



Отчётная конференция проекта
Минобрнауки РФ

**Глобальные климатические
вызовы на территории России:
ретроспективный анализ,
прогноз и механизмы адаптации**

Программа
Тезисы докладов

г. Москва
Институт географии РАН
21-22 января 2025

Программа – 21 января

Зал заседаний ИГ РАН (Старомонетный пер., 29)

- 9:30-10:00** **Регистрация участников**
- 10:00-10:10** **Открытие конференции. Вступительное слово**
Соломина О.Н., Панин А.В., Новенко Е.Ю.
- 10:10-10:30** *Соломина О.Н.*
Почему климатические модели и данные реконструкций в голоцене противоречат друг другу?
- 10:30-10:50** *Панин А.В.*
Изменения речного стока в голоцене на примере долин рек Москвы, Вычегды и их притоков
- 10:50-11:10** *Кренке Н.А., Панин А.В.*
«Нижний город» древнерусского Смоленска и ритмика паводков Днепра
- 11:10-11:30** *Рудая Н.А., Дарьин А.В., Фролова Л.А., Жилич С.В., Карачурина С.Е., Новиков В.С., Внуковская Ю.Д., Джуманов А.Т.*
Природные условия голоцена юга Западной Сибири: междисциплинарный подход к палеолимнологическим исследованиям (дистанционно)
- 11:30-12:00** *Перерыв на кофе*
- 12:00-12:20** *Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М.*
Реконструкция ландшафтов и климата в голоцене на основе изучения отложений палеоозер и торфяников Южного Приморья, Курильских островов и Сахалина (дистанционно)
- 12:20-12:40** *Новенко Е.Ю., Мазей Н.Г., Куприянов Д.А. Шатунов А.Е., Андреев Р.А., Макарова Е.А., Прокушкин А.С.*
Реконструкция ландшафтов и климата Средней Сибири в голоцене на основе комплексного изучения болотных отложений
- 12:40-13:00** *Прокушкин А.С., Полосухина Д.А., Метелева М.К., Новенко Е.Ю.*
Реконструкция изменений ландшафтов и климата по данным изотопно-геохимического анализа болотных отложений и ключевых растений-торфообразователей Средней Сибири
- 13:00-13:20** *Ольчев А.В.*
Временная изменчивость потоков диоксида углерода, явного и скрытого тепла в экосистемах криолитозоны Средней Сибири по данным пульсационных измерений

- 13:20-13:40** *Нургалиев Д.К.*
Реконструкции изменений климата в голоцене по данным комплексного изучения озерных отложений (*дистанционно*)
- 13:40-15:00** *Перерыв на обед*
- 15:00-15:20** *Курбанов Р.Н., Идрисов И.А., Васильева А.Н.*
Голоцен Каспийского моря: состояние исследований и новые данные
- 15:20-15:40** *Панин А.В.*
Позднеголоценовая динамика дельты Дона в контексте формирования античного поселения Танаис
- 15:40-16:00** *Александровский А.Л., Юртаев А.А. Панин А.В.*
Изменения педогенеза арктической и бореальной зон в голоцене
- 16:00-16:20** *Попова Е.Н., Попов И.О.*
Создание базы данных по распространению видов фитопаразитических нематод-вирусоносителей рода *Longidorus* на территории России и соседних государств
- 16:20-16:40** *Зазовская Э.П., Турчинская С.М., Мергелов Н.С., Шишков В.А., Почикалов А.В., Долгих А.В.*
Событие или возраст источника углерода? Какие фракции органического вещества являются наиболее репрезентативными при датировании палеоархивов (*дистанционно*)
- 16:40-17:00** *Перерыв на кофе*
- 17:00-17:20** *Федоров А.Н.*
Анализ изменений климата и мерзлоты Арктики и Субарктики Якутии за последние 50-60 лет
- 17:20-17:40** *Чернокульский А.В.*
Выявление и систематизация основных климатических рисков для различных отраслей хозяйства
- 17:40-18:00** *Бокучава Д.Д., Иванов В.А., Кузьменкова Н.В., Голосов В.Н.*
Аналитический обзор исследований на тему эрозионной активности дождевых осадков для современного периода
- 18:00-18:20** *Еременко Е.А., Харченко С.В., Шереметьев И.А., Голосов В.Н.*
Влияние динамики посевных площадей аграрных регионов России на изменение почвозащитных коэффициентов талого и дождевого стока в последнее десятилетие
- 18:00** **Дружеский фуршет**

Программа – 22 января

Зал заседаний ИГ РАН (Старомонетный пер., 29)

- 10:00-10:20** *Константинов Е.А., Рудинская А.И., Чепурная А.А., Мазнева Е.А., Пономарева В.В., Сычев Н.В., Шухвостов Р.С.*
Отложения малых озер и болот Европейской территории России как архивы палеоландшафтных, палеогидрологических и палеовулканических событий голоцена
- 10:20-10:40** *Мацковский В.В.*
Результаты работы группы высокоразрешающих реконструкций за первый год проекта
- 10:40-11:00** *Бушуева И.С.*
Позднеголоценовая история ледника Шхельда, Северный Кавказ, по данным дистанционного зондирования, дендрохронологии и космогенного датирования морен
- 11:00-11:20** *Георгиади А.Г., Милюкова И.П., Нарыков А.Н., Морозова П.А., Бородин О.О.*
Речной сток в бассейнах крупнейших рек и водохранилищ Европейской и Азиатской частей России в условиях глобального потепления
- 11:20-11:40** *Перерыв на кофе*
- 11:40-12:00** *Георгиади А.Г., Милюкова И.П., Барабанова Е.А., Нарыков А.Н.*
Водохозяйственная нагрузка в бассейнах крупнейших рек и водохранилищ Европейской и Азиатской частей России в условиях глобального потепления
- 12:00-12:20** *Матасов В.М., Дегтярев Д.А.*
Рефлексия над подходами к историческому анализу функционирования социо-экологических систем
- 12:20-12:40** *Куст Г.С., Лобковский В.А.*
Анализ динамики состояния земель за 2001-2022 гг., оценка деградации земель и прогноз (на примере Рязанской и Тульской областей)
- 12:40-13:00** *Антонов Е.В.*
Адаптация к современным климатическим изменениям в регионах России
- 13:00-14:30** *Перерыв на обед*

- 14:30-14:50** *Клименко В.В.*
Развитие энергетики России в условиях декарбонизации отечественной экономики и проявления глобальных изменений климата на территории страны
- 14:50-15:10** *Черенкова Е.А., Семенов В.А.*
Современные изменения климата на территории России, включая акваторию Российской Арктики, и связанные с ними последствия для жизнедеятельности населения
- 15:10-15:30** *Шварц Е.А., Птичников А.В., Романовская А.А., Коротков Н.В., Байбар А.С*
Роль лесов в достижении углеродной нейтральности России к 2060 году
- 15:30-15:50** *Птичников А.В.*
Роль климатических проектов в реализации Стратегии низкоуглеродного развития (по результатам Кадастра парниковых газов 2024)
- 15:50-16:20** *Перерыв на кофе*
- 16:20-16:40** *Торопов П.А., Сушинцев И.М., Дроздов Е.Д.*
Предварительная оценка отклика теплового баланса на изменение площади оледенения в основных горно-ледниковых районах мира
- 16:40-17:00** *Володин Е.М.*
Модель климата ИВМ РАН
- 17:00-17:20** *Морозова П.А.*
Воспроизведение климата последнего тысячелетия различными версиями климатической модели ИВМ РАН
- 17:20-17:40** *Медведев А.И., Рязанова А.А., Степаненко В.М.*
Воспроизведение водного стока рек средней полосы и Севера ЕТР в условиях современного климата моделью деятельного слоя суши ИВМ РАН-МГУ
- 17:40-18:00** *Торопов П.А., Корнева И.А., Олейников А.Д., Варенцова Н.Е., Коваленко Н.В.*
Оценка повторяемости лавиноопасных зим на Кавказе в конце XXI века на основе результатов моделей CMIP6
- 18:00-18:30** *Общая дискуссия. Закрытие конференции*

Тезисы докладов

Панин А.В.

Изменения речного стока в голоцене на примере долин рек Москвы, Вычегды и их притоков

Проводится оценка изменений гидрологического режима рек и объемов речного стока в голоцене геоморфологическими методами с целью выявления реакции рек на изменения климата. В контексте прогнозов гидрологических изменений в связи с глобальным потеплением климата особенно актуальны палеогидрологические реконструкции для теплых эпох прошлого, которые могут служить аналогами будущих состояний климатической системы. Полученные оценки и выявленные тенденции в изменениях стока могут использоваться для верификации результатов математического моделирования палеоклимата, проверки того, насколько хорошо модель воспроизводит параметры гидрологического баланса. В докладе рассмотрены полученные в 2024 г результаты исследований в долинах рек Москвы и Вычегды и их притоков – Пахры и Виледи.

