



**РЕЗОЛЮЦИЯ**  
ПО ИТОГАМ НАУЧНЫХ ДЕБАТОВ

**КАКОЙ ДОЛЖНА БЫТЬ  
НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА  
ПУЛОВ УГЛЕРОДА И ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ  
В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РОССИИ?**

МОСКВА  
9 НОЯБРЯ 2023

9 ноября 2023 г. состоялись научные дебаты «**Какой должна быть национальная система мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России**». Инициаторами Научных дебатов выступили Научный совет Российской академии наук по лесу и Научный совет Российской академии наук по почвоведению, а организатором – Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук.

**Цель дебатов** – обсуждение национальной системы мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России.

В работе приняли участие члены консорциума «РИТМ углерода», представители научных и образовательных организаций, органов государственной власти и бизнеса. В ходе дебатов обсудили следующие доклады:

**Лукина Наталья Васильевна** – НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПУЛОВ УГЛЕРОДА И ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РОССИИ

**Красильников Павел Владимирович** – МОНИТОРИНГ ПУЛОВ УГЛЕРОДА И ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РОССИИ

**Алексеев Андрей Олегович** – ПОЧВЕННЫЕ КАРБОНАТЫ – СТОК И ИСТОЧНИК УГЛЕКИСЛОТЫ, РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ПОВЕДЕНИЯ КАРБОНАТОВ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-АТМОСФЕРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

**Барталев Сергей Александрович** – РОЛЬ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИЗ КОСМОСА В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА БЮДЖЕТА УГЛЕРОДА НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ РОССИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ

**Ершов Дмитрий Владимирович** – НАЦИОНАЛЬНАЯ СЕТЬ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ ОЦЕНКИ ПУЛОВ УГЛЕРОДА В РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВАХ КАК ОСНОВА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БЮДЖЕТА УГЛЕРОДА НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ РОССИИ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ, ТИПЫ ПОЛИГОНОВ, ОСОБЕННОСТИ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НА ПОЛИГОНАХ ИНТЕНСИВНОГО УРОВНЯ

**Гаврилюк Егор Александрович** – ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ НАЗЕМНЫХ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ДЛЯ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ В РАМКАХ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

**Тихонова Елена Владимировна** – ПОДХОДЫ К ТИПОЛОГИИ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ В НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ПУЛОВ УГЛЕРОДА И ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

**Козлов Даниил Николаевич** – ПОЧВЕННЫЙ УГЛЕРОД В АГРОЭКОСИСТЕМАХ КАК ПРЕДМЕТ МОНИТОРИНГА

**Курганова Ирина Николаевна** – ПЕРВАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ СЕТЬ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ЭМИССИЕЙ CO<sub>2</sub> ИЗ ПОЧВ РОССИИ

**Курбатова Юлия Александровна** – ЮЖНО-ВАЛДАЙСКАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ ИПЭЭ РАН: ПРОТОТИП ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ МОНИТОРИНГА ПОТОКОВ И ПУЛОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

**Замолодчиков Дмитрий Геннадьевич** – ОПТИМАЛЬНЫЙ ВКЛАД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПОЛЕВЫХ, ДИСТАНЦИОННЫХ И МОДЕЛЬНЫХ ПОДХОДОВ В СИСТЕМУ МОНИТОРИНГА УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА НАЦИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ

**Шанин Владимир Николаевич** – ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПУЛОВ УГЛЕРОДА И ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ОСНОВНЫХ ТИПАХ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ РОССИИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

**Суховольский Владислав Григорьевич** – КАК УЧЕСТЬ ВЛИЯНИЕ ВСПЫШЕК МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ НАСЕКОМЫХ В НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

**Алексеев Александр Сергеевич** – ЛЕСОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ, МОНИТОРИНГ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРОБЛЕМА ИНТЕГРАЦИИ В ЕДИНУЮ НАЦИОНАЛЬНУЮ СИСТЕМУ МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РОССИИ

Реализация Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. (далее – Стратегия) предполагает рост

поглощения до 1200 млн. тонн CO<sub>2</sub>-эквивалента углекислого газа в лесном хозяйстве. Для получения достоверной информации о реализации Стратегии Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.10.22 г. № 3240-р утверждены важнейший инновационный проект государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» и план мероприятий по реализации его первого этапа (2022-2024 гг.).

Решением совета по реализации Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021-2030 гг. создан научный консорциум «Российские инновационные технологии мониторинга углерода» – «РИТМ углерода» (далее – Консорциум-4, ritm-c.ru), который стал одним из шести научно-образовательных центров (консорциумов), созданных в Российской Федерации для исследования изменения климата. В состав указанного консорциума вошли 18 научных центров и институтов РАН, 2 университета, а также федеральное государственное бюджетное учреждение «Рослесинфорг». Головной организацией проекта «Углерод в экосистемах: мониторинг» определен Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН).

Главная задача Консорциума-4 – создание национальной системы мониторинга бюджета углерода в наземных экосистемах. Указанная система крайне необходима для полной и достоверной оценки климатических изменений и последствий их влияния на различные сектора экономики, население и окружающую среду, а также для целей государственного управления.

Главной задачей научного обеспечения реализации Климатической доктрины Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ 26 октября 2023 г., является обеспечение достоверными и признанными на международном уровне наблюдаемыми и расчетными данными для объективной оценки поглощения природными экосистемами парниковых газов и иных климатически активных веществ. В указанных целях в составе Консорциума-4 образованы 12 экспертных исследовательских групп, главными задачами которых стали разработка методов оценки поглощения и эмиссии парниковых газов в наземных экосистемах, оценка бюджета углерода в наземных экосистемах, а также создание национальной системы мониторинга запасов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах страны. В рамках проводимых исследований также предполагается уточнение площади лесных и других наземных экосистем, для Национального кадастра парниковых газов.

В ходе состоявшихся научных дебатов их участникам были представлены ключевые результаты реализации первого этапа проекта и задачи второго этапа. Были

рассмотрены разработанные в рамках проекта методики проведения наземных измерений и дистанционных оценок запасов углерода и поглощения парниковых газов в наземных экосистемах разных типов (леса, болота, степи, луга, тундры) и оценки по спутниковым данным площади погибших от пожаров лесов России. Наряду с указанными научными разработками рассматривались результаты проведенной оценки поглощения парниковых газов лесами России за период 2001–2022 гг. с использованием верифицированных на основе наземной информации спутниковых данных и разработанный прототип информационной автоматизированной системы «Углерод-Э».

Методология построения системы национального мониторинга, предложенная участниками Консорциума-4, предполагает оценку бюджета углерода в наземных экосистемах на основе интеграции данных наземных измерений, дистанционного зондирования и математического моделирования. В указанных целях на территории страны формируется территориально распределенная сеть мониторинга динамики пулов углерода в растительности и почвах, и потоков парниковых газов. Данные наземных обследований, получаемые на сети, используются для верификации данных дистанционного зондирования.

Данные дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ) из космоса обеспечивают полный ежегодный охват всей территории страны и предоставляют уникальные возможности получения информации о всех лесах, в том числе расположенных вне земель лесного фонда, для Национального кадастра парниковых газов. Получаемые методами ДЗЗ сведения отличаются высоким уровнем полноты данных о лесах, в частности по площади и запасу данные ДЗЗ дают более высокие оценки в сравнении с информацией государственного лесного реестра (ГЛР).

В рамках реализации проекта для оценки запасов углерода и поглощения парниковых газов в лесах и других наземных экосистемах России разработан проект национальной сети мониторинга, организованы и введены в действие **120 полигонов экстенсивного уровня**, расположенных в Тверской, Вологодской, Кировской, Тюменской, Свердловской, Иркутской, Архангельской, Курганской Омской, Амурской и Томской областях, Забайкальском, Хабаровском, и Приморском краях, Республиках Коми, Башкортостан, Бурятия и Саха (Якутия); **4 полигона интенсивного уровня типа I** и **16 полигонов интенсивного уровня типа II** (Московская область, Республика Коми, Республика Карелия, Ханты-Мансийский автономный округ). Предполагается, что к концу второго этапа проекта (2030 г.) сеть мониторинга будет включать **1317 полигонов**.

Полигоны экстенсивного уровня будут обеспечивать максимально полный охват всего разнообразия репрезентативных наземных экосистем. Наземные данные указанных полигонов будут использоваться для верификации данных ДЗЗ высокого и среднего пространственного разрешения (30–230 м) для оценок на национальном уровне.

Полигоны интенсивного уровня типа I предназначены для детального изучения растительности и почв, развития моделей динамики пулов углерода с использованием спутниковых снимков высокого разрешения (1-10 м) и данных БПЛА (разрешение 5-20 см). Эти полигоны нацелены на оценку связей между данными наземных и спутниковых измерений разного уровня детальности.

На полигонах интенсивного уровня типа II оценивается баланс парниковых газов в экосистемах доминирующих типов с использованием эколого-климатических автоматических станций.

Наряду с разработкой единых методик формирования сети мониторинга климатически активных веществ в наземных экосистемах участники Консорциума-4 вводят в эксплуатацию действующие прототипы технологий оценки бюджета углерода в ненарушенных и нарушенных лесных экосистемах на основе дистанционного мониторинга, калибруют и оценивают степень достоверности комплексных математических моделей динамики углерода в разных типах экосистем, а также разрабатывают прогнозы поглощения парниковых газов разными типами наземных экосистем на локальном уровне.

Указанные мероприятия необходимы для создания комплексной научно-обоснованной инфраструктуры учета, анализа и прогноза динамики климатически активных веществ, с использованием которой федеральные и региональные органы исполнительной власти смогут принимать взвешенные управленческие решения в современных условиях комбинированного действия природных и антропогенных факторов. Данные единой национальной системы мониторинга станут основой для эффективного управления лесами, сельскохозяйственными и водно-болотными угодьями в условиях меняющегося климата, а также для разработки мер по адаптации экономики и населения страны к изменениям климата.

В ходе состоявшегося обсуждения научных и практических результатов исследований было отмечено, что разработанные участниками Консорциума-4 инновационные методы комплексного использования данных ДЗЗ, выборочной наземной информации и моделей расчетов баланса парниковых газов в природных экосистемах позволяют получать ежегодные оценки параметров бюджета углерода,

снижать неопределенности оценок поглощающей способности управляемых экосистем России и трудности свода предоставляемой информации для глобальной оценки.

Участники дебатов согласились с тем, что при всех неопределенностях, связанных с оценкой углеродного баланса природных экосистем России, разработанные технологии комплексной обработки наземных и дистанционных данных способны внести существенный вклад в создание национальной системы мониторинга бюджета углерода наземных экосистем страны, отвечающей требованиям ведения Национального кадастра парниковых газов Российской Федерации.

Особо отмечена ведущая роль в достижении климатической устойчивости лесных экосистем. Фундаментальные исследования, посвященные изучению роли лесных экосистем в изменении климата, показывают, что потенциал лесов России по депонированию углерода в 1.7 раза выше фактического уровня его поглощения. Достижение максимального объёма поглощения лесами парниковых газов напрямую зависит от устойчивого управления лесами и повышения их продуктивности. Сокращение площади лесных пожаров, усиление борьбы с болезнями леса, повышение прироста лесных насаждений, позволяют дополнительно аккумулировать до 100 млн. т углерода в год только в фитомассе древостоев.

В ходе оценки научных исследований определен ряд проблем, требующих решения. В их числе отмечалась недооценка роли лесных почв и почв сельскохозяйственных земель в поглощении и эмиссии парниковых газов. Так, по расчетам Института глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, вклад лесных почв в нетто-поглощение углекислого газа с учетом подстилки варьирует от 11% в лесах особо охраняемых природных территорий до 15% в эксплуатационных и защитных лесах и достигает 39% в малонарушенных старовозрастных лесах.

Общие потери углерода почв сельскохозяйственных земель составляют 4.7 Гт С (14% от исходных запасов). Из них 85% потерь связаны с неудовлетворительной технологией обработки и только 15% потерь с плоскостной водной эрозией. Новые технологии обработки почвы могут существенно повысить потенциал почв по поглощению углерода: только технология нулевой обработки и прямого посева позволяет повысить поглощение углерода до 0.5-1.8 тонн CO<sub>2</sub> на гектар в год.

Существенную долю территории европейской части Российской Федерации занимают степные экосистемы (до 15%), которые выступают стоком диоксида углерода, при этом они не представлены в сети национального мониторинга пулов и потоков парниковых газов (имеются единичные объекты). Вместе с тем почвы степных экосистем представляют собой значительный буферный резервуар органического и

неорганического углерода. Карбонатные горизонты степных почв могут, в зависимости от условий, аккумулировать или отдавать углекислый газ в почвенный воздух, регулировать газовый обмен почвы с атмосферой и другими геосферами, и таким образом нивелировать природные и антропогенные флуктуации состава атмосферы. В связи с этим предлагается ввести в систему общего мониторинга наблюдения за состоянием карбонатного пула углерода в степных экосистемах.

Остается нерешенной задача по разработке оценок точности прогноза, выполненного с помощью имитационных моделей, которая в значительной степени зависит от качества входных данных, в частности, точности оценок текущих запасов углерода в экосистемных пулах. Пространственная пестрота значений углеродного баланса и отсутствие сходимости оценок углеродного баланса, получаемых разными методами, является важным источником неопределенности и должна учитываться при получении территориальных оценок потоков парниковых газов в разных типах экосистем. Ситуация дополнительно осложняется недостоверностью статистических данных по нарушениям в лесах и высокой неопределённостью показателей, характеризующих потери лесов от пожаров, а также гибели лесных насаждений от вредителей и болезней леса.

Наряду с этим отмечено отсутствие систематизированных и общепринятых локализованных таблиц, которые могли бы использоваться для пересчета биометрических показателей деревьев, определяемых на пробных площадях, в запас древостоя (затем в фитомассу и углерод). Кроме того, с развитием в Российской Федерации лесоклиматических проектов, важнейшим вопросом является создание специального глоссария, включающего основные понятия, термины и определения, рекомендованные для использования в науке, образовании и практике.

Имеют место проблемы правового регулирования. К ним следует отнести наличие противоречий между нормативными правовыми актами, регулирующими лесные и земельные отношения, а также между компетенцией федеральных органов исполнительной власти по управлению земельными ресурсами. Для устранения правовой коллизии следует внести изменения в земельное и лесное законодательство Российской Федерации, предусматривающие установление возможности реализации на неиспользуемых землях сельскохозяйственного назначения лесных климатических проектов.

Кроме того, участниками научных дебатов отмечено особое значение объективной оценки антропогенных и природных потоков климатически активных веществ на территории нашей страны в связи с интересами Российской Федерации, связанными с

изменением климата, которые не ограничиваются ее территорией и носят глобальный характер. В связи с чем научное обеспечение реализации мер по адаптации и смягчению антропогенного воздействия на климат должно включать признание результатов российских научных исследований в области климата международным научным сообществом в целях использования этих результатов в качестве аргументов в межгосударственном политическом диалоге по проблемам климата.

**По итогам состоявшихся научных дебатов эксперты Научного совета РАН по лесу и Научного совета РАН по почвоведению считают, что для развития национальной системы мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России необходимо:**

1. Начать подготовку руководящего документа, регламентирующего проведение постоянного комплексного (наземного и дистанционного) мониторинга состояния лесных насаждений, пройденных лесными пожарами, а также поврежденными насекомыми-дендрофагами и патогенными организмами.
2. Предусмотреть разработку методики оценки эмиссии парниковых газов при лесных и ландшафтных пожарах, включающую применение дистанционных методов.
3. Получить специальные локализованные уравнения пересчета из наиболее актуальных и систематически организованных данных о биометрии и запасе деревьев, собранных в рамках первого цикла государственной инвентаризации лесов (ГИЛ).
4. Проработать вопрос адаптации алгоритмов имитационного моделирования бюджета углерода к данным наземных измерений и производных продуктов ДЗЗ с характеристиками растительности на тестовых полигонах интенсивного уровня 1 типа.
5. Обеспечить интеграцию данных по оценкам пулов углерода и потоков парниковых газов в разных типах экосистем на национальном уровне с сохранением максимально доступного уровня пространственной детализации в составе единой информационно-аналитической системы с комплексом прогнозной оценки для инициализации и валидации моделей.
6. Расширить применение дистанционных методов, позволяющих осуществлять оценку углеродного баланса по динамике концентраций парниковых газов в атмосфере. Рассмотреть возможности по включению в консорциум научной группы, занимающейся оценками потоков парниковых газов по информации об их атмосферных концентрациях с применением инверсионного моделирования. Считать эти оценки



важным источником информации для верификации пространственных обобщений, получаемых на основе наземных и дистанционных данных.

7. Использовать концепцию биомов с выделением зональных и фоновых типов экосистем с оценкой их представленности.
8. Расширить сеть наблюдательных полигонов в степных экосистемах, рассмотреть возможность привлечения научных организаций и университетов, функционирующих в регионах с доминированием степных экосистем.
9. Разработать подходы к оценке экосистемного разнообразия в горных биомах с учетом высотной поясности. Для разработки сети пробных площадей и характеристики растительности использовать подходы эколого-флористической классификации.
10. Создать экспертную группу по мониторингу и прогнозу состояния карбонатного пула углерода в степных и горных экосистемах в условиях изменяющегося климата.
11. Создать специальный глоссарий по климатическим проектам, включающий основные понятия, термины и определения.

Председатель  
Научного Совета РАН по лесу,  
чл.-корр. РАН



Н.В. Лукина

Председатель  
Научного Совета РАН по почвоведению,  
чл.-корр. РАН



А.О. Алексеев