Сибирское.

Проекты РНФ

Проект РНФ № 19–17–00154 "Исследование взаимодействия компонент климатической системы "атмосфера – океан – морской лед" арктического региона в условиях изменений глобального климата".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Платов Г. А.

В рамках проекта предполагается исследовать причины сокращения площади и объема морского льда Арктики.

С решением этой задачи связано понимание роли изменений адвективных и конвективных потоков тепла в атмосфере и океане, потоков пресной воды, а также внутренних обратных связей, обусловленных чувствительностью арктической системы атмосфера – океан – лед к фазовым изменениям льда и снежного покрова. Процессы, рассмотрение которых необходимо для решения данной задачи, можно условно разделить на динамические, связанные с изменениями потоков воздуха в атмосфере и океанскими течениями, а также термодинамические, связанные с изменением температуры воздуха, радиационными и турбулентными потоками энергии, усвоением тепла в океане и обратной связью лед – снежный покров – альbedo.

Второй год посвящен исследованию этих связей:

1. Определены характеристики крупномасштабных процессов, связанных с обрушением планетарных волн Россби, способствующих формированию опасных погодных явлений и влияющих на сокращение морского льда в Арктике.

2. Изучены физические и динамические механизмы, которые связывают сокращение арктического морского льда с изменениями потоков энергии в Арктике, структурой атмосферной циркуляции и возникновением экстремальных погодных явлений.

3. Изучена изменчивость гидрологических и ледовых полей Северного Ледовитого океана. Создана база данных для дальнейшего анализа пространственно-временной сезонной и межгодовой изменчивости полей температуры, солености, толщины и сплоченности ледового покрова.

4. Исследована чувствительность термохалинных океанических и ледовых характеристик морей Арктического бассейна к поступлению аномально теплых атлантических вод через Баренцево море и пролив Фрама и тихоокеанских вод через Берингов пролив, т. е. к так называемым "морским волнам тепла".

5. На основе серии численных экспериментов для изучения и оценки мезомасштабных вихрей изучена статистика мезомасштабных вихрей в окраинных морях Арктики и ее связь с процессами образования и таяния морского льда.

Проект РНФ № 20–11–20112 "Разработка системы моделирования для анализа современного состояния и оценки тенденций будущих изменений природной среды Сибирских шельфовых морей".

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Голубева Е. Н.

Ход выполнения работ по проекту в 2020 г.:

1. На основе анализа научной литературы, данных наблюдений, имеющих доступ в открытом доступе и представленных в виде архивов, а также численного моделирования с использованием крупномасштабной численной трехмерной модели океана и морского льда и данных реанализа атмосферы проведено исследование изменчивости термического состояния вод морей Сибир-

ского шельфа с середины прошлого столетия по настоящее время. Целью исследования являлось создание концептуальной картины возможных причин повышения температуры придонного слоя шельфовых морей. Для Карского моря, моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря определены периоды наиболее заметных изменений в повышении теплосодержания вод и причины, их вызывающие. Выделены различия, обусловленные географическим положением морей и особенностями состояния атмосферы в летний период.

2. Создана региональная трехмерная численная модель Северного Ледовитого океана с пространственным разрешением 12 км в глубоководной области и около 5 км в шельфовой зоне океана. Использование комбинированной системы вертикальной координаты позволяет учесть топографию шельфовой области с включением наиболее мелководных частей. Проведены предварительные численные эксперименты, показавшие, что учет топографических особенностей при увеличении сеточного разрешения модели способствует интенсификации обмена вод между морями через проливы и модифицирует поле течений в придонном слое, формируя дополнительные циркуляционные системы. В отдельных придонных ложбинах в течение зимнего периода могут сохраняться положительные аномалии температуры, возникшие в результате интенсивного перемешивания аномально нагретых в летний период поверхностных вод и вод придонного слоя. Учет в модели самой мелководной части шельфа способствует более быстрому осенне-зимнему охлаждению вод в этой области и формированию ледового покрова вдоль побережья.

3. Разработан палеогеографический сценарий изучения эволюции и современного состояния субаквальной мерзлоты Восточно-Сибирского шельфа с использованием расчетов изменений климата в плейстоцене (400 тыс. лет) по модели Земной системы Climber-2. Палеотемпературный сценарий дополнен учетом реконструированных температур придонной воды в голоценовые потепления и похолодания с учетом глубин моря. С учетом разработанного сценария построена модель эволюции криолитозоны Восточно-Сибирского шельфа. В модели учитывается засоление донных отложений в период океанических трансгрессий. При задании геологического разреза и свойств пород использованы данные наиболее глубокой скважины о. Новая Сибирь. Теплофизические характеристики были заданы исходя из литологического состава и возраста пород по данным, полученным на сопредельных территориях с привязкой к известным физическим характеристикам пород из рассмотренных скважин.

4. Проведен анализ согласованности различных данных палеореконструкций и калибровка модели субаквальной мерзлоты на основании сравнения с фактическими полевыми данными для региона. Получены оценки чувствительности результатов численного моделирования термического состояния субаквальных многолетнемерзлых грунтов к неопределенности палеоклиматических реконструкций температуры воздуха и уровня океана. Модель верифицирована при моделировании с использованием фактических данных двух скважин глубиной 80 и 200 м на о. Новая Сибирь. Тестовое моделирование показало совпадение расчетных данных с натурными. Выполненные расчеты дали возможность заключить, что составленные палеотемпературный сценарий и геологическая модель являются реалистичными и могут использоваться при математическом моделировании эволюции и современного состояния криолитозоны шельфа.

5. На основе анализа и обобщения результатов, опубликованных в российских и зарубежных открытых источниках, построены двумерные модели залежей газогидратов, обладающие следующими свойствами, типичными для шельфа северных морей Российской Федерации:

– преимущественное залегание в придонных отложениях в непосредственной близости от дна на глубинах начиная от 200 м;

– характерно перекрывание залежей газогидратов придонным слоем, содержащим мелкозернистые отложения, так называемым Bottom Simulating Reflector (BSR), который порождает интенсивную "отраженную волну";

– седименты, содержащие газогидраты, имеют весьма специфическое поведение добротности, которое будет использоваться нами впоследствии как один из основных прогностических признаков их наличия при использовании данных высокоразрешающей сейсморазведки.

6. Проведена серия численных экспериментов по изучению проявления залежей газогидратов в сейсмических волновых полях. Установлена причина связанности возмущений добротности и скоростей распространения волн при проведении сейсмических наблюдений и обработке их результатов. Получены оценки уровня погрешности в данных и точности аппроксимации интегральных операторов, возникающих при решении обратной задачи, гарантирующие надежное разделение возмущений добротности и скоростей распространения сейсмических волн.

7. Предложена и апробирована модификация штрафной функции в методе обращения полного волнового поля, гарантирующая восстановление макроскоростной составляющей при отсутствии сверхнизких частот (меньше 5 Гц) в спектре записанного сигнала.

Публикации

Издания, включенные в реферативную базу данных Web of Science

1. Alekseeva M. N., Raputa V. F., Yaroslavtseva T. V., Yashchenko I. G. Estimation of air pollution due to gas flaring from remote observations of flare thermal radiation // *Atmosph. and Oceanic Optics*. 2020. V. 33, No. 3. P. 289–294. DOI: 10.1134/S1024856020030021.

2. Arzhanov M., Malakhova V., Mokhov I. Modeling thermal regime and evolution of the methane hydrate stability zone of the Yamal peninsula permafrost // *Permafrost and Periglacial Proc.* 2020. V. 31(4). P. 487–496. DOI: 10.1002/ppp.2074.

3. Gavrilov A., Malakhova V., Pizhankova E., Popova A. Permafrost and gas hydrate stability zone of the glacial part of the East-Siberian shelf // *Geosci.* 2020. V. 10(12). P. 484. DOI:10.3390/geosciences10120484.

4. Lezhenin A. A., Raputa V. F., Yaroslavtseva T. V. Models of smoke plumes from high-altitude sources // *Proc. SPIE 11560, 26th Intern. Symp. on atmospheric and ocean optics, atmospheric phys.*, 115606Z (12 November 2020). DOI: 10.1117/12.2575566.

5. Malakhova V. V., Eliseev A. V. Uncertainty in temperature and sea level datasets for the Pleistocene glacial cycles: Implications for thermal state of the subsea sediments // *Global and Planetary Change*. 2020, 192: 103249. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2020.103249.

6. Malakhova V. V., Eliseev A. V. The effect of salt diffusion in the sediments on the submarine permafrost state and the methane hydrates stability zone of the Arctic shelf // *Led i Sneg*. 2020. V. 60(4). P. 533–546. DOI:10.31857/S2076673420040058.

7. Malakhova V. V., Eliseev A. V. Analysis of the subsea permafrost dynamics at the Arctic shelf accounting for climate change uncertainty during glacial cycles // Proc. SPIE. 2020. V. 11560. P. 115606D. DOI: 10.1117/12.2575081.

8. Platov G., Iakshina D., Krupchatnikov V. Characteristics of atmospheric circulation associated with variability of sea ice in the Arctic // Geosci. 2020, 10(9), 359. DOI: 10.3390/geosciences10090359.

9. Raputa V. F., Lezhenin A. A. Estimation of the Altitude of Smoke Plumes from Satellite Images // Atmosph. and Ocean. Optics. 2020. V. 33, No. 5. P. 539–544. DOI: 10.1134/S1024856020050140.

10. Raputa V. F., Kokovkin V. V., Shuvaeva O. V. The study of aerosol deposition in the environ of TPP-5 in Novosibirsk // Proc. SPIE 11560, 26th Intern. Symp. on atmospheric and ocean optics, atmospheric phys., 115604R (12 November 2020). DOI: 10.1117/12.2575606.

11. Zuev V. V., Savelieva E., Borovko I. V., Krupchatnikov V. N. Antarctic polar vortex weakening due to a temperature decrease in the lower subtropical stratosphere // Proc. of SPIE. The international society for optical engineering- 2020. 26th Intern. symp. on atmospheric and ocean optics: Atmospheric phys. V. 11560. P. 115607U. DOI: 10.1117/12.2574652.

12. Zuev V. V., Borovko I. V., Krupchatnikov V. N., Savelieva E. S Influence of the temperature of the lower subtropical stratosphere on Antarctic polar vortex dynamics // Atmos. Ocean. Opt. 2020 V. 33, No. 6. P. 648–651. DOI: 10.1134/S1024856020060160.

Издания, включенные в реферативную базу данных Scopus

1. Golubeva E., Kraineva M., Platov G., Simulation of near-bottom water warming in the Laptev Sea // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 611 (2020) 012010. DOI: 10.1088/1755–1315/611/1/012010.

2. Krupchatnikov V. N., Borovko I V. Rossby wave breakings and events of blocking associated with some atmospheric circulation regimes in the Northern Hemisphere based on the climate system model (PlaSim-ICMMG-1.0) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 611 (2020) 012015 DOI: 10.1088/1755–1315/611/1/012015.

3. Malakhova V. V. The response of the Arctic Ocean gas hydrate associated with subsea permafrost to natural and anthropogenic climate changes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 606. P. 012035. DOI: 10.1088/1755–1315/606/1/012035.

4. Platov G., Golubeva E. Characteristics of mesoscale eddies of Arctic marginal seas: results of numerical modeling // 2020 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 611 (2020), 012009. DOI: 10.1088/1755–1315/611/1/012009.

5. Platov G., Kraineva M. and Golubeva E. Main modes of the Arctic Ocean circulation and a relationship between their trends and the Atlantic water heat content / IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 611 (2020), 012011. DOI: 10.1088/1755–1315/611/1/012011.

Издания, включенные в библиографическую базу данных РИНЦ

1. Borovko I. V., Krupchatnikov V. N. On the polar vortex streamer dynamics // Bull. NCC. Num. Modeling in Atmosphere, Ocean, and Environment Studies. 2019. № 17. P. 1–8.

2. Амикишиева Р. А., Рапуга В. Ф., Ярославцева Т. В. Технологии анализа процессов атмосферного загрязнения на базе наземных и спутниковых наблюдений // Интерэкспо "Гео-Си-

бирь" : Материалы 16-го Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 18 июня – 8 июля 2020 г. Т. 4. № 1. С. 36–41. DOI: 10.33764/2618–981X-2020–4–1–36–41.

3. Амикишиева Р. А., Рапуга В. Ф., Ярославцева Т. В. Информационная система анализа процессов распространения атмосферных примесей // Марчуковские научные чтения 2020 : тезисы Междунар. конф., посвящ. 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, Новосибирск, 19–23 октября 2020 г. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2020. С. 72–73. DOI: 10.24411/9999–017A-2020–10127.

4. Гаврилов А. В., Малахова В. В., Пижанкова Е. И. Сценарий геологического развития севера восточно-сибирского шельфа в последние 200 тыс. лет // Устойчивость природных и технических систем в криолитозоне : Материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 60-летию образования Ин-та мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН. 2020. С. 83–86.

5. Гаврилов А. В., Малахова В. В., Пижанкова Е. И., Попова А. А. Оценка роли оледенения среднего неоплейстоцена в формировании криолитозоны севера восточно-сибирского шельфа // Морские исследования и образование (MARESEDU-2020) : труды 9-й Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 26–29 окт. 2020 г. С. 168–171.

6. Голубева Е. Н., Платов Г. А., Крайнева М. В. Исследование особенностей формирования гидрологических и ледовых условий в море Лаптевых в современном климате // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон : тез. докл. Всерос. науч. конф. (28-я береговая конференция), Севастополь, 21–25 сент. 2020 г. С. 67–68. [Электрон. ресурс]. https://drive.google.com/file/d/1hSH3afiQDGQHvz0DtILrLrZKjwZc_UQG/view?usp=sharing.

7. Голубева Е. Н., Якшина Д. Ф., Платов Г. А., Исследование последствий формирования морских волн тепла для Северного Ледовитого океана и его шельфовых морей // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон : тез. докл. Всерос. науч. конф. (28-я береговая конференция). Севастополь, 21–25 сентября 2020 г. С. 68–69. https://drive.google.com/file/d/147DjRJ_LnPJVHt4v7nhJcOzGxbj-j9TI/view?usp=sharing.

8. Голубева Е. Н., Платов Г. А. Анализ траекторий распространения вод арктических рек в Северном Ледовитом океане на основе численного моделирования // Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Экосистемы и климат Арктической зоны : Расширенные тез. докл. 2-й Всерос. конф. с междунар. участием, Москва, 25–27 нояб. 2020 г. С. 53–56.

9. Зуев В. В., Савельева Е. С., Боровко И. В., Крупчатников В. Н. Ослабление антарктического полярного вихря при понижении температуры нижней субтропической стратосферы // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы : тез. докл. 24-го Междунар. симп, Москва, 6–10 июля 2020 г. С. 14–17.

10. Коковкин В. В., Рапуга В. Ф. Мониторинг макрокомпонентного состава снежного покрова в окрестностях ТЭЦ-5 г. Новосибирска // Интерэкспо "Гео-Сибирь" : Материалы 16-го Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 18 июня – 8 июля 2020 г. Т. 4. № 1. С. 36–41. DOI: 10.33764/2618–981X-2020–4–1–98–104.

11. Коковкин В. В., Рапуга В. Ф. Анализ загрязнения снежного покрова в окрестностях антропогенных источников // Современные проблемы гигиены, токсикологии и медицины труда : Сб. трудов науч.-практ. конф. с междунар. участием, Омск, 27–28 февр. 2020 г. Омск: Изд-во ОмГА, 2020. С. 120–124.

12. Крупчатников В. Н., Боровко И. В., Голубева Е. Н., Платов Г. А. Анализ развития ранней стадии относительно устойчивых крупномасштабных погодных систем и связанных с ними фаз Арктических колебаний при потеплении климата // Труды Междунар. конф. и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды. Томск, 2020. С. 103–105. <https://drive.google.com/file/d/1KIVhdcqHwGeRdP9oQlq8eJqnRHHJ6E9LM/view?usp=sharin>.

13. Крылова А. И., Лаптева Н. А. Моделирование речного стока в бассейне реки Лены на основе гидрологически-корректной цифровой модели рельефа // Пробл. информ. 2020. № 4. С. 71–88. DOI:10.24411/2073–0667–2020–10016.

14. Крылова А. И., Лаптева Н. А. Исследование влияния регулирования стока водохранилищем каскада Вилюйских ГЭС – I, II на водный режим р. Вилюй // Интерэкспо "Гео-Сибирь" : Материалы 16-го Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 18 июня – 8 июля 2020 г. Т. 4. № 1. С. 66–73. DOI: 10.33764/2618–981X-2020–4–1–66–73.

15. Леженин А. А., Рапута В. Ф., Амикишиева Р. А. Модель оценивания параметров дымового шлейфа // Марчуковские научные чтения 2020 : тезисы Междунар. конф., посвящ. 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, Новосибирск, 19–23 октября 2020 г. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2020. С. 88. DOI: 10.24411/9999–017A-2020–10150.

16. Малахова В. В. Влияние изменений климата на скорость деградации субаквальной мерзлоты // Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Экосистемы и климат Арктической зоны : Расширенные тез. докл. 2-й Всерос. конф. с междунар. участием, Москва, 25–27 нояб. 2020 г. С. 326–329.

17. Малахова В. В. Модельная оценка эмиссии метана в атмосферу на шельфе арктических морей // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон : тез. докл. Всерос. науч. конф. (28-я береговая конференция), Севастополь, 21–25 сент. 2020 г. С. 131–132.

18. Малахова В. В. Влияние диффузии соли на стабильность метангидратов Арктического шельфа // Интерэкспо "Гео-Сибирь" : Материалы 16-го Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 18 июня – 8 июля 2020 г. Т. 4. № 1. С. 91–97.

19. Медвяцкая А. М., Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В. Загрязнение атмосферы г. Новосибирска субмикронными аэрозолями в период лесных пожаров 2019 года // Интерэкспо "Гео-Сибирь" : Материалы 16-го Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 18 июня – 8 июля 2020 г. Т. 4. № 1. С. 36–41. DOI: 10.33764/2618–981X-2020–4–1–98–104.

20. Михайлюта С. В., Леженин А. А., Коробов О. А. Влияние выбросов ТЭЦ на загрязнение атмосферного воздуха в г. Красноярске // Интерэкспо "Гео-Сибирь" : Материалы 16-го Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 18 июня – 8 июля 2020 г. Т. 4. № 1. С. 105–112. DOI: 10.33764/2618–981X-2020–4–1–105–112.

21. Платов Г. А., Крайнева М. В., Голубева Е. Н. Основные моды циркуляции Северного Ледовитого океана и связь их тенденций с теплосодержанием Атлантических вод // В сб.: Избр. труды Междунар. конференции и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды. Томск, 2020. С. 108–112. <https://drive.google.com/file/d/1A8–31KnLvIYAAq8JeTeOdE1xrSVNPKDz/view?usp=sharing>.

22. Платов Г. А., Голубева Е. Н. Энергетика мезомасштабных вихрей окраинных морей Северного Ледовитого океана: результаты численного моделирования // В сб.: Избр. труды Меж-

дународной конференции и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды, Томск, 6–11 июля 2020 г. С. 85–90. https://drive.google.com/file/d/1JJMO-lwqKhziDgWyHI_kMfwO5OkkOrmx/view?usp=sharing.

23. Прилипко Н. С., Турбинский В. В., Рапута В. Ф., Бортникова С. Б. Оценка канцерогенной опасности чёрного углерода (сажи) и сопутствующих полиаренов промышленных выбросов в атмосферный воздух населённых мест // *Russ. J. Rehabilitation Med.* 2020. № 2. С. 84–102.

24. Гарханова М. А., Голубева Е. Н. Численное моделирование формирования арктического халоклина // *Интерэкспо "Гео-Сибирь"* : Материалы 16-го Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 18 июня – 8 июля 2020 г. Т. 4. № 1. С. 83–90.

25. Рапута В. Ф., Леженин А. А. Анализ процессов длительного загрязнения атмосферы г. Искитима // *Интерэкспо "Гео-Сибирь"* : Материалы 16-го Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 18 июня – 8 июля 2020 г. Т. 4. № 1. С. 137–141. DOI: 10.33764/2618-981X-2020-4-1-137-141.

26. Рапута В. Ф., Юсупов Д. В., Турсуналиева Е. М., Ярославцева Т. В., Ляпина Е. Е., Коковкин В. В. Биомониторинг и геоинформационный анализ ртутного загрязнения территории г. Новосибирска // *Современные проблемы гигиены, токсикологии и медицины труда* : Сб. трудов науч.-практ. конф. с междунар участием, Омск, 27–28 февр. 2020 г. Омск: Изд-во ОмГА, 2020. С. 219–223.

27. Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В., Леженин А. А., Амикишиева Р. А. Интерполяция данных сетевых наблюдений концентрации примеси по территории города // *Марчуковские научные чтения 2020: Тезисы Междунар. конф., посвящ. 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука*, Новосибирск, 19–23 окт. 2020 г. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2020. С. 96. DOI: 10.24411/9999-017A-2020-10161.

28. Савельева Е. С., В. В. Зуев, И. В. Боровко, В. Н. Крупчатников. Влияние нижней субтропической стратосферы на динамику антарктического полярного вихря // *Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы* : тез. докл. 23-й Всерос. школы-конф. молодых ученых, Борок, 5–9 октября 2020 г.

29. Щербатов А. Ф., Новикова И. И., Ерофеев Ю. В., Рапута В. Ф. Влияние загрязнений атмосферного воздуха цементной пылью на здоровье детей как гигиеническая проблема // *Современные проблемы гигиены, токсикологии и медицины труда* : Сб. трудов науч.-практ. конф. с междунар участием, Омск, 27–28 февр. 2020 г. Омск: Изд-во ОмГА, 2020. С. 321–327.

30. Ярославцева Т. В., Новикова И. И., Рапута В. Ф., Ерофеев Ю. В. Наземный и спутниковый мониторинг загрязнения снежного покрова в окрестностях ТЭЦ-5 г. Омска // *Современные проблемы гигиены, токсикологии и медицины труда* : Сб. трудов науч.-практ. конф. с междунар участием, Омск, 27–28 февр. 2020 г. Омск: Изд-во ОмГА, 2020. С. 327–331.

Участие в конференциях и совещаниях

1. Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды ENVIROMIS-2020, Томск, 6–11 июля 2020 г., – 5 докладов, из них 3 приглашенных (Платов Г. А. Голубева Е. Н., Крупчатников В. Н., Крайнева М. В.).

2. Всероссийская научная конференция "Моря России: исследования береговой и шельфовой зон" (28-я Береговая конференция), 21–25 сентября 2020 г., Севастополь – 3 доклада (Голубева Е. Н., Платов Г. А., Крайнева М. В., Якшина Д. Ф., Малахова В. В.).

3. 2-я Всероссийская научная конференция "Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Экосистемы и климат Арктической зоны", Москва, 26–27 ноября 2020 г. – 2 доклада (Голубева Е. Н., Платов Г. А., Малахова В. В.).

4. Международная конференция "Марчуковские научные чтения 2020" (МНЧ-2020), посвященная 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, 19–23 октября 2020 г., Новосибирск – 9 докладов (Леженин А. А., Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В., Амикишиева Р. А., Малахова В. В., Крылова А. И., Тарханова М. А., Голубева Е. Н.).

5. Международная научная конференция "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология" в рамках 16-го Международного научного конгресса "Интерэкспо ГЕО-Сибирь", Новосибирск, 22–24 апреля 2020 г. – 9 докладов (Крылова А. И., Тарханова М. А., Голубева Е. Н., Малахова В. В., Леженин А. А., Рапута В. Ф., Амикишиева Р. А., Ярославцева Т. В.).

6. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием "Современные проблемы гигиены, токсикологии и медицины труда", посвященная 90-летию образования Новосибирского НИИ гигиены, Новосибирск, 27–28 февраля 2020 г. – 1 пленарный доклад (Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В.).

7. 26-й Международный симпозиум "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы", Москва, 29 июня – 3 июля 2020 г. – 4 доклада (Леженин А. А., Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В., Малахова В. В., Боровко И. В., Крупчатников В. Н.).

8. 5-й Ежегодный международный семинар "Сибирской сети" по изучению изменений окружающей среды (SecNet) "Сибирь в эпоху глобальных вызовов: Природа человека и человеческая природа", Барнаул, 8–10 октября, 2020 г. – 3 доклада (Леженин А. А., Рапута В. Ф., Амикишиева Р. А.).

9. 27-я Конференция "Аэрозоли Сибири", Томск, 24–27 ноября 2020 г. – 11 докладов, из них 1 пленарный (Леженин А. А., Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В., Амикишиева Р. А., Малахова В. В., Крайнева М. В., Крылова А. И., Боровко И. В.).

10. Всероссийская конференция "Ляпуновские чтения – 2020", Иркутск, 7–11 декабря 2020 г. – 1 доклад (Рапута В. Ф.).

11. 23-я Всероссийская школа-конференция молодых учёных "Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы" (САТЭП-2020), Борок, 5–9 октября 2020 г. – 1 доклад (Крупчатников В. Н., Боровко И. В.).

12. 9-я Международная научно-практическая конференция "Морские исследования и образование" MARESEDU-2020, Москва, 23–25 октября 2020 г. – 1 доклад (Малахова В. В.).

13. Всероссийская конференция с международным участием "Турбулентность, динамика атмосферы и климата", посвященная памяти акад. А. М. Обухова, Москва, ноябрь 2020 г. – 2 доклада (Крупчатников В. Н., Малахова В. В.).

14. 17-й гляциологический симпозиум "Роль криосферы в прошлом, настоящем и будущем Земли", Санкт-Петербург, 17–20 ноября 2020 г. – доклад (Малахова В. В.).

Участие в оргкомитетах конференций

1. Платов Г. А.:

– член программного комитета Международной конференции "Марчуковские научные чтения 2020" (МНЧ-2020), посвященной 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, Новосибирск, 19–23 октября 2020 г.;

– член оргкомитета Международной научной конференции "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология" в рамках 16-го Международного научного конгресса "Интерэкспо ГЕО-Сибирь", Новосибирск, 22–24 апреля 2020 г.

2. Крупчатников В. Н.

– член программного комитета Международной конференции "ENVIROMIS-2020", Томск, 6–11 июля 2020 г.;

– член программного комитета Международной конференции "Марчуковские научные чтения 2020" (МНЧ-2020), посвященной 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, Новосибирск, 19–23 октября 2020 г.

3. Леженин А. А.

– член оргкомитета Международной научной конференции "Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология" в рамках 16-го Международного научного конгресса "Интерэкспо ГЕО-Сибирь", Новосибирск, 22–24 апреля 2020 г.

Итоговые данные по лаборатории

Публикаций, индексируемых в базе данных Web of Science – 12

Публикаций, индексируемых в базе данных Scopus – 17

Публикаций, индексируемых в базе данных РИНЦ – 48

Докладов на конференциях – 52, в том числе 5 пленарных

Членов организационных или программных комитетов конференций – 5

Кадровый состав

1. Платов Г. А.	зав. лабораторией	д.ф.-м.н.
2. Амикишиева Р. А.	инженер	
3. Боровко И. В.	н.с.	к.ф.-м.н.
4. Голубева Е. Н.	в.н.с.	д.ф.-м.н.
5. Крайнева М. В.	м.н.с.	
6. Крупчатников В. Н.	г.н.с.	д.ф.-м.н.
7. Крылова А. И.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
8. Леженин А. А.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
9. Малахова В. В.	с.н.с.	к.ф.-м.н.
10. Рапута В. Ф.	г.н.с.	д.ф.-м.н.
11. Тарханова М. А.	инженер	
12. Яковенко Г. Т.	программист	
13. Якшина Д. Ф.	м.н.с.	

14. Ярославцева Т. В. инженер

Амикишиева Р. А., Крайнева М. В., Тарханова М. А. – молодые научные сотрудники.

Педагогическая деятельность

Боровко И. В. – доц. СГУПС

Голубева Е. Н. – доц. НГУ

Крупчатников В. Н. – проф. НГУ

Леженин А. А. – доц. РАНХиГС

Платов Г. А. – доц. НГУ

Рапуга В. Ф. – ст. преп. кафедры аналитической химии НГУ

Руководство студентами

Лоскутников Д. С. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Крупчатников В. Н.

Макаренко М. Е. – 1-й курс магистратуры ММФ НГУ, руководитель Крупчатников В. Н.

Романовская Н. А. – 1-й курс магистратуры ФЭН НГТУ, руководитель Рапуга В. Ф.

Тарханова М. А. – 2-й курс магистратуры ММФ НГУ, руководитель Голубева Е. Н.

Усова А. В. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Голубева Е. Н.

Юрова Ю. Д. – 4-й курс ММФ НГУ, руководитель Платов Г. А.

Руководство аспирантами

Градов В. С. – 1-й год, НГУ, руководитель Платов Г. А.

Тарханова М. А. – 1-й год, ИВМиМГ СО РАН, руководитель Голубева Е. Н.

Коробов О. А. – 4-й год НГУ, руководитель Платов Г. А.

Защита дипломов

Амикишиева Р. А. – магистр ФИТ НГУ, руководитель Рапуга В. Ф.

Лоскутников Д. С. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Крупчатников В. Н.

Тарханова М. А. – магистр ММФ НГУ, руководитель Голубева Е. Н.

Усова А. В. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Голубева Е. Н.

Юрова Ю. Д. – бакалавр ММФ НГУ, руководитель Платов Г. А.

Награды

Тарханова М. А.:

– победитель в номинации "Лучший устный доклад (видеопрезентация)" секции "Физика океана" 6-й Всероссийской научной конференции молодых ученых "Комплексные исследования мирового океана";

– обладатель II премии Лаврентьевского конкурса студенческих и аспирантских работ по математике и механике 2020 г.;

– победитель программы спонсорской поддержки компании Huawei.