Общие тенденции изменения размеров речных русел на севере Русской равнины указывают на относительно многоводный ранний голоцен, значительное снижение водности рек в среднем голоцене и ее рост в позднем голоцене, причем в позднем голоцене увеличилась амплитуда колебаний паводковой активности. В центре Русской равнины раннеголоценовый высокий сток в размерах палеорусел не фиксируется, но отчетливо выражен среднеголоценовый минимум стока. Положение и возраст культурных слоев на поймах позволяет предполагать перерыв затопления и осадконакопления примерно с 3 тыс.л.н. до XVI-XVII вв н.э. В последнее тысячелетие фиксируется значительный (возможно, максимальный за голоцен) рост паводковой активности и пойменного осадконакопления, совпадающий со второй фазой похолодания Малого ледникового периода.

Кренке Н.А., Панин А.В.

«Нижний город» древнерусского Смоленска и ритмика паводков Днепра

В докладе анализируется влияние природных процессов (паводков и эрозии склонов) на жизнь древнерусского Смоленска, а также влияние человеческой деятельности (накопление культурного слоя, сооружение стен и дамб) на площади распространения коллювия и высоту паводков в черте города.

Используются результаты изучения рельефа и культурного слоя Смоленска, сделанные в ходе работ 2014-2023 гг. Установлено, что «Нижний город» древнерусского Смоленска занимал первую террасу реки, высотой 11 – 13 м и местами спускался на высокую пойму высотой 8-9 м. Протяженность территории, заселенной сплошь в XII в. (за исключением узких промежутков в устьях ручьев и оврагов), составляла не менее 3,5 км. На начальном этапе городской жизни в XI-XII вв. влияние на жизнь города речных паводков и эрозии склонов было минимальным. Освоение поймы на Смядыни было незначительным, несопоставимым с освоением поймы в Гнёздове. Более активно осваивалась пойма на Свирском участке, где естественная граница по бровке поймы была дополнена сплошным ограждением типа частокола. В XIII-XIV вв. поверхность высокой поймы начинает заливаться, приречные участки перестают быть заселенными и в дальнейшем используются только как луга. В XIV-XV вв. происходит активизация процессов эрозии высокого коренного склона долины, куда был перенесен центр хозяйственной активности. Эрозионный материал, транспортировавшийся по руслам ручьев, накапливался не только в конусах выноса, но и на значительных площадях по берегам в пределах первой террасы. Эти природные и природно-

антропогенные явления существенно повлияли на жизнь и размеры «Нижнего города». Его территория сократилась, но у северного подножия Соборной горы продолжалась непрерывная жизнь.

Рудая Н.А., Дарьин А.В., Фролова Л.А., Жилич С.В., Карачурина С.Е., Новиков В.С., Внуковская Ю.Д., Джуманов А.Т.

Природные условия голоцена юга Западной Сибири: междисциплинарный подход к палеолимнологическим исследованиям

Реконструкция ландшафтов, климата, пожарного режима и биологического разнообразия юга Западной Сибири в голоцене представлена на основе анализа палеоданных, полученных из донных отложений озер с применением комплекса методов, включающих методы датирования, палеобиологические, изотопно-геохимические, литологические и другие естественно-научные подходы. Основными объектами исследования являются донные отложения озер Алтае-Саянской горной страны и более северных частей юга Западной Сибири (Кулундинская степь и Барабинская лесостепь). В настоящее время коллективом получены данные из более чем 20 озерных кернов, позволяющие предварительно охарактеризовать голоцен изучаемой территории с построением количественных реконструкций климата и растительного разнообразия. Применение антракологического метода позволяет представить пожарную историю региона.

Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М.

Реконструкция ландшафтов и климата в голоцене на основе изучения отложений палеозер и торфяников Южного Приморья, Курильских островов и Сахалина

Выполнены реконструкции изменений ландшафтов и климата с высоким временным разрешением в голоцене на основе изучения озерно-болотных отложений в материковой части и на океанических островах юга Дальнего Востока: восстановлено развитие растительности, выявлены реакции биотических компонентов на разнонаправленные короткопериодные изменения климата, сделан анализ изменения условий увлажнения, проведена реконструкция повторяемости крупных паводков.

Восстановлены аномалии атмосферной циркуляции в голоцене на основе распределения материала биоаэрозолей в разрезах Курильских о-вов (19 островов). Активный перенос пылевых аэрозолей шел с юга при смене потеплений-похолоданий, вызывавших перестройку атмосферной циркуляции, и в похолодания. Выявлены особенности зимней циркуляции и интенсивности снегопадов в разные периоды голоцена. Проанализирована эволюция палеозер побережья зал. Петра Великого и горной части о. Итуруп, выявлены фазы развития растительности в ходе короткопериодных климатических изменений. Получены данные по изотопному составу кислорода, углерода и азота из отложений палеозера Шуфанского плато для более детального восстановления изменений в развитии природной среды. Установлены связи климатических изменений с интенсивностью летнего муссона и процессами в Тихом океане: динамикой температуры поверхностных вод, повторяемостью и интенсивностью Эль-Ниньо, активизацией течения Куро-сио. В реконструкциях учитывались изменения интенсивности и положения мод центров действия атмосферы и западного струйного течения. Во всех регионах выделены периоды активизации циклогенеза. Найдены следы прохождения экстремальных гидрологических событий, определена повторяемость сильных паводков на юге Сахалина. На основе изучения морских биоаэрозолей определены периоды высокой штормовой активности. Из региональных факторов на развитие геосистем оказывали влияние вулканические извержения и сейсмические события.

Реконструкция ландшафтов и климата Средней Сибири в голоцене на основе комплексного изучения болотных отложений

В отчетном году на модельных территориях в Средней Сибири выполнены методические исследования с целью усовершенствования количественных методов палеоклиматических реконструкций с высоким временным разрешением. В рамках этих исследований была создана база данных современных палинологических спектров для территории Средней Сибири, адаптированы и протестированы различные методы реконструкции температур и осадков (метод лучших аналогов, две трансферные функции и случайный лес), протестированы возможности реконструкции лесистости. Результаты проверки моделей выявили, что несмотря на высокие коэффициенты детерминации ($R^2=0.37-0.94$) и относительно низкие ошибки, для реконструкции палеоклимата статистически значимые результаты показали реконструкции методом случайного леса для среднегодовой температуры ($p \leq 0.1$) и среднегодового количества осадков ($p \leq 0.05$). Тестирование реконструкции лесистости показало, что статистически достоверными также являются только результаты реконструкции методом случайного леса ($p \leq 0.05$) для радиусов 50, 20 и 5 км. При этом, наилучшие статистики: максимальный $R^2=0.72$ и минимальные ошибки ($RMSEP=0.19$) выявлены для радиуса 20 км. Разработанные методы были применены для реконструкции температур и осадков по данным, полученным в результате изучения разреза быстрорастущего торфяника в Центральной Эвенкии, сформировавшегося в течение последних ста лет. Результаты реконструкции сопоставлены с данными метеорологических наблюдений, которые показали сходные тенденции.

В 2024 году были проведены детальные исследования на ключевом участке в Центральной Эвенкии (окрестности пос. Тура). Изучено плоскобугристое болото (названное нами Тура-4). Болотный комплекс включает мерзлое торфяное плато (плоскобугристая часть) и талые мочажины. Скважиной, заложенной в мочажине, вскрыто 220 см торфяной залежи. Полученные данные позволили выделить 7 последовательных фаз развития болота, динамики локальной и региональной растительности и изменений климата, начиная с 7700 кал. л.н.

Реконструкция изменений ландшафтов и климата по данным изотопно-геохимического анализа болотных отложений и ключевых растений-торфообразователей Средней Сибири

Мерзлотные бугристые болота по своей площади занимают 14.6% всех заболоченных территорий России и содержат огромный пул связанного углерода. В настоящее время, несмотря на наличие большого количества сведений о свойствах бугристых болот, теоретические и методологические аспекты проблем их формирования остаются дискуссионными. Необходим комплексный анализ генезиса и современного состояния почвенно-геокриологического комплекса бугристых болот на разных уровнях их организации – от растительного и почвенного покрова до молекулярного уровня, раскрывающего специфику строения и формирования органического вещества торфа. В связи с этим, такие геохимические свойства торфа как элементный (органический углерод и азот, соотношение между ними) и изотопный состав, отражающие изменения в растительности и степени гумификации (трансформации и минерализации) растительных остатков, широко используются в качестве индикаторов климатических изменений, в том числе, мерзлотных процессов – ее деградации

и/или агградации. В качестве объектов нашего исследования служили мерзлые торфяные залежи трех модельных территорий, расположенных в Средней Сибири: «Игарка», «Тура» и «Ванавара». Определение естественной изменчивости состава стабильных изотопов растений-торфообразователей осуществлялось для более широкого градиента, на 8 участках от тундр (73.5° с.ш.) до подзоны средней тайги (60.3° с.ш.). Результаты анализа элементного и изотопного состава указывают на изменение состава торфа с глубиной вследствие нескольких взаимосвязанных аллогенных и аутогенных факторов: 1) изменения растительного сообщества, вызванные климатом и сукцессией растительного покрова, характеризующегося особенностями фракционирования стабильных изотопов (например, мохообразные по сравнению с сосудистыми растениями), 2) климат, влияющий на поглощение ^{13}C во влажные и засушливые периоды, 3) нарушения азотного цикла, вызывающие обогащение или истощение содержания ^{15}N , 4) разложение и гумификация органического вещества, ответственное за обогащение более тяжелыми изотопами и 5) процессы, опосредованные вечной мерзлотой, такие как криотурбация, изменяющие гидротермический режим в почвенном профиле. Накапливаемый массив данных по естественному варьированию макроэлементного (C и N) и изотопного состава углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$) растений-торфообразователей позволяет сделать предварительные выводы об особенностях различных жизненных форм растений и их тканевой специфичности.

Ольчев А.В.

Временная изменчивость потоков диоксида углерода, явного и скрытого тепла в экосистемах криолитозоны Средней Сибири по данным пульсационных измерений

Современные изменения климата в полярных широтах происходят более быстрыми темпами, чем в остальных регионах земного шара. На фоне роста температуры и увеличении повторяемости погодных аномалий в регионе значительно усиливается уязвимость полярных экосистем. В качестве индикаторов возможных функциональных изменений в экосистемах широко используются данные о структуре и динамике составляющих углеродного, теплового и водного балансов. Эффективными инструментами в подобных исследованиях могут служить станции долговременного мониторинга за потоками парниковых газов, проводящие наблюдения в непрерывном режиме в наиболее репрезентативных природных экосистемах. Основной целью данного исследования является анализ сезонной и межсезонной изменчивости нетто экосистемного обмена CO_2 (NEE) и его составляющих, а также потоков явного (H) и скрытого (LE) тепла в субарктическом плоскобугристом болотном массиве (Игарка) и северотаежном лиственничнике (Тура) в Средней Сибири. Экспериментальные данные для анализа были получены с использованием метода турбулентных пульсаций (eddy covariance) в период с 2019 по 2023 год. Результаты анализа показали, что, несмотря на существенную межгодовую и межсуточную изменчивость метеорологических условий, обе экосистемы в пересчете на вегетационный период служили стоком CO_2 из атмосферы. Интегральные оценки NEE за вегетационный период с 2019 по 2023 гг. варьировали от -62,9 до -120,2 $\text{гС}\cdot\text{м}^{-2}$ на плоскобугристом болоте и от -63,5 до -83,6 $\text{гС}\cdot\text{м}^{-2}$ – в лиственничном лесу. На обеих станциях мониторинга валовая первичная продукция (GPP) значительно превышала общее дыхание экосистемы (RE) с середины июня до конца августа. Максимальная скорость среднесуточного поглощения CO_2 на болотном массиве наблюдалась в 2022 г. и составляла -5,2 $\text{гС м}^{-2}\text{сутки}^{-1}$, а в лиственничном лесу в 2019 г. – -2,7 $\text{гС м}^{-2}\text{сутки}^{-1}$. Внутригодовые изменения потоков CO_2 зависели в основном от приходящей солнечной радиации, температуры воздуха, влажности почвы, а также от фенологии и функциональной активности растительных сообществ. Потоки

тепла демонстрировали значительные межгодовые колебания, в основном обусловленные количеством поступающей солнечной радиации и осадков.

Нургалиев Д.К.

Реконструкции изменений климата в голоцене по данным комплексного изучения озерных отложений

Донные отложения озер содержат уникальные данные об изменениях окружающей среды, а также климата последних тысячелетий, в связи с этим выступают актуальными объектами исследований для проведения палеоклиматических реконструкций. В данной работе представлены результаты комплексного (петромагнитное, геохимическое, изотопное, электронно-микроскопическое) изучения двух озер: Большой Кисегач (Южный Урал) и Лама (северная часть полуострова Таймыр, Центральная Сибирь). Согласно радиоуглеродному датированию, проведенному на факультете наук о Земле Национального университета Тайваня (NTUAMS Lab), возраст изучаемых осадков достигает ~ 14000 кал. л. Результаты радиоуглеродного датирования позволяют говорить о том, что толща озерных осадков стратиграфически относится к неоплейстоцену (стадии дегляциации) и голоцену. Отмечено непрерывное осадконакопление донных отложений озера со скоростью от 0.2 до 1.24 мм/год. Комплексный анализ и интерпретация всех полученных данных позволил выявить этапы эволюции озер и проследить изменения условий осадконакопления для изучаемого временного интервала. В истории развития озера Большой Кисегач выделены этапы регрессии и уменьшения аккомодации озера в AL и YD. YD отмечается как самый холодный интервал в истории озера. С ~12150 к.л.н. начинается этап обводнения, который продолжается до конца PB. BO сопоставляется с регрессивной стадией. На рубеже ~10400 к.л.н. фиксируется смена климата. На протяжении атлантической и суббореальной стадий значимых климатических событий не зафиксировано. Начало субатлантической стадии характеризуется увеличением влажности климата. Субатлантическая стадия интерпретируется как наиболее теплая и увлажненная. Для интервала ~1000-650 л.н. вероятно уменьшение влажности климата. В субатлантическую стадию, начиная с ~1650 к.л.н. происходят изменения в осадконакоплении, которые могут быть связаны не только с климатическими изменениями, но и с неотектоническими, повлекшими опускание дна озерной котловины на первые десятки сантиметров. Предварительное петромагнитное и геохимическое изучение образцов оз. Лама показало, что в целом керны (максимальная длина 33 см), отобранные на расстоянии примерно 1,5 км, схожи по измеряемым показателям, что скорее всего указывает на сходные условия осадконакопления. Однако керн 2, на глубинах 25-33 см показывает резкое изменение магнитных параметров, что указывает на изменение условий осадконакопления в данный период. Необходимы дальнейшие исследования для корректной оценки климатических изменений.

Курбанов Р.Н., Идрисов И.А., Васильева А.Н.

Голоцен Каспийского моря: состояние исследований и новые данные

Одним из ключей к пониманию современных процессов, протекающих в Каспийском регионе, является анализ палеоаналогов – этапов развития моря в различные геологические периоды, в первую очередь в голоцене. На данный момент получены обширные материалы по палеогеографии Каспийского моря, при этом, в понимании его голоценовой истории остается много неясного. Если для значительных по размерам и геоморфологическим проявлениям трансгрессий позднего плейстоцена в последние годы получены детальные реконструкции, разработаны надежные хронологии, то для развивавшейся в голоцене

новокаспийской трансгрессии эти вопросы остаются нерешенными. О масштабах, возрасте и глубине регрессий этого периода известно еще меньше. В докладе будет представлен обзор современного состояния изученности голоценовой истории Каспийского моря и результаты работ на дагестанском побережье, где в рамках проекта была исследована серия разрезов, отражающих наиболее значимые палеогеографические события.

Панин А.В.

Позднеголоценовая динамика дельты Дона в контексте формирования античного поселения Танаис.

Греко-варварское поселение Танаис, основанное в начале III в. до н. э. на высоком северном берегу нынешней донской дельты и существовавшее до конца V в. н. э., на рубеже эр описано Страбоном как портовый город, лежащий на реке и на озере. Сейчас остатки Танаиса выходят на Мертвый Донец, отмирающий рукав донской дельты, в 7–8 км от ее морского края, однако в период активного существования античного поселения гидрографическая обстановка была иной. Одни исследователи считают, что Танаис располагался на морском краю дельты, другие – уже на морском побережье.

Для прояснения ситуации выполнен комплексный анализ отложений (литология, валовая химия, фауна моллюсков, радиоуглеродное датирование), вскрытых бурением в предполагаемой портовой зоне античного города. Получено, что в первые века н.э. Мертвый Донец был не менее чем в полтора раза шире и глубже современного, что позволяло ему выполнять функции главной транспортной магистрали. В III в. н.э. водность и скорости течения Мертвого Донца стали убывать, рукав начал заиливаться. Причиной послужило, по-видимому, перераспределение стока в пользу рукавов центральной и южной частей дельты. Бурение и датирование отложений внешнего края дельты Доны показали, что в створе Танаиса морской край дельты находился в промежутке V–III тыс. до н. э., а во времена послеполемоновского Танаиса во II–III вв. н. э. – уже в 5–6 км ниже по течению. В момент основания в III в. до н.э. Танаис располагался 3–5 км от устья. Основание портового поселения внутри дельтового рукава, а не на побережье, было связано с необходимостью укрытия от разрушительных морских штормов.

Таким образом, если общие размеры дельты за последние 2 тысячи лет изменились немного, то ее гидрографическая структура претерпела значительные изменения: основные объемы водного стока, а вместе с ними и транспортные пути, переместились из северной половины дельты в южную. Выполненная реконструкция иллюстрирует адаптацию бытовой и хозяйственной активности к высокодинамичным природным обстановкам, характерным для речных дельт.

Александровский А.Л., Юртаев А.А. Панин А.В.

Изменения педогенеза арктической и бореальной зон в голоцене.

Термический максимум голоцена на территории Западной Сибири в пределах арктической и бореальной зон проявился асинхронно. На севере, на островах и побережье Карского моря, по результатам исследования почв и торфяников данный максимум был наиболее ранним. Интенсивное формирование торфяников началось здесь в аллерёде, и без перерыва продолжалось в позднем дриасе и пребореале. Позже в связи с голоценовой трансгрессией и затоплением шельфа, охлаждающее воздействие океана вызвало снижение летних температур и смену тундровых условий на арктические тундры. Южнее, на переходе от лесотундровой зоны к таежному термическому максимуму был позже, в раннем голоцене. Формируются горизонты Bt, свидетельствующие о теплом и влажном климате. В среднем голоцене начинается этап прохладного климата, появляется

ооидная криогенная агрегация в верхней части профиля. На юге лесной зоны и в лесостепи (Васюганье) максимум развития торфяников относится к периоду увлажнения климата в последние 4000 лет. В южной тайге в пределах Восточно-Европейской равнины, в условиях потепления климата первой половины голоцена в дренированных условиях происходило прогрессивное увеличение мощности темногомусовых горизонтов АU и накопление в них органического вещества. При этом в пределах заболоченных территорий (ветландов) накопление ОВ еще было заторможено. В условиях похолодания второй половины голоцена шла активная деградация горизонта АU с потерей почвами ОВ, накопленного ранее, а в пределах ветландов накопление ОВ максимально усилилось, именно в это время здесь развились мощные обширные торфяники. Особенно контрастно эти различия проявились в Западной Сибири.

Попова Е.Н., Попов И.О.

Создание базы данных по распространению видов фитопаразитических нематод-вирусоносителей рода *Longidorus* на территории России и соседних государств

Нематоды рода *Longidorus* Micoletzky, 1922 относятся к семейству *Longidoridae* и являются одними из наиболее опасных вредителей сельскохозяйственных и декоративных растений. Они поселяются в ризосфере различных видов растений-хозяев и наносят им значительный ущерб как непосредственно – прокалывая отдельные клетки неодревесневших корней, преимущественно в зоне их активного роста, так и косвенно – благодаря способности отдельных видов переносить ряд фитопатогенных вирусов от больных растений к здоровым. В ходе исследования были собраны сведения по распространению и экологическим особенностям 26 видов данного рода на территории России и соседних государств за период с 1925 г. по 2024 г. Характер собранной информации представляет собой перечень обнаруженных видов фитопаразитических нематод-вирусоносителей рода *Longidorus* с указанием мест обнаружения каждого вида, видов растений-хозяев, на которых он был обнаружен, типов почв в районе обнаружения, а также ссылки на источник и год опубликования (обнаружения). Эти данные позволяют оценить произошедшие за последнее столетие изменения территорий распространения нематод-лонгидорид, а информация о растениях-хозяевах и типах почв, служащих средой обитания и жизнедеятельности исследуемых фитопатогенных нематод, необходима для моделирования экологических ниш и ареалов этих видов, а также для оценки их потенциальных изменений в XXI веке относительно XX века. Полученные сведения были собраны в электронную таблицу и зарегистрированы в Государственном реестре баз данных.

Зазовская Э.П., Турчинская С.М., Мергелов Н.С., Шишков В.А., Почикалов А.В., Долгих А.В.

Событие или возраст источника углерода? Какие фракции органического вещества являются наиболее репрезентативными при датировании палеоархивов

Реконструкция палеоландшафтов и условий окружающей среды с высоким временным разрешением невозможна без использования данных полученных с применением современных инструментальных методов. Одним из наиболее распространённых методов датирования в палеогеографии для последних 55000 лет является радиоуглеродный метод.

Современные возможности ^{14}C AMS (как самих измерений, так и предварительной подготовки образцов – выделения датирующих фракций, получение графита) позволяют датировать разнообразные палеообъекты, для которых до последнего времени получение дат было затруднено: с ультранизким содержанием органического углерода или образцы микроскопического размера;

богатые органическим и минеральным углеродом, но представленным разновозрастными пулами углерода и т.д.

Однако, при получении дат для таких объектов встает вопрос - как мы можем интерпретировать такие данные? Является ли, например, корректной дата, полученная из образца с содержанием углерода меньше 0,5%? Какие дополнительные геохимические маркеры мы можем использовать чтобы быть уверенным, что полученная дата датирует нужное нам событие? При датировании архивов, представленных разновозрастными пулами ОВ разного генезиса (палеопочвы, болотные керны, седименты разного происхождения) - какая датирующая фракция предпочтительнее?

В докладе будут рассмотрены как исследования, начатые в рамках текущего проекта, так и проведен обзор современных подходов к радиоуглеродному датированию и интерпретации данных с использованием дополнительных геохимических показателей и биомаркеров.

Федоров А.Н.

Анализ изменений климата и мерзлоты Арктики и Субарктики Якутии за последние 50-60 лет

За последние 50-60 лет произошли большие климатические изменения в мире. Переход от стабильных климатических условий к современному потеплению достаточно сильно отразился на мерзлотных ландшафтах и инфраструктуру холодных регионов. Арктические и субарктические ландшафты своеобразно реагировали на эти изменения. Нами была поставлена цель оценить уровень климатических и мерзлотных изменений в это переходное время. Через изменчивость средней годовой температуры воздуха, индексов протаивания и промерзания, осадков нами проанализированы пространственно-временные закономерности изменения климата в периоды до потепления, пред потепления и современного потепления. Были установлены особенности реакции разных ландшафтных регионов в эти периоды. Наши наблюдения за динамикой мерзлотных ландшафтов подтвердили, что наиболее сильное влияние на мерзлоту началось с 2005 г. Повышение температуры мерзлоты, увеличение мощности активного слоя и развитие криогенных процессов являются прямым влиянием глобального потепления климата. Результаты проведенных исследований являются информационной базой для дальнейшего изучения влияния глобального потепления климата на мерзлоту и проведения природоохранных исследований по адаптации социально-экономических условий севера Якутии к новым климатическим условиям.

Чернокульский А.В.

Выявление и систематизация основных климатических рисков для различных отраслей хозяйства

Обсуждаются подходы к оценке климатических рисков. Выявлены и систематизированы основные климатические риски в таких отраслях хозяйства, как энергетика (отдельно для разных видов генерации и передачи электроэнергии) и лесное хозяйство (в т.ч., рассмотрены риски, вызываемые биотическими и абиотическими воздействиями). Выделены ключевые риски, включая экстремальные (острые) и систематические (хронические) и предложены показатели для оценки факторов риска части опасности, подверженности и уязвимости. Сделаны количественные оценки факторов риска по данным наземных и спутниковых наблюдений и данных реанализа для России для последних десятилетий. Абсолютные значения переведены в балльные категории для последующей оценки риска.

Бокучава Д. Д., Иванов В.А., Кузьменкова Н.В., Голосов В.Н.

Аналитический обзор исследований на тему эрозионной активности дождевых осадков для современного периода

Эрозионные процессы, в частности эрозионный индекс дождевых осадков (R-фактор в универсальном уравнении почвенной эрозии), является одним из наиболее изменчивых факторов эрозии почв во всем мире. В рамках проведенной работы была выполнена дифференциация отличий формулы расчёта R-фактора в зависимости от климатических особенностей разных стран по классификации климатов Кёппена-Гейгера. Особое внимание уделяется территории России, где обширная географическая протяженность формирует уникальные проблемы, связанные с заметными региональными различиями в особенностях выпадения эрозионно-опасных осадков в результате климатических изменений.

Также была рассмотрена эволюция методов расчета эрозионного индекса осадков при переходе от традиционных данных, полученных на основе анализа плювиограмм, к современным спутниковым данным и продуктам реанализа. В результате была собрана база данных, содержащая различные массивы климатических характеристик, используемых научным сообществом для расчета R-фактора на текущий период времени. Проведенный анализ подчеркивает необходимость тщательной оценки качества современных массивов данных для точной региональной оценки, особенно с учетом текущего дефицита данных измерений интенсивности осадков на территории России.

Еременко Е.А., Харченко С.В., Шереметьев И.А., Голосов В.Н.

Влияние динамики посевных площадей аграрных регионов России на изменение почвозащитных коэффициентов талого и дождевого стока в последнее десятилетие

Тип возделываемых сельскохозяйственных культур оказывает значимое влияние на коэффициенты стока на пашне и в целом темпы эрозии почв. За последние 10 лет спектр культурных растений, высеваемых в аграрных регионах РФ, претерпел изменения, как и площади пахотных угодий в отдельных субъектах. Целью исследования являлись инвентаризация сведений о площади пашни в основных земледельческих регионах, оценка динамики посевных площадей всех групп сельскохозяйственных культур и выявление трендов изменения коэффициентов талого и дождевого стока на пашнях за период с 2014 по 2023 гг. Установлено, что за анализируемый период площадь пашни: 1) возросла в шести субъектах (в т.ч. в Иркутской области – на 30%; Еврейской автономной области – на 15,5%) 2) сократилась в 21 субъекте РФ (в т.ч., в Тюменской области, Республиках Тыве и Марий Эл – на 20-35%). Для выявления географических закономерностей изменения посевных площадей каждой из групп культур (густопокровных озимых, густопокровных яровых, низкостебельных пропашных, высокостебельных пропашных, многолетних трав) выполнена многомерная кластеризация, по результатам которой выделены четыре группы муниципальных районов, различных по характеру динамики посевных площадей, и составлена соответствующая карта. Установлено, что динамика посевных площадей очень изменчива внутри субъектов: соседние районы нередко демонстрируют противоположные тренды в изменении площадей посевов одних и тех же культур. За последнее десятилетие площадь посевов густопокровных озимых возросла: на северо-востоке Ростовской области, в Краснодарском крае, в северной и южной частях Волгоградской области, в Орловской, Курской и Саратовской областях, снизилась – в отдельных районах Брянской, Рязанской, Оренбургской, Челябинской и Новосибирской областей, Республике Чечне, Приморском крае. Площади посевов густопокровных яровых культур в южной части Европейской

территории России практически не изменились, а в субъектах Нечерноземья (Тульской, Нижегородской, Рязанской областях), Республике Татарстан, Амурской, Новосибирской и Кемеровской области установлено как значительное приращение занятой ими площади, так и, напротив, существенное ее сокращение (в соседних районах). Площади, занятые низкостебельными пропашными культурами в Европейской России наиболее существенно возросли в Краснодарском крае и Адыгее, Ростовской, Белгородской Воронежской областях и Ставропольском крае, в Алтайском крае, Амурской области и Приморском крае. Сокращение посевов локально отмечено в отдельных районах практически всех субъектов. Высокостебельные культуры в целом стали занимать в последнее десятилетие все большие площади пашни в Черноземье, Ростовской области и Алтайском крае.

Выполнен расчет коэффициентов талого и дождевого стока (для каждого года за рассматриваемый период), а также сопоставление полученных значений с предшествующими расчетами (с 1980 г.). Установлено, что изменение коэффициентов талого и дождевого стока в последние 10 лет не превысило 10% ни в одном из субъектов РФ. Изменение спектра возделываемых культур привело, в основном, к увеличению значений обоих коэффициентов, что указывает на потенциальное усиление темпов смыва. Сопоставляя тренды изменения коэффициентов стока за 2014-2021 гг. с характерными для периода 1980-2013 гг., можно отметить в целом замедление скорости их роста за последние 40 лет.

Константинов Е.А., Рудинская А.И., Чепурная А.А., Мазнева Е.А., Пономарева В.В., Сычев Н.В., Шухвостов Р.С.

Отложения малых озер и болот Европейской территории России как архивы палеоландшафтных, палеогидрологических и палеовулканических событий голоцена

Установлен возраст и причины резкого падение уровня озеро Неро (Ярославская область) в раннем голоцене. В интервале 16.5-11.5 тыс. л.н. уровень озера Неро мог превышать современные отметки на 1-2 м, а площадь озера была больше примерно в 2 раза. В интервале 11.5-10.6 тыс.л.н. произошло резкое падение уровня более чем на 5 м, которое было спровоцировано прорывом природной дамбы – крупного песчаного вала у северо-западной оконечности озера. Вместе с этим прорывом сформировалась современная гидрография верхнего течения реки Которосль.

В донных отложениях озера Погонова (Воронежская область) обнаружена одна из наиболее полных осадочных летописей позднеледниковья и голоцена для лесостепной зоны. Установлено, что озеро Погоново возникло в русловой ложбине около 15 тыс. л.н. после отмирания одного из рукавов позднеплейстоценового Палео-Дона. На основании спорово-пыльцевого анализа выявлено шесть стадий смены растительных сообществ на протяжении позднеледниковья и голоцена. Первые результаты диатомового анализа позволили дать оценку изменений относительной глубины и трофического статуса озера.

В торфянике Джилы-Су (Кабардино-Балкария) был выявлен крупный прослой тефры на глубине 100-130 см. Согласно результатам геохимических исследований тефра принадлежит эксплозивному извержению вулкана Эльбрус. На основе радиоуглеродных дат из вмещающего торфа возраст извержения оценивается в интервале 6270-6000 кал.л.н. Результаты исследования подтверждают предположение о крупном эксплозивном извержении Эльбруса в среднем голоцене и уточняют его возраст. Находки тефры этого извержения теперь могут служить надежным хроностратиграфическим маркером в голоценовых отложениях Северного Кавказа. Одна из таких находок сделана в керне озера Хорлакель, что позволило уточнить глубинно-возрастную модель донных отложений.

Результаты работы группы высокоразрешающих реконструкций за первый год проекта

В первый год проекта работа группы велась по четырем основным направлениям: (1) сбор дендрохронологических данных для территории России для их дальнейшего использования в пространственных реконструкциях и для моделирования прироста древесины, (2) сбор палеоклиматических данных для построения температурной реконструкции вдоль Северного морского пути, (3) программная реализация и совершенствование методов пространственной реконструкции на основе дендрохронологических данных и (4) датирование голоценовых морен ледников Северного Кавказа. В рамках первого направления были отобраны дендрохронологические образцы в четырех регионах: Хибины, Архангельская область, Магаданская область и п-ов Камчатка. Были построены новые древесно-кольцевые хронологии и увеличена репликация имевшихся, что поможет повысить качество климатических реконструкций на их основе. Максимальная длина новых хронологий составила 732 года. Важным результатом стал обнаруженный сильный отклик ($r=0.66$) на температуру лета в оптической плотности лиственницы с Камчатки. По второму направлению была собрана база данных палеоклиматических архивов для региона исследования, а также проанализированы имеющиеся архивы метеорологических наблюдений. По третьему направлению была создана программная реализация на языке Python метода поточечной регрессии с заполнением пропусков в рядах данных на основе байесовского вменения. Результаты по четвертому направлению будут представлены отдельным докладом.

Позднеголоценовая история ледника Шхельда, Северный Кавказ, по данным дистанционного зондирования, дендрохронологии и космогенного датирования морен

В данном докладе будут представлены результаты датирования морен ледника Шхельды, расположенного в долине р. Адыл-су в Приэльбрусье. Особенностью этого ледника является толстый слой моренного материала, расположенный на его поверхности. Есть две теории, объясняющие его происхождение: Динник считает, что этот бронирующий чехол появился из-за обвала в 1863 г., о котором ему рассказали местные жители, Ковалёв же придерживается мнения, что поверхностная морена формируется из слияния срединной и береговых морен. Для датирования конечных морен использовались карты, фотографии, данные дистанционного зондирования Земли, дендрохронологические данные и датирование космогенного изотопа бериллия (^{10}Be). Пространственно-временной анализ собранных данных и полученных датировок выявил следующую историю данного ледника. В настоящее время ледник Шхельда находится в стадии отступления, которая началась с 1920-х гг. В 1880-е–1910-е гг. ледник наступал, что не характерно для Северного Кавказа, так как в это время большинство ледников начало постепенно уменьшаться в размерах после достижения максимума в Малый ледниковый период. На левом берегу долины сохранились четыре конечные морены, которые указывают на стадии наступания или стационарного состояния ледника. Дендрохронологический метод не позволил определить различия во времени их формирования, так как наиболее старые деревья на всех этих моренах датируются серединой и второй половиной XIX века. В то же время по изотопу бериллия ^{10}Be мы получили четыре группы датировок для разных моренных валов: 0.16 ± 0.02 тыс. л.н., 0.5 ± 0.08 , 0.89 ± 0.21 и $1.4\text{--}1.6$ тыс. л.н. Несмотря на уникальность ледника Шхельды, состоящей в наличии мощной поверхностной морены, аналогичные датировки встречаются и на других ледниках Кавказа. На леднике Кашкаташ, расположенном в соседней

долине, есть морены синхронные с первыми тремя группами датировок. Наступания около 0.7–0.8 тыс. л.н. также наблюдались на ледниках Донгуз-Орун и Чалаати. Поверхность возрастом ~1,5 тыс. л.н. замыкает моренный комплекс в долине ледника Ирик.

Георгиади А.Г., Милюкова И.П., Нарыков А.Н., Морозова П.А., Бородин О.О.

Речной сток в бассейнах крупнейших рек и водохранилищ Европейской и Азиатской частей России в условиях глобального потепления

В последние годы получены определенные результаты сравнительного анализа изменений годового и сезонного речного стока в эпохи глобального потепления в геологическом прошлом, в период инструментальных наблюдений и в сценарных условиях будущего в XXI веке. Как правило, они касались замыкающих створов крупных рек [Георгиади и др., 2014, 2020; Георгиади, Милюкова, 2023]. Очевидна необходимость проведения таких исследований для водосборов крупных водохранилищ. Существенный интерес представляет также оценка стока экстремально маловодных и многоводных лет.

Исследования направлены на проведение сравнительного анализа климатических условий, годового, сезонного и экстремально низкого и высокого стока в бассейнах крупнейших рек и водохранилищ Европейской (бассейн Волги) и Азиатской частей России (бассейн Енисея) в геологическом прошлом (оптимум микулинского межледниковья ~125 тыс. лет назад и атлантический оптимум голоцена), в период современного и сценарного глобального потепления в XXI веке. В результате проведенных исследований будет подготовлена комплексная оценка особенностей изменений средних и экстремальных характеристик годового и сезонного стока в бассейнах крупнейших рек и водохранилищ Европейской и Азиатской частей России и их влияния на уровень водообеспеченности населения и водохозяйственной нагрузки в условиях глобального потепления, прежде всего, в период инструментальных наблюдений и в сценарных условиях в XXI веке.

Методы исследований включают в себя модель месячного водного баланса, разработанная в Институте географии РАН; метод среднего многолетнего годового водного баланса; метод оценки изменений стока в период современного потепления на основе многолетних данных наблюдений и модельных данных; методы усвоения результатов расчетов, выполненных в рамках программ SMIP6 и RMIIP-IV на ансамбле глобальных климатических моделей; метод оценки экстремальных характеристик речного стока.

Характеризуются исходные данные, подготовленные для проведения запланированных расчетов, результаты которых послужат основой для подготовки комплексной оценки особенностей изменений средних и экстремальных характеристик годового и сезонного стока в бассейнах крупнейших рек и водохранилищ Европейской (бассейн Волги) и Азиатской частей России (бассейн Енисея) в условиях глобального потепления, прежде всего, в период инструментальных наблюдений и в сценарных условиях в XXI веке.

Георгиади А.Г. Милюкова И.П., Барабанова Е.А., Нарыков А.Н.

Водохозяйственная нагрузка в бассейнах крупнейших рек и водохранилищ Европейской и Азиатской частей России в условиях глобального потепления

Основная цель исследований по проекту состоит в подготовке комплексной оценки особенностей изменений средних и экстремальных характеристик годового и сезонного стока в бассейнах крупнейших рек и водохранилищ Европейской и Азиатской частей России и их влияния на уровень водообеспеченности и водохозяйственной нагрузки в условиях глобального потепления, прежде всего, в период инструментальных наблюдений и в сценарных условиях в XXI веке.

Оценка водохозяйственной нагрузки на ресурсы речного стока основана на двух достаточно широко используемых показателях: индексе водно-экологической напряженности, с помощью которого оценивается доля стока, используемая в хозяйстве, то есть оценивается степень напряженности, связанная с количеством используемых ресурсов [Георгиади и др., 2021; Раткович и др., 2013; Smakhtin et al., 2004] и кратности разбавления сточных вод и загрязняющих веществ [Георгиади и др., 2021; Скорняков и др., 1999; Стоящева, 2020], которая может быть рассмотрена также и как косвенный показатель качества водных ресурсов. Расчет индексов проводится (с учетом экологического стока) не только для среднего многолетнего стока, но и стока 75 и 95% обеспеченности [Георгиади и др., 2021; Маркин, 2005]. Под экологическим стоком понимается минимальный экологически допустимый объем речного стока, необходимый водным экосистемам для сохранения состояния устойчивого функционирования [Владимиров, Имамов, 1994; Маркин, 2005; Фащевский, 1989; Smakhtin et al., 2004].

Для оценки обеспеченности регионов водными ресурсами речного стока используется их объем на душу населения. Для этого используется объем стока в средние по водности годы, в маловодные и многоводные годы с учетом экологического стока.

Методы оценок сценарных изменений объема водозабора и сброса сточных вод основаны на их вариантных сценариях, обусловленных ожидаемыми на уровне середины XXI века социально-экономическими трансформациями [Георгиади и др., 2014] или на основе их гипотетических сценариев.

Дана характеристика данных, подготовленных в 2024 г. для оценки водохозяйственной нагрузки и водообеспеченности населения в бассейнах исследуемых рек и водохранилищ водными ресурсами речного стока. Они включают в себя электронные архивы данных об актуальной и сценарной численности населения (для которых подготовлены также ГИС слои); экологического и свободного стока для средних многолетних условий; объемах водозабора и сброса сточных вод разной степени очистки для 1990 г. (год наибольшего забора воды и сброса сточных вод в реки и водоемы) и 2018-2022 гг. (современный уровень водозабора и сброса сточных вод). Для тех же объектов составлены электронные таблицы объемов сброса приоритетных загрязняющих веществ в 2018-2022 гг.

Матасов В.М., Дегтярев Д.А.

Рефлексия над подходами к историческому анализу функционирования социо-экологических систем

Изучение сложных систем взаимосвязи природы и общества, их ко-эволюции и ко-адаптации требует работы с разными моделями, подходами и исходными данными. Способов интеграции и дальнейшей репрезентации результатов такого анализа не так много, тем более что чаще, наоборот, происходит редукция до конвенциональных архетипов узких дисциплин и конкретных научных журналов. В докладе будут рассмотрены несколько примеров социо-экологических систем (их структуры, функционирования и эволюции), показаны типичные процедуры получения различных типов результатов. На основе чего мы попробуем обобщить эти элементы методологии и сформулировать ряд проблемных вопросов.

Так, будут представлены три примера. Первый посвящен вопросу сочетания разномасштабных географически распределенных факторов изменения пространственной структуры землепользования, смене ведущего фактора при смене масштаба, а также возможным драйверам изменений. Речь пойдет про Рязанскую губернию в 19в. и три масштабных уровня: дача – уезд – губерния.

Второй пример будет посвящен особенностям функционирования агроландшафта юга Рязанской области, анализу потоков энергии внутри системы в два разных исторических периода (19-21вв.). Третий пример перенесет нас в Тункинскую котловину и поставит вопросы об учете институциональных драйверов и поведения различных акторов/стейкхолдеров/интересантов в изменении как структуры, так и функционирования социо-экологической системы.

Куст Г.С., Лобковский В.А.

Анализ динамики состояния земель за 2001-2022 гг., оценка деградации земель и прогноз (на примере Рязанской и Тульской областей)

Представлены результаты оценки деградации земель Рязанской и Тульской областей за период 2001-2020 гг. Показана возможность применения методологии нейтрального баланса деградации земель для актуализации данных официальной статистики. Выявлена высокая зависимость трендов деградации земель от краткосрочных (в пределах 5-10 лет) изменений климата. Такие реакции (улучшения или ухудшения) могут быть очень контрастны, что требует учета при разработке мероприятий по адаптации.

Антонов Е.В.

Адаптация к современным климатическим изменениям в регионах России

В 2024 г. группа социально-экономических исследований проводила работы по разработке системы показателей эффективности адаптации природных и природно-антропогенных геосистем модельных регионов (сельскохозяйственных, лесных, горных и др.). Предложена система на основе принципа сопоставления реально наблюдаемых актуальных последствий с реализуемыми мероприятиями, набор которых и результативность оценивается на основе отчетов регионов о реализации (в рамках региональных планов адаптации) и по результатам полевых наблюдений.

Пошаговый алгоритм оценки эффективности адаптации состоит из трех этапов:

1. На примере модельных регионов выделяются ключевые последствия от изменения климата для экономики, населения и природно-антропогенных геосистем.

2. Выявляются существующие практики по адаптации к изменению климата в регионе.

3. Производится оценка адекватности реализуемых практик по адаптации к реально проявляемым последствиям от изменения климата.

Апробация предложенной системы оценки эффективности адаптации в 2024 году проведена на примере нескольких регионов России, где были проведены полевые исследования (Республика Дагестан, Вологодская область, Ханты-Мансийский автономный округ).

Таблица 1. Фрагмент (пример) таблицы для оценки эффективности адаптации к изменениям климата в модельных регионах

Выявленное последствие	Отражение в нормативно-правовых актах региона	Осознание значимости ответственными лицами в регионах	Осуществляемые мероприятия по адаптации к последствиям	
			со стороны органов государственного управления	со стороны хозяйствующих субъектов
Сокращение периода заготовки древесины зимой (Вологодская обл.)	не отражено	на периферии внимания	выдача справок для урегулирования убытков и продления сроков разрешенной деятельности	смещение сроков осуществления деятельности, интенсификация труда
Несоответствие периода отопительного сезона реальному периоду потребности в отоплении (Вологодская обл.)	не отражено	формальные меры	не реализуются	модернизация оборудования
Функционирование морских портов в связи с изменением уровня Каспия (Республика Дагестан)	отражено	в фокусе внимания	инициация НИР по проблемам уровня Каспия, проведение экспертных обсуждений	подготовка проектных решений реконструкции инфраструктуры под прогнозы
Опустынивание и деградация с/х угодий в северных равнинных районах Республики Дагестан	отражено	в фокусе внимания	разработка программы адаптационных мероприятий на уровне региона, экспертные обсуждения	фитолесомелиорация, создание артезианских скважин (в рамках софинансирования со стороны государства)

Клименко В.В.

Развитие энергетики России в условиях декарбонизации отечественной экономики и проявления глобальных изменений климата на территории страны

Уточнены сценарии антропогенного воздействия на глобальную климатическую систему, сделаны оценки изменения средней глобальной температуры в результате реализации этих сценариев.

Выполнен анализ уязвимости различных отраслей энергетики России (электроэнергетика – ТЭС, ГЭС, АЭС, ВИЭ; ЛЭП; системы теплоснабжения и кондиционирования) к наблюдающимся и ожидаемым изменениям климата на территории России. С использованием авторских моделей функционирования различных объектов и систем энергетического комплекса России выявлен набор климатических показателей, определяющих надежность и эффективность функционирования энергетических систем. Показано, что определяющими климатическими факторами для энергетической и экологической (в отношении выбросов парниковых газов) эффективности являются среднегодовые значения температуры воздуха, количества осадков и скорости ветра, а для надежности энергосистем – экстремальные значения этих характеристик. В целом для национальной энергетики изменения климата на территории страны имеют существенно положительный эффект, связанный в основном со снижением энергопотребления на отопление. Однако в южных районах европейской России возможно сочетание негативных факторов, ведущее к дефициту энергетических мощностей.

Исследованы возможности достижения климатической нейтральности в экономике России. Определен потенциал снижения углеродоемкости энергетики России. Показано, что основными факторами, влияющими на снижение выбросов парниковых газов в ТЭК России, являются повышение энергоэффективности экономики России, развитие безуглеродных источников энергии (АЭС, ГЭС и ВИЭ), а также снижение потребности в отоплении в результате климатических изменений.

Современные изменения климата на территории России, включая акваторию Российской Арктики, и связанные с ними последствия для жизнедеятельности населения

Результаты анализа особенностей пространственного распределения трендов изменений температур воздуха на территории России по данным метеосети показали, что зимнее потепление, ярче всего проявившееся на севере и западе, было наиболее сильным среди всех сезонов за последние тридцать лет. Наибольшие темпы роста температуры летом наблюдались в северных и южных регионах европейской территории России (ЕТР), а также на севере Восточной Сибири. Установлено, что характеристики режима атмосферных осадков отличаются большей пространственной разнонаправленностью тенденций изменений и сезонными различиями. Наибольшее увеличение количества осадков наблюдалось зимой на ЕТР и Дальнем Востоке, уменьшение – летом на юге ЕТР и Восточной Сибири. Обнаружена хорошая согласованность данных реанализа ERA5 с данными метеостанций по температуре, и занижение значений трендов сезонных сумм осадков, повторяемости экстремально высоких осадков и повторяемости дней с осадками. На примере Большого Кавказа показано, что данные реанализа ERA5 и наиболее современных климатических моделей проекта CMIP6 могут быть использованы для оценки основных климатических параметров и фоновой лавинной опасности по крупному горному региону.

С использованием универсального термического климатического индекса обнаружено, что менее благоприятные с точки зрения теплового воздействия на человека условия как зимой, так и летом наблюдаются на азиатской территории России (АТР) по сравнению с ЕТР. Выявлено, что зимой с начала текущего столетия на ЕТР наблюдались в основном условия сильного холодого стресса, а очень сильный холодого стресс проявился только на северо-востоке территории. В то время, как на АТР преобладали условия с очень сильным холодого стрессом, переходящие в экстремальный холодого стресс на Арктическом побережье Сибири. Показано, что летом в тот же период на большей части территории России отсутствовал тепловой стресс, а севернее 65° с.ш. отмечались условия слабого и умеренного холодого стресса.

Результаты анализа спутниковых данных концентрации морских льдов показали, что в морях Российской Арктики за последние сорок лет наблюдалась пространственно-временная неравномерность сокращения ледового покрова. Лед отступал более быстрыми темпами в Баренцевом море и медленнее в море Лаптевых, а также в Восточно-Сибирском море. Условия с практически круглогодичной безледной навигацией в Баренцевом море являются характерной особенностью начала текущего столетия. Продолжительность периода открытой воды в остальных окраинных морях Российской Арктики за 20 лет текущего столетия по сравнению с предшествующим двадцатилетием значимо увеличилась на 1-1.5 месяца. В целом улучшение условий добычи природных ресурсов в регионе Российской Арктики и транспортировки по Севморпути, наблюдаемое в совокупности с сокращением ледового покрова в конце XX-го – начале XXI вв., может рассматриваться как одно из положительных последствий изменений климата для экономики России.

Шварц Е.А. Птичников А.В., Романовская А.А., Коротков Н.В., Байбар А.С.

Роль лесов в достижении углеродной нейтральности России к 2060 году

Доклад посвящен оценке роли управляемых лесных экосистем в достижении углеродной нейтральности Российской Федерации, с учетом данных о балансе парниковых газов, опубликованных в Национальном кадастре парниковых газов в

ноябре 2024. Целью исследования является обсуждение новой траектории достижения углеродной нейтральности РФ с учетом последних данных о поглощении в секторе «Землепользование, изменение в землепользовании и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ (LULUCF)), то есть в *управляемых лесах*, а также разработка предложений по совершенствованию управления лесами для достижения углеродной нейтральности.

Представлены новые варианты сценария достижения углеродной нейтральности РФ, с учетом существенного увеличения роли ЗИЗЛХ в поглощении. Анализируются изменения во второй версии операционного плана Стратегии низкоуглеродного развития РФ (СНУР), сделан вывод об улучшении ее содержания в разделе по повышению поглощений в секторе ЗИЗЛХ.

Сформулированы предложения по развитию национальной лесной политики с целью увеличения секвестрации углерода лесами.

Птичников А.В.

Роль климатических проектов в реализации Стратегии низкоуглеродного развития (по результатам Кадастра парниковых газов 2024)

В опубликованном в ноябре 2024 г. Национальном кадастре парниковых газов РФ (Нацкадастр 2024) существенно пересмотрены оценки нетто-поглощения в Нацкадастре 2021 (по состоянию на 2019 г), которые послужили основой для разработки Стратегии низкоуглеродного развития РФ до 2050 г. Нетто-поглощение в ЗИЗЛХ выросло с 550 до 1081 млн т CO₂ экв в год или почти в 2 раза, что связано с использованием результатов проекта ВИП ГЗ «Российская система климатического мониторинга». В этой связи потребуется переоценка роли климатических проектов в достижении углеродной нейтральности РФ. В результате применения разработанных нами углеродно-экономических моделей показано, что экономически обоснованный потенциал получения углеродных единиц в основных типах климатических проектов на землях хозяйствующих субъектов (агрохолдингов, лесных холдингов) не превышает 130-140 млн т CO₂ экв в год к 2050 г (при условии одновременного развертывания проектов в 2025 г), а максимальный потенциал не превышает 200 млн т CO₂ экв в год. В этой связи требуется пересмотр траектории достижения углеродной нейтральности РФ, особенно с учетом данных о снижениях нетто-поглощения в лесах к 2050 г по сравнению с 2025 г.

Торопов П.А., Сушинцев И.М., Дроздов Е.Д.

Предварительная оценка отклика теплового баланса на изменение площади оледенения в основных горно-ледниковых районах мира

В современных моделях земной системы (здесь и далее - МЗС) огромные площади льда и снега в горных районах и на архипелагах Арктики остаются неучтенными из-за грубого шага сетки. При этом активное развитие МЗС, в особенности блоков деятельного слоя, а также проблема оценки изменения уровня Мирового океана за счет ледниковой составляющей стока [Huss M., Hock R, 2015] мотивирует развивать алгоритмы, адекватно параметризующие горное оледенение. Одна из целей проекта – добавить описание горного оледенения в отечественную МЗС INMLM хотя бы на уровне отдельного типа землепользования, и оценить чувствительность регионального и глобального климата. На данном этапе создана база горного оледенения на основе архивов Randolph Glacier Inventory [<https://www.glims.org/RGI>] и Каталога ледников России [Хромова и др., 2019], которая будет использоваться блоком деятельного слоя суши Term [Степаненко и др., 2024]. Реализованы тестовые численные эксперименты для 2009 года на основе данных реанализа ERA5. Показано, что учет горного

оледенения дает изменение теплового баланса на площадях около 1 млн км² на 10–12 Вт/м² по северо-американскому и тибетско-гималайскому горно-ледниковым районам. Происходит это за счет увеличения альbedo подстилающей поверхности (в среднем на 5%, а на масштабе отдельных ячеек до 25%), а также увеличения затрат тепла на таяние в летние месяцы за счет роста турбулентного теплообмена (в среднем по горно-ледниковым регионам на 1.5 – 2 Вт/м²). Формулируется физически обоснованное предположение, что такие различия могут быть климатически значимыми. В частности, в ряде работ (например, [Jin L. et al., 2005]) демонстрируется эффект влияния изменения площади снега и льда в тибетско-гималайском районе на крупномасштабную муссонную циркуляцию. В перспективе планируется провести эксперименты не только с моделью деятельного слоя суши, но и с полной отечественной МЗС INMLM 6.0 с учетом горного оледенения.

Список литературы

Хромова Т. Е. и др. Новый Каталог ледников России по спутниковым данным (2016–2019 гг.) //Лёд и снег. – 2021. – Т. 61. – №. 3. – С. 341-358.

<https://www.glims.org/RGI/>
www.glacru.ru

Jin L. et al. Impacts of snow and glaciers over Tibetan Plateau on Holocene climate change: Sensitivity experiments with a coupled model of intermediate complexity //Geophysical Research Letters. – 2005. – Т. 32. – №. 17.

Huss M., Hock R. A new model for global glacier change and sea-level rise //Frontiers in Earth Science. – 2015. – Т. 3. – С. 54.

Stepanenko V.M., Medvedev A.I., Bogomolov V.Yu, et al. Land surface scheme TerM: the model formulation, code architecture and applications//Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 2024. - Vol.39. - № 6. - P. 363-377.
<https://doi.org/10.1515/rnam-2024-0031>.

Володин Е.М.

Модель климата ИВМ РАН

Рассматривается модель климатической системы ИВМ РАН, которая состоит из блоков динамики атмосферы, динамики океана и морского льда, аэрозольного блока, блока параметризации процессов на поверхности суши и в почве. С моделью проводятся климатические эксперименты: воспроизведение изменений климата последних столетий, оценка вероятных изменений климата в 21 веке, воспроизведение климата прошлого. Приводится обзор результатов основных численных экспериментов по воспроизведению климатов прошлого. Более подробно рассматривается климат оптимума голоцена и воспроизведение реакции климата на крупные вулканические события, в результате которых вулканический аэрозоль оказывается в стратосфере.

Морозова П.А.

Воспроизведение климата последнего тысячелетия различными версиями климатической модели ИВМ РАН

Рассмотрено моделирование климата прошлого тысячелетия с использованием двух версий климатической модели, разработанной в ИВМ РАН: INM-CM48 (участвовавшей в СМIP6) и новой версией INM-CM6. Воспроизведение климата последнего тысячелетия проводилось в соответствии с протоколом СМIP6 для эксперимента past1000 и учитывало изменение следующих граничных условий и внешних воздействий: значений орбитальных параметров Земли и солнечной постоянной; содержание парниковых газов, вулканический форсинг [Jungclaus et

al., 2017]. Новая версия модели отличается от предыдущей изменением расчетной схемы облачности и конденсации, что приводит к большей чувствительности к росту концентрации углекислого газа. Изменения включены также в расчеты эволюции аэрозолей, снежного покрова, параметризации пограничного слоя атмосферы и других блоков. Сравнение результатов моделирования с данными наблюдений и реконструкций показывает, что новая версия модели воспроизводит температурную реакцию на крупные вулканические события гораздо реалистичнее, чем предыдущая, особенно при извержении вулканов в высоких широтах Северного полушария. Обе версии модели не воспроизводят потепление Средних веков и похолодание Малого ледникового периода. По всей видимости, внешних воздействий, задаваемых в рамках эксперимента past1000 недостаточно для формирования отклика климатической системы, в то время как в рамках эксперимента historical (климат 1850-2014 гг.) обе версии успешно (близко к наблюдаемым значениям) воспроизводят изменение температуры в XX в. в соответствии с заданными внешними воздействиями.

Список литературы

Jungclaus J. H. et al. The PMIP4 contribution to CMIP6–Part 3: The last millennium, scientific objective, and experimental design for the PMIP4 past1000 simulations //Geoscientific Model Development. – 2017. – Т. 10. – №. 11. – С. 4005-4033.

Медведев А.И., Рязанова А.А., Степаненко В.М.

Воспроизведение водного стока рек средней полосы и Севера ЕТР в условиях современного климата моделью деятельного слоя суши ИВМ РАН-МГУ

Численная физико-математическая модель деятельного слоя суши ИВМ РАН-МГУ (TerM) [Stepanenko et al., 2024] предназначена для расчета пространственно-временной изменчивости потоков тепла, влаги, углерода и азота в деятельном слое суши, а также речного стока. Стандартное разрешение сетки модели по горизонтали – $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$, шаг по времени (1-2 ч) позволяет явно разрешать суточную изменчивость потоков. Модель может быть использована для выполнения расчетов по всему Земному шару, в выбранных регионах, а также в произвольных точках, в климатических условиях настоящего, прошлого и будущего. Для воспроизведения речного стока на тестовых водосборах р. Ока и р. Вычегда при современном климате была использована конфигурация модели, адаптированная для гидрологических расчетов на Европейской территории России. Дополнения включают в себя усовершенствованную модель снежного покрова с учетом повторного замерзания талой воды, параметризации подсеточной изменчивости снегозапасов и инфильтрационной емкости почв, параметризации влияния льдистости почвы на гидрофизические процессы в мерзлой почве, уточнения морфометрических параметров речных русел, предложенные для Европейской территории России. Версия модели была ранее апробирована на водосборах р. Северная Двина и р. Печора и показала приемлемое качество моделирования нормы стока и объема стока весеннего половодья. Для оценки качества воспроизведения речного стока на тестовых водосборах в условиях современного климата выполнялись расчеты на период 2000-2020 гг. В качестве источника входных данных о динамике приземной атмосферы использовался реанализ ERA5. Поля внешних параметров модели задавались с помощью системы препроцессинга TerMPS [Рязанова и др., 2024]. Оценка качества воспроизведения современного стока выполнялась для величины суточного расхода воды в замыкающих створах водосборов за период 2008-2020 гг. По результатам сравнения данных наблюдений и моделирования, годовая норма стока за период 2008-2020 гг. для р. Ока по данным наблюдений составила 134 мм, по данным

моделирования – 160 мм (ошибка 26 мм); для р. Вычегда: по данным наблюдений – 345 мм, по данным моделирования – 348 мм (ошибка 2 мм). Ошибка в норме стоке оказывается невелика по сравнению с годовой суммой осадков на данных территориях, составляющей около 500-600 мм, что свидетельствует о приемлемой для моделей деятельного слоя суши точности воспроизведения водного баланса.

Список литературы

Stepanenko V.M., Medvedev A.I., Bogomolov V.Yu, et al. Land surface scheme TerM: the model formulation, code architecture and applications//Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling, 2024. - Vol.39. - № 6. - P. 363-377. <https://doi.org/10.1515/rnam-2024-0031>.

А. А. Рязанова, В. Ю. Богомолов, В. М. Степаненко, М. И. Варенцов, А. И. Медведев. TerMPS: программное обеспечение для подготовки данных о параметрах поверхности суши, используемых в моделях деятельного слоя суши и моделях Земной системы. Вычислительные методы и программирование, (Special issue(83)):11–29, 2024. <http://dx.doi.org/10.26089/nummet.2024s02>

Торопов П.А., Корнева И.А., Олейников А.Д., Варенцова Н.Е., Коваленко Н.В.

Оценка повторяемости лавиноопасных зим на Кавказе в конце XXI века на основе результатов моделей СМIP6

Реализован прогноз фоновой лавинной опасности на Кавказе в конце XXI века по результатам моделей земной системы (МЗС) СМIP6 на базе климатического лавинно-индикационного критерия, разработанного в МГУ. Предварительно выполнена оценка качества воспроизведения МЗС климатических условий Кавказа в зимний сезон в условиях современного климата. Отобраны лучшие модели, для которых средняя ошибка температуры составляет -0.6 °С, осадков 10% от сезонной суммы. По данным этих моделей к концу XXI века средняя зимняя температура на Кавказе будет на $4...6$ °С выше современной. Сезонная сумма осадков увеличится в среднем на 25%. При этом повторяемость сезонов с экстремальным увлажнением (месячной суммой осадков более 100 мм) увеличится в 2-3 раза. Несмотря на сильное потепление, повторяемость экстремальной лавинной опасности останется близкой к современной (12-14%). Однако анализ внутрисезонной изменчивости осадков показал, что сезонный максимум в конце XXI века смещается на март, в то время как экстремально опасные лавинные зимы обычно характеризуются январским максимумом осадков при отрицательной аномалии температуры. Также и анализ результатов экспериментов с моделью снежного покрова SNOWPACK показывает, что несмотря на положительную аномалию осадков и сохранение отрицательного фона температуры в высокогорных районах, наиболее типичной ситуацией к концу XXI века будет формирование однородной снежной толщи с низкой плотностью, либо обводненного снежного покрова. Эти ситуации в целом не являются лавиноопасными. Поэтому фоновый прогноз лавинной опасности на 2071 – 2100 гг. по Кавказу сформулирован следующим образом: существенное снижение повторяемости наиболее разрушительных крупных лавин из сухого снега и тенденция к увеличению числа менее опасных лавин из рыхлого и мокрого снега